น.ส.กิตาการ จิตรเอื้ออารีย์กุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2566

Miss Kitakran Jitauaretikun

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 2023

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบสถานีงานพุททูไลท์สำหรับศูนย์กระจายสินค้าวัสดุตกแต่งบ้าน
โดย	น.ส.กิตาการ จิตรเอื้ออารีย์กุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อริศรา เจียมสงวนวงศ์)

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กิตาการ จิตรเอื้ออารีย์กุล : การออกแบบสถานีงานพุททูไลท์สำหรับศูนย์กระจายสินค้าวัสดุตกแต่งบ้าน. (Design of put-to-light working station for home improvement distribution center) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย

จากภาวะขาดแคลนแรงงาน บริษัทค้าปลีกหลายแห่งประยุกต์ระบบขนถ่ายวัสดุแบบกึ่งอัตโนมัติในศูนย์กระจายสินค้าเช่นเดียวกับบริษัทค้าปลีกวัสดุก่อสร้างกรณีศึกษาซึ่งนำระบบหยิบสินค้าด้วยแสง หรือ พุททูไลท์ (Put-to-Light) ซึ่งเป็นระบบขนวัสดุประเภทตะกร้าและระบุจำนวนที่ต้องการหยิบสำหรับพนักงาน ระบบดังกล่าวประกอบด้วยหลายสถานีงานซึ่งใช้สายพานร่วมกัน ในแต่ละสถานีงานประกอบไปด้วยตำแหน่งวางตะกร้าซึ่งระบุร้านสาขากับประเภทสินค้า รวมถึงลูกค้าในช่องทางอีคอมเมิร์ซ การวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่าจำนวนการหยิบสินค้าเฉลี่ยต่อชั่วโมงแรงงานต่ำกว่าเป้าหมายประมาณ 5-10% เนื่องจากนโยบายการคัดสรรสินค้าในสถานีงาน การกีดขวางของตะกร้าสินค้าซึ่งมีการใช้สายพานร่วมกัน และประสิทธิภาพการหยิบของพนักงานรายบุคคล ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงนำเสนอชุดนโยบายด้านการดำเนินงาน ซึ่งครอบคลุม จำนวนและการกำหนดสถานีงาน การจัดการลูกค้าในช่องทางอีคอมเมิร์ซและประเภทตะกร้าสินค้า ความจุของตะกร้า และ ประสิทธิภาพของพนักงาน หลังจากการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลในอดีตได้ถูกประยุกต์เข้ากับแบบจำลองสถานการณ์แบบ Monte Carlo เพื่อทดลองและเปรียบเทียบนโยบาย การทดลองพบว่าตำแหน่งของตะกร้าและการกำหนดสาขามีผลต่อจำนวนการกีดขวางและการเผาผลาญพลังงาน อย่างไรก็ตามความจุตะกร้าและประสิทธิภาพของพนักงานมีอิทธิพลเหนือปัจจัยอื่น ๆ โดยลดการกีดขวาง 39%, เวลาดำเนินงาน 16%, และการเผาผลาญพลังงาน 9% ข้อสรุปดังกล่าวเน้นย้ำถึงความสำคัญของการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับเครื่องจักรในระบบพุททูไลท์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2566 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6370023421 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Put-to-light, Warehouse Management, Picking System

Kitakran Jitauaretikun : Design of put-to-light working station for home improvement distribution center. Advisor: Assoc. Prof. ORAN KITTITHREERAPRONCHAI, Ph.D.

Plagued by the labor shortage, many retailers have applied semi-automatic material handling systems to their distribution centers, similar to the case study of a home improvement retailer. The case study retailer has adopted a put-to-light system—a material handling system that conveys a basket and identifies a picking quantity for an operator. The system consists of multiple workstations that share a conveyor. Each workstation comprises multiple bin locations, each of which represents a branch with an item type, including customers in an eCommerce channel. A preliminary analysis reveals that the number of average picking items per man-hour is about 5-10% lower than the target because of the allocation policy within a workstation, the blocking basket within shard conveyors, and the performance of an individual operator. Therefore, this research proposed the policy sets of operation factors that address the number and allocation of workstations, the management of an eCommerce channel and basket type, the capacity of baskets, and the performance of operators. After analyzing the relevant factors, the historical data are embedded into a Monte Carlo simulation to experiment and compare with each policy. The experiment reveals that the position of baskets and the allocation of outlets affect the number of blockings and the energy metabolism. However, the basket capacity and the individual performance dominate other factors, reducing blocking by 39%, process time by 16%, and energy metabolism by 9%. This finding emphasizes the importance of man-machine collaboration in the put-to-light system.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study:	Industrial Engineering	Student's Signature .....
Academic Year:	2023	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานวิจัยและการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลาย ๆ คน ท่านแรกที่ผู้จัดทำขอขอบพระคุณคือ รองศาสตราจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่คอยให้ความรู้ คำแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน เพื่อให้การทำวิจัยฉบับนี้สมบูรณ์ รวมถึงผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา และรองศาสตราจารย์ ดร.อริศรา เจียมสงวนวงศ์ ที่คอยตรวจสอบ และให้คำแนะนำข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น

ลำดับถัดมาทางผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณทางผู้บริหารและพนักงานบริษัทกรณีศึกษา ที่มอบโอกาสในการศึกษาการปฏิบัติงานจริง คอยคำแนะนำ รวมถึงการช่วยเหลือในส่วนของข้อมูลสำหรับงานวิจัยฉบับนี้

ขอขอบคุณเพื่อนเจนและพี่อัน รวมถึงเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ใน CHASE LAB ที่คอยช่วยเหลือในการทำงานทั้งให้คำแนะนำ และการเป็นกำลังใจในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์

ขอบคุณ SNSD และ aespa ที่เป็นแรงบันดาลใจเสมอมา

กิตาการ จิตรเอื้ออารีย์กุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

..... ค

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญรูป ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1. ที่มาและความสำคัญ 3

1.2. วัตถุประสงค์งานวิจัย 13

1.3. ขอบเขตงานวิจัย 13

1.4. ประโยชน์ที่จะได้รับ 14

1.5. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 14

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 16

2.1. การบริหารจัดการคลังสินค้า 16

2.2. ระบบอัตโนมัติในคลังสินค้า 32

2.3. ระบบการหยิบสินค้าในคลังสินค้า 37

2.4. ระบบพุททูไลท์ 40

2.5. แบบจำลองสถานการณ์ 42

2.6. การยศาสตร์ 46

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 48
บทที่ 3 บริษัทกรณีศึกษาและการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 53
3.1. ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา 53
3.2. ข้อมูลศูนย์กระจายสินค้าบริษัทกรณีศึกษา 54
3.3. ข้อมูลคลังสินค้า DC6 58
3.4. ระบบพุททูไลท์ภายในคลังสินค้า DC6 66
3.5. แนวคิดการออกแบบแบบจำลองสถานการณ์การหยิบสินค้า 75
บทที่ 4 การดำเนินงานวิจัย 82
4.1. แนวคิดในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ 82
4.2. การวิเคราะห์ข้อมูล 85
4.3. การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการกระจายข้อมูลตะกร้าสินค้า 117
4.4. การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลองสถานการณ์ 126
บทที่ 5 แบบจำลองสถานการณ์และการวิเคราะห์ผลการจำลองสถานการณ์ 132
5.1. การกำหนดนโยบายสำหรับแบบจำลองสถานการณ์ 132
5.2. การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ 146
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 165
6.1. สรุปผลการวิจัย 165
6.2. ข้อจำกัดงานวิจัย 168
6.3. ข้อเสนอแนะ 169
บรรณานุกรม 172
ประวัติผู้เขียน 176

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 สัดส่วนแรงงานของกิจกรรมในคลังสินค้า [7] 19
ตารางที่ 2-2 การประมาณค่าใช้จ่ายและระยะเวลาคืนทุนของระบบอัตโนมัติแต่ละระดับ [10] 37
ตารางที่ 2-3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 51
ตารางที่ 4-1 ตัวอย่าง Article Master Data ของบริษัทกรณีศึกษา 87
ตารางที่ 4-2 การแบ่งขนาดสินค้าตามหลักพาเรโต 88
ตารางที่ 4-3 ตัวอย่างข้อมูลการหยิบสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา 89
ตารางที่ 4-4 การแบ่งความต้องการสินค้าตามหลักพาเรโต 91
ตารางที่ 4-5 ข้อมูลสรุปการจัดกลุ่มสินค้า เมื่อแบ่งตามขนาดและความต้องการของสินค้า 92
ตารางที่ 4-6 ข้อมูลการแบ่งกลุ่มสาขา 95
ตารางที่ 4-7 ตัวอย่างข้อมูลความต้องการสินค้า 98
ตารางที่ 4-8 ตัวอย่างข้อมูลความต้องการของแบบจำลองสถานการณ์ 99
ตารางที่ 4-9 ตัวอย่างข้อมูลความน่าจะเป็นของกลุ่มสาขาต่อกลุ่มตะกร้าสินค้าแยกตามรายชั่วโมง 100
ตารางที่ 4-10 ตัวอย่างข้อมูลกลุ่มสาขาของแบบจำลองสถานการณ์ 101
ตารางที่ 4-11 ตัวอย่างข้อมูลสาขาของแบบจำลองสถานการณ์ 104
ตารางที่ 4-12 ตัวอย่างข้อมูลจำนวนสินค้าของแบบจำลองสถานการณ์ 106
ตารางที่ 4-13 ตัวอย่างข้อมูลตำแหน่งตะกร้าในสถานีงาน Secondary Assorted 107
ตารางที่ 4-14 เวลาที่ใช้ในการลำเลียงตะกร้าผ่านสายพานเข้าสู่แต่ละ Island 109
ตารางที่ 4-15 ฐานนิยมของเวลาที่ใช้ในกระบวนการทำงานภายในสถานีงาน Secondary Assorted ของฝั่งวางตะกร้าที่มีคอมพิวเตอร์ 115
ตารางที่ 4-16 การทดสอบข้อมูลความต้องการสินค้าระหว่างข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลอง 119
ตารางที่ 4-17 การทดสอบข้อมูลค่าความน่าจะเป็นกลุ่มสินค้าของข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลอง 121

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-18 การทดสอบจำนวนสาขาแยกตามกลุ่มสาขาจากข้อมูลจริงและจากแบบจำลอง 123
ตารางที่ 4-19 การทดสอบจำนวนสินค้าจากข้อมูลจริงและจากแบบจำลอง..... 125
ตารางที่ 4-20 จำนวนตะกร้าขาเข้าแยกตามชั่วโมงข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลอง 128
ตารางที่ 5-1 รูปแบบนโยบายจำนวนสถานีงาน 134
ตารางที่ 5-2 สรุปรูปแบบนโยบายทั้งหมดของระบบพุททูไลท์สำหรับแบบจำลองสถานการณ์ 143
ตารางที่ 5-3 สถานการณ์ที่ใช้ทดสอบในแบบจำลอง..... 145
ตารางที่ 5-4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานผลการวิเคราะห์ในสถานการณ์ A00-A13 147
ตารางที่ 5-5 นโยบายสถานการณ์ A14 ที่ใช้ทดสอบในแบบจำลอง 149
ตารางที่ 5-6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานผลการวิเคราะห์ในสถานการณ์ A14 149
ตารางที่ 5-7 การวิเคราะห์ One-way ANOVA ของจำนวนการบล็อกกิ้งระบบ..... 151
ตารางที่ 5-8 การวิเคราะห์ One-way ANOVA ของจำนวนสินค้าที่ทำการหยิบ 154
ตารางที่ 5-9 การวิเคราะห์ One-way ANOVA ของจำนวนครั้งการหยิบสินค้า 156
ตารางที่ 5-10 การวิเคราะห์ One-way ANOVA ของเวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน..... 159
ตารางที่ 5-11 การวิเคราะห์ One-way ANOVA ของพลังงานที่ใช้ในกิจกรรม..... 162

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1-1 ส่วนแบ่งทางการตลาดของธุรกิจค้าปลีกวัสดุก่อสร้าง [1, 2] 1
รูปที่ 1-2 ระบบอัตโนมัติที่ใช้ภายในคลังสินค้าที่คาดว่าจะเติบโตในช่วง 1-3 ปี [5] 3
รูปที่ 1-3 สัดส่วนการกระจายสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา 4
รูปที่ 1-4 กิจกรรมของสินค้ากลุ่ม PT และกลุ่ม FT 5
รูปที่ 1-5 แผนผังศูนย์กระจายสินค้าหลักของบริษัทกรณีศึกษา 6
รูปที่ 1-6 การไหลของสินค้าภายในคลังสินค้า DC6 7
รูปที่ 1-7 ตัวอย่างตะกร้าที่ใช้ภายในคลังสินค้า DC6 8
รูปที่ 1-8 ตัวอย่าง Island ภายในสถานีงาน Secondary Assort 9
รูปที่ 1-9 ตัวอย่างสัญญาณไฟในระบบพุททูไลท์ 9
รูปที่ 1-10 จำนวน Islands ในสถานีงาน Secondary Assort 10
รูปที่ 1-11 ตัวอย่างจำนวนการหยิบสินค้าในหนึ่งวันของกะเช้าแยกตาม Island 12
รูปที่ 1-12 ตัวอย่างจำนวนตะกร้าสินค้าในหนึ่งวันที่เข้ามายังสถานีงาน Secondary Assort ของกะเช้าแยกตาม Island 12
รูปที่ 2-1 ตัวอย่างแผนผังการไหลรูปตัวยู [8] 26
รูปที่ 2-2 ตัวอย่างแผนผังการไหลรูปตัวไอ [8] 27
รูปที่ 2-3 ตัวอย่างแผนผังการไหลรูปตัวแอล [8] 28
รูปที่ 2-4 ตัวอย่างแผนผังการไหลแบบโมดูล [9] 29
รูปที่ 2-5 ระดับระบบอัตโนมัติในคลังสินค้า [10] 32
รูปที่ 2-6 แสดงการแบ่งประเภทระบบการหยิบสินค้า [6] 38
รูปที่ 2-7 แสดงแนวทางการพิจารณาระบบการหยิบสินค้า [6] 40
รูปที่ 2-8 ตัวอย่างของอุปกรณ์ในระบบพุททูไลท์ 41
รูปที่ 2-9 ขั้นตอนสำหรับการเลือกวิธีการศึกษาระบบ [13] 43

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3-1 แผนผังพื้นที่ศูนย์กระจายสินค้าแยกตามคลังสินค้าบริษัทกรณีศึกษา 55
รูปที่ 3-2 รูปตัวอย่างพาเลทในคลังสินค้า DC6 59
รูปที่ 3-3 รูปตัวอย่างกล่องโททในคลังสินค้า DC6 60
รูปที่ 3-4 การไหลของสินค้ากลุ่ม PT 61
รูปที่ 3-5 การไหลของสินค้ากลุ่ม FT 63
รูปที่ 3-6 สถานีงาน Replenishment ภายในคลังสินค้า DC6 67
รูปที่ 3-7 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลภายในสถานีงาน Replenishment 67
รูปที่ 3-8 ตัวอย่าง Shuttle Rack AS/RS ที่ใช้เก็บสินค้าคงคลัง 68
รูปที่ 3-9 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลภายในสถานีงาน Primary Assorted 68
รูปที่ 3-10 แผนผังภายในสถานีงาน Primary Assorted 69
รูปที่ 3-11 ตำแหน่งสถานีงาน Secondary Assorted ภายในคลังสินค้า DC6 70
รูปที่ 3-12 แผนผังสถานีงาน Secondary Assorted ในปัจจุบัน 71
รูปที่ 3-13 รูปตัวอย่างภายใน Island และตำแหน่งการจัดวางตะกร้า 71
รูปที่ 3-14 ตัวอย่างหน้าจอคอมพิวเตอร์ภายใน Island 72
รูปที่ 3-15 แผนผังสายพานรับสินค้าเข้าสถานีงาน Secondary Assorted 73
รูปที่ 3-16 หน้าจอแสดงผลสัญญาณไฟและปุ่มกดของระบบพุททูไลท์ 73
รูปที่ 3-17 แผนผังสายพานที่นำตะกร้าสินค้าออกจากแต่ละ Island 74
รูปที่ 3-18 แผนผังสายพานจากสถานีงาน Secondary Assorted เข้า Shuttle Rack AS/RS 75
รูปที่ 3-19 ตัวอย่างการจัดเตรียมตะกร้าสินค้าลงพาเลท 75
รูปที่ 3-20 ตัวอย่างการลำดับตำแหน่งการวางตะกร้าสาขาภายในแต่ละ Island 77
รูปที่ 4-1 ภาพรวมในการดำเนินงาน 84
รูปที่ 4-2 องค์ประกอบข้อมูลสำหรับแบบจำลองสถานการณ์ 85
รูปที่ 4-3 การแบ่งขนาดสินค้าตามหลักพาเรโต 88
รูปที่ 4-4 การแบ่งความต้องการสินค้าตามหลักพาเรโต 90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-5 ค่าสหสัมพันธ์ของการแบ่งกลุ่มสินค้าทั้ง 10 กลุ่ม 93
รูปที่ 4-6 สัดส่วนกลุ่มสาขาต่อตะกร้าสินค้าทั้งหมดแยกตามกลุ่มสินค้า 95
รูปที่ 4-7 การวิเคราะห์ปริมาณความต้องการสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้า 97
รูปที่ 4-8 ตัวอย่างความน่าจะเป็นจำนวนสาขาของกลุ่มสาขา StoreM ในกลุ่มสินค้า M.Slow..... 102
รูปที่ 4-9 ตัวอย่างความน่าจะเป็นจำนวนคำสั่งซื้อ DS ตามความต้องการของสินค้าในกลุ่ม M.Fast 103
รูปที่ 4-10 ตัวอย่างความน่าจะเป็นของจำนวนสินค้าในกลุ่มสาขา Mall และกลุ่มสินค้า M.Fast .. 105
รูปที่ 4-11 แผนผังการไหลของตะกร้าขาเข้าและจำนวนแถวคอยในสถานีงาน Secondary Assorted 108
รูปที่ 4-12 แผนผังกระบวนการทำงานของพนักงานภายในแต่ละ Island 111
รูปที่ 4-13 ข้อมูลตำแหน่งตะกร้าสินค้าภายในแต่ละ Island 113
รูปที่ 4-14 แผนผังขั้นตอนการจำลองการทำงานในสถานีงาน Secondary Assorted 116
รูปที่ 4-15 การกระจายของความต้องการสินค้าจากข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลอง 119
รูปที่ 4-16 การกระจายของค่าความน่าจะเป็นกลุ่มสินค้าจากข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลอง 121
รูปที่ 4-17 การกระจายของจำนวนสาขาตามกลุ่มสาขาจากข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลอง..... 122
รูปที่ 4-18 การกระจายของจำนวนสินค้าตามกลุ่มสินค้าและกลุ่มสาขาจากข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลอง..... 124
รูปที่ 4-19 ตัวอย่างการจัดเตรียมข้อมูลตะกร้าขาเข้าสำหรับแบบจำลองสถานการณ์..... 127
รูปที่ 4-20 การกระจายของจำนวนตะกร้าขาเข้าแยกตามชั่วโมงจากข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลอง 128
รูปที่ 4-21 ตัวอย่างข้อมูลตะกร้าขาออกจาก Secondary Assorted จากแบบจำลองสถานการณ์ 130
รูปที่ 4-22 การกระจายของจำนวนตะกร้าขาออกรายวันจากข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลอง..... 131
รูปที่ 5-1 จำนวนการเปิดสถานีงานในปัจจุบันเทียบกับตามนโยบายใหม่ 133
รูปที่ 5-2 ตำแหน่งสถานีงานที่เปิดใช้งานในปัจจุบันและสายพานที่ลำเลียงตะกร้าขาเข้าสถานี 134
รูปที่ 5-3 ตำแหน่งสถานีงานที่เปิดใช้งานในปัจจุบันเทียบกับตามนโยบายใหม่..... 135

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

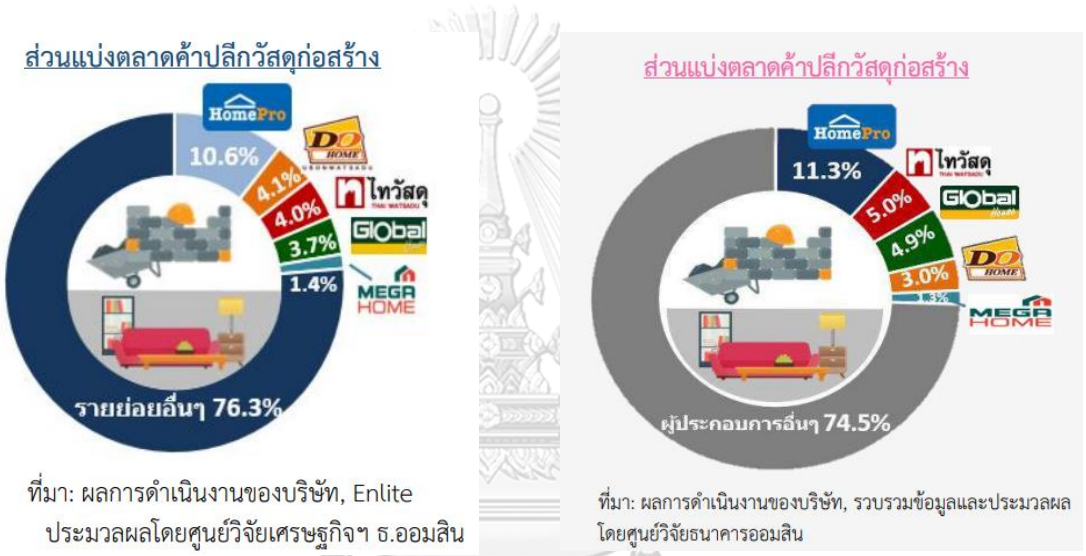
รูปที่ 5-4 สถานีงานที่มีตะกร้าสินค้า DS 137
รูปที่ 5-5 ผังตะกร้าภายในแต่ละ Island ที่ใช้ในปัจจุบัน (BP0) 138
รูปที่ 5-6 ผังตะกร้าภายในแต่ละ Island ที่ใช้ในนโยบายใหม่ (BP1) 139
รูปที่ 5-7 ตัวอย่างจำนวนการบล็อกกิ้งรายชั่วโมงของระบบในสถานการณ์ A00 และ A14 151
รูปที่ 5-8 ผลการวิเคราะห์ Tukey's Test จำนวนการบล็อกกิ้งของระบบ 152
รูปที่ 5-9 ตัวอย่างจำนวนสินค้าที่ทำการหยิบรายชั่วโมงของระบบในสถานการณ์ A00 และ A14 .. 154
รูปที่ 5-10 ตัวอย่างจำนวนการหยิบสินค้ารายชั่วโมงของระบบในสถานการณ์ A00 และ A14 155
รูปที่ 5-11 ผลการวิเคราะห์ Tukey's Test จำนวนการหยิบสินค้า 157
รูปที่ 5-12 ตัวอย่างเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานรายชั่วโมงของระบบในสถานการณ์ A00 และ A14 158
รูปที่ 5-13 ผลการวิเคราะห์ Tukey's Test เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน 159
รูปที่ 5-14 ตัวอย่างพลังงานที่ใช้ในกิจกรรมรายชั่วโมงของระบบในสถานการณ์ A00 และ A14 161
รูปที่ 5-15 ผลการวิเคราะห์ Tukey's Test พลังงานที่ใช้ในกิจกรรม 162

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1

บทนำ

การขยายตัวของอุตสาหกรรมภาคก่อสร้างและอสังหาริมทรัพย์ในประเทศไทยส่งผลโดยตรงต่อธุรกิจค้าปลีกวัสดุก่อสร้างสมัยใหม่หรือธุรกิจโมเดิร์นเทรด ซึ่งมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่องตามที่แสดงในรูปที่ 1-1



ก) ปี 2562 ข) ปี 2563

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 1-1 ส่วนแบ่งทางการตลาดของธุรกิจค้าปลีกวัสดุก่อสร้าง [1, 2]

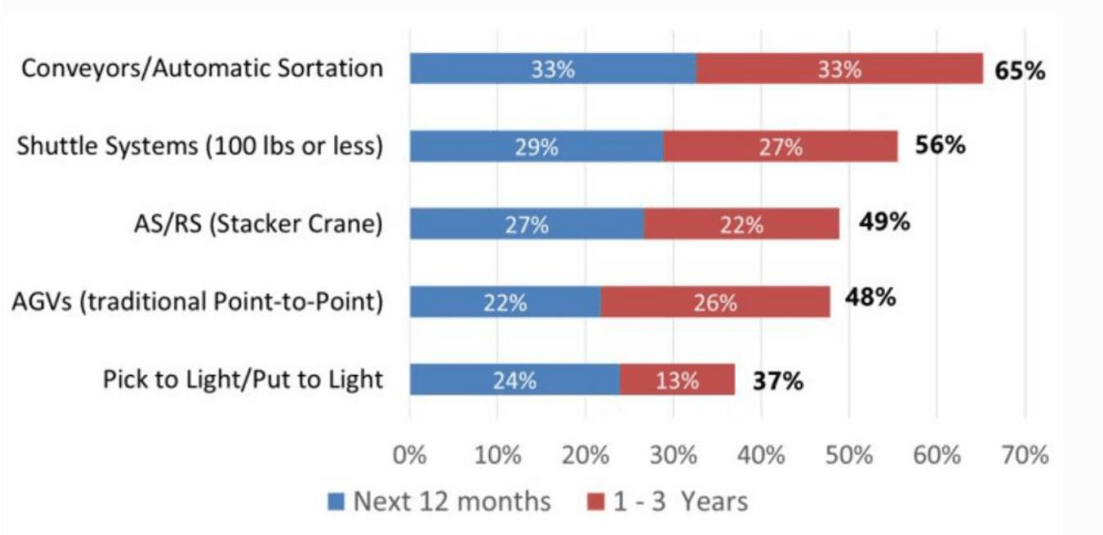
จากข้อมูลธุรกิจค้าปลีกวัสดุก่อสร้างในปี 2562 [1] พบว่ามีมูลค่าตลาดประมาณ 500,000 ล้านบาท และมีผู้ประกอบการกว่า 14,000 ราย โดยกลุ่มโมเดิร์นเทรดที่ดำเนินธุรกิจในรูปแบบครบวงจรหรือโฮม เซนเตอร์ (Home Center) มีส่วนแบ่งทางการตลาดคิดเป็น 23.8% ของมูลค่าตลาดทั้งหมดหรือประมาณ 120,000 ล้านบาท เมื่อเทียบกับข้อมูลในปี 2563 [2] มีผู้ประกอบการธุรกิจค้าปลีกวัสดุก่อสร้างเพิ่มขึ้นเป็นรวมจำนวนมากกว่า 16,000 ราย และพบว่ากลุ่มโมเดิร์นเทรดที่ดำเนินธุรกิจในรูปแบบครบวงจร มีส่วนแบ่งทางการตลาดเพิ่มขึ้นเป็น 25.5% ของมูลค่าตลาดทั้งหมด

การเติบโตอย่างต่อเนื่องของกลุ่มธุรกิจโมเดิร์นเทรดส่งผลต่อความต้องการแรงงานในการขับเคลื่อนธุรกิจมากขึ้น ซึ่งปัจจัยดังกล่าวขัดแย้งกับปัญหาการขาดแคลนแรงงานในประเทศไทยที่มีแนวโน้มสูงขึ้น จากข้อมูลกรมแรงงานเกี่ยวกับการแก้ไขและป้องกันการขาดแคลนแรงงานปี 2560 – 2564 [3] พบว่าสาเหตุหลักของการขาดแคลนแรงงานมาจากการเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุของประเทศไทย ทำให้กำลังแรงงานเริ่มถดถอย รวมถึงความต้องการสำหรับการจ้างงานในระดับล่างยังคงเป็นสัดส่วนที่สูงในขณะที่การผลิตแรงงานในระดับดังกล่าวมีอัตราเติบโตต่ำตลอดระยะเวลาเกือบ 20 ปี เป็นผลให้ประเทศไทยต้องพึ่งพาแรงงานต่างชาติ แต่จากวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ (Covid-19) ส่งผลกระทบต่อจำนวนแรงงานต่างชาติบางส่วนไม่สามารถเข้ามารับงานภายในประเทศไทยได้จึงขาดแคลนแรงงานหนักมากขึ้น และส่งผลให้ค่าแรงในการจ้างงานแรงงานฝีมือปรับตัวสูงขึ้นเนื่องจากการแข่งขันระหว่างนายจ้าง

การเติบโตของธุรกิจโมเดิร์นเทรดยังส่งผลให้ต้องมีการปรับปรุงคลังสินค้าซึ่งเป็นสถานที่สำหรับการกระจายสินค้าให้เหมาะสมเพื่อรองรับความต้องการที่มีมากขึ้น โดยต้องพิจารณาร่วมกับปัญหาด้านแรงงาน ซึ่งจากการสำรวจแนวโน้มการจัดการระบบคลังสินค้าในอนาคตภายในปี 2567 ของผู้มีอำนาจในการตัดสินใจในการดำเนินงานภายในคลังสินค้าและผู้ที่เกี่ยวข้อง [4] พบว่า 3 ใน 4 ต้องการปรับปรุงและพัฒนาคลังสินค้า 57% ของกลุ่มสำรวจวางแผนนำระบบอัตโนมัติและเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดการคลังสินค้า แต่ผู้ตอบแบบสำรวจจำนวน 70% ยังคงต้องการให้พนักงานเป็นส่วนหนึ่งภายในคลังสินค้า โดยต้องการใช้ระบบอัตโนมัติในบางส่วนหรือใช้อุปกรณ์ที่ทำงานร่วมกับพนักงาน

ระบบอัตโนมัติที่ใช้ภายในคลังสินค้ามีแนวโน้มที่จะเติบโตขึ้นในช่วง 1-3 จากการคาดการณ์ในปี 2563 [5] ตามรูปที่ 1-2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 1-2 ระบบอัตโนมัติที่ใช้ภายในคลังสินค้าที่คาดว่าจะเติบโตในช่วง 1-3 ปี [5]

รูปที่ 1-2 แสดงให้เห็นว่าระบบอัตโนมัติที่ใช้ภายในคลังสินค้ามีแนวโน้มที่จะเติบโตอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากปัญหาทั้งในเรื่องของการเติบโตของธุรกิจและปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่เกิดขึ้นที่กล่าวมาทั้งหมด ดังนั้นบริษัทกรณีศึกษาขยายคลังสินค้าเพิ่มเติมภายในศูนย์กระจายสินค้าหลักของบริษัท โดยนำเทคโนโลยีและระบบคลังสินค้าอัตโนมัติทำงานร่วมกับพนักงานเป็นระบบคลังสินค้ากึ่งอัตโนมัติ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานสำหรับรองรับความต้องการของลูกค้าทั้งในปัจจุบันและในอนาคต ปรับปรุงความเสี่ยงที่อาจจะเกิดจากการขาดแคลนแรงงาน รวมถึงลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นและส่งผลต่อมูลค่าทางการค้าของบริษัท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.1. ที่มาและความสำคัญ

ธุรกิจหลักของบริษัทกรณีศึกษาคือธุรกิจค้าปลีกสินค้าและให้บริการที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างต่อเติม ตกแต่ง ซ่อมแซม ปรับปรุง อาคาร บ้าน และที่อยู่อาศัยแบบครบวงจร ภายในธุรกิจค้าปลีกสินค้าที่บริษัทจัดจำหน่ายสามารถแบ่งประเภทเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้ดังนี้

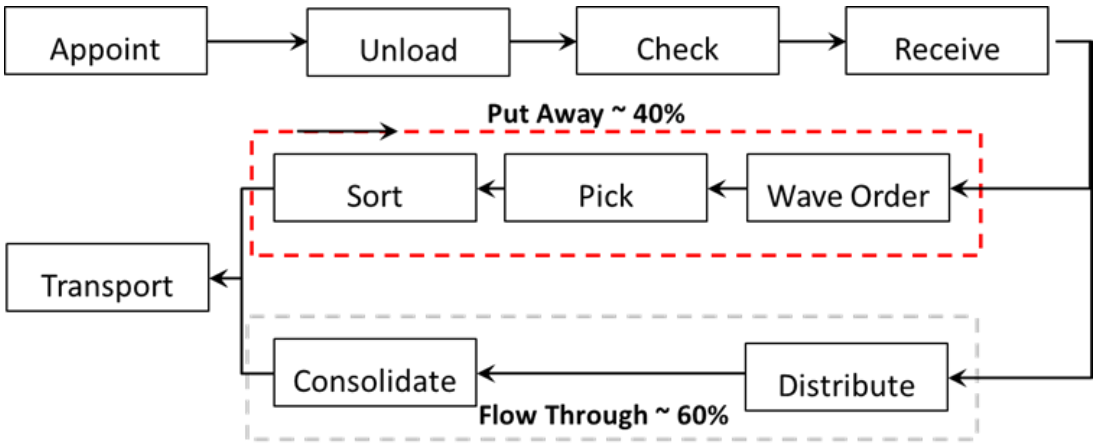
- สินค้ากลุ่ม Hard Line เป็นสินค้ากลุ่มหลักของบริษัทกรณีศึกษา ได้แก่ สินค้าที่เกี่ยวกับวัสดุก่อสร้างและเครื่องมือ สี อุปกรณ์ ปรับปรุงบ้าน กระเบื้องและสุขภัณฑ์ เครื่องครัว อุปกรณ์ และ เครื่องใช้ไฟฟ้า
- สินค้ากลุ่ม Soft Line ได้แก่ สินค้าประเภทเครื่องนอน ผ้าขนหนู พรม ผ้าม่าน เฟอร์นิเจอร์ โคมไฟ สินค้าตกแต่ง และอุปกรณ์เครื่องใช้ ภายในบ้าน

โดยสินค้าที่วางจำหน่ายภายในแต่ละสาขาส่วนใหญ่จะถูกส่งจากผู้ขาย (Vendor) ผ่านศูนย์กระจายสินค้าหลัก (Distribution Center: DC) คิดเป็นสัดส่วน 77% ของสินค้าทั้งหมด ตามรูปที่ 1-3

รูปที่ 1-3 สัดส่วนการกระจายสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพรวมธุรกิจของบริษัทกรณีศึกษาในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการขยายสาขาและเติบโตอย่างต่อเนื่อง เพื่อรองรับความต้องการของลูกค้าในปัจจุบันและการเติบโตของบริษัทในอนาคต บริษัทกรณีศึกษาจึงได้ขยายคลังสินค้าเพิ่มเติมภายในศูนย์กระจายสินค้าหลักของบริษัท โดยภายในศูนย์กระจายสินค้าหลักของบริษัทกรณีศึกษาสามารถแบ่งประเภทของสินค้าตามลักษณะการส่งสินค้าได้เป็น 2 กลุ่ม ตามกระบวนการภายในคลังสินค้าตามรูปที่ 1-4



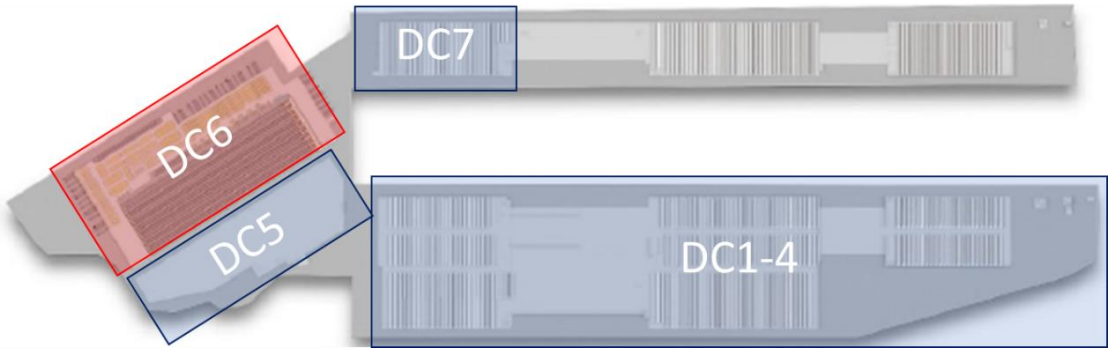
รูปที่ 1-4 กิจกรรมของสินค้ากลุ่ม PT และกลุ่ม FT

- กลุ่มสินค้า PT หรือ กลุ่มสินค้าที่มีการจัดเก็บ (Put Away) เป็นสินค้าที่ถูกเก็บที่ศูนย์กระจายสินค้าจนกว่าทางสาขาจะมีความต้องการ มีจำนวนคิดเป็น 40% ของมูลค่าสินค้าทั้งหมดที่ผ่านศูนย์กระจายสินค้า
- กลุ่มสินค้า FT หรือ กลุ่มสินค้าที่ไม่มีมีการจัดเก็บ (Flow Through) เป็นสินค้าที่ทางศูนย์กระจายสินค้าทำการครอส-ด๊อกกิ้งค์ (Cross-Docking) หรือแยกสินค้าตามสาขาที่ศูนย์กระจายสินค้า ก่อนนำขึ้นรถบรรทุกเพื่อส่งให้แต่ละสาขาต่อไป มีจำนวนคิดเป็น 60% ของมูลค่าสินค้าทั้งหมดที่ผ่านศูนย์กระจายสินค้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กระบวนการจัดการสินค้าทั้ง 2 กลุ่มเมื่อสินค้ามาถึงคลังสินค้าจะเริ่มจากรถบรรทุกสินค้าเข้ามายังคลังสินค้า เริ่มทำการตรวจสอบและรับเข้าสินค้า หลังจากนั้นสำหรับสินค้ากลุ่ม PT จะถูกนำไปจัดเก็บภายในคลังสินค้า รอคำสั่งซื้อเพื่อทำการเบิกจ่ายสินค้าและจัดส่งสินค้า ส่วนสินค้ากลุ่ม FT หลังจากรับเข้าสินค้าจะถูกนำไปคัดแยกและจัดส่งสินค้า โดยไม่มีการเก็บสินค้าภายในคลัง

ในปัจจุบันศูนย์กระจายสินค้าหลักของบริษัทกรณีศึกษาประกอบไปด้วยคลังสินค้า 7 อาคาร DC1-DC7 โดยอาคาร DC6 เป็นคลังสินค้ากึ่งอัตโนมัติ ตามที่แสดงตามรูปที่ 1-5

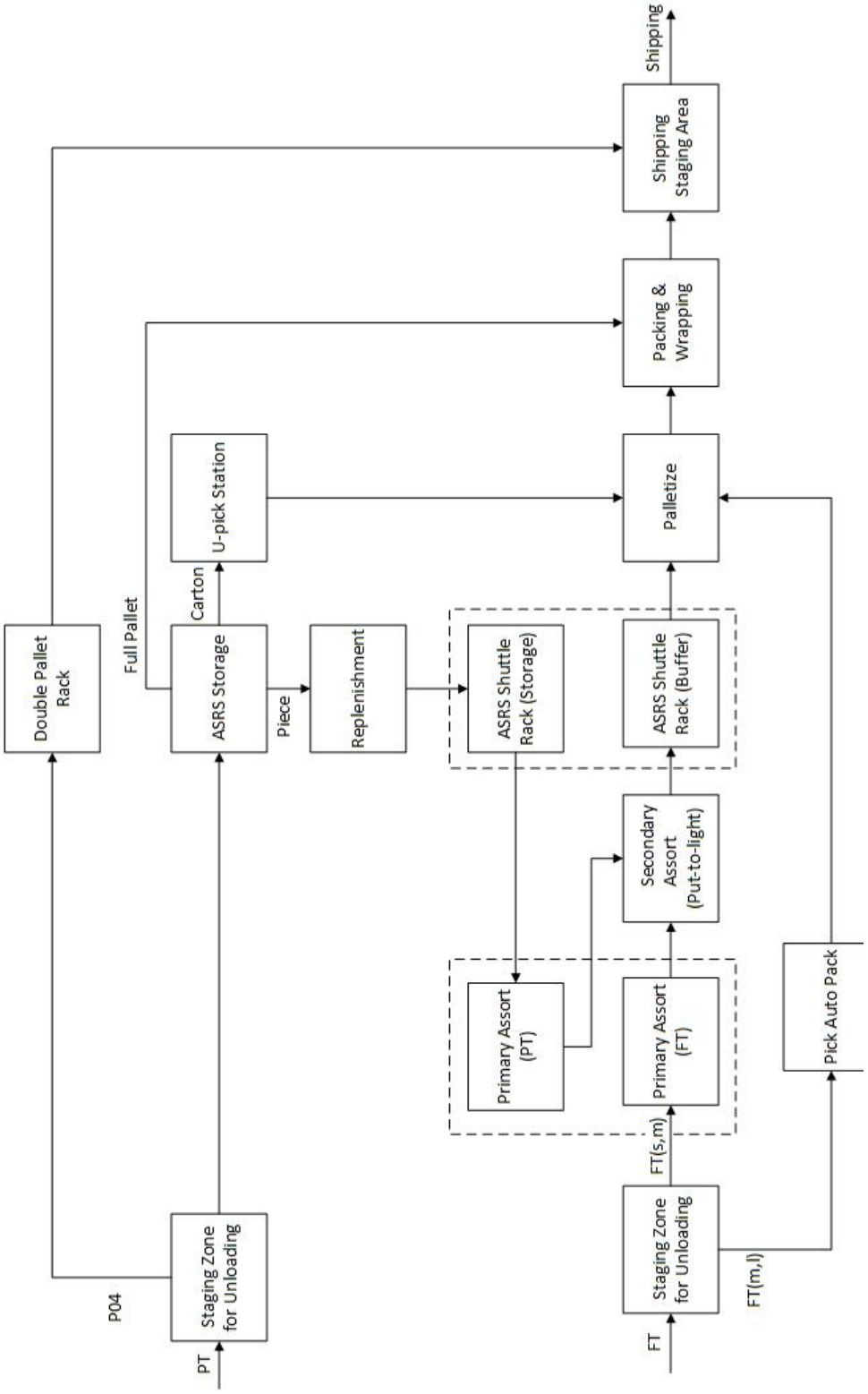


รูปที่ 1-5 แผนผังศูนย์กระจายสินค้าหลักของบริษัทกรณีศึกษา

คลังสินค้า DC6 เป็นคลังสินค้าที่ถูกจัดตั้งล่าสุดของบริษัทกรณีศึกษาเพื่อรองรับการเติบโตของบริษัทรวมถึงแก้ไขปัญหาด้านแรงงานขาดแคลน ภายในคลังสินค้า DC6 จะเป็นพื้นที่สำหรับเก็บสินค้ากลุ่ม PT ในกลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้า และพื้นที่คัดแยกสินค้ากลุ่ม FT

การดำเนินงานภายในคลังสินค้า DC6 เป็นการทำงานในรูปแบบร่วมกันระหว่างสินค้ากลุ่ม PT ซึ่งถูกจัดเก็บและขนถ่ายอัตโนมัติด้วยระบบการจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติ (Automated Storage and Retrieval System: AS/RS) และสินค้ากลุ่ม FT ซึ่งขนถ่ายผ่านระบบสายพาน (Conveyor) สินค้าทั้งสองส่วนจะถูกส่งไปยังส่วนต่าง ๆ ตามขนาดของสินค้าเพื่อทำการกระจายสินค้าตามกระบวนการไหลของสินค้าในรูปที่ 1-6

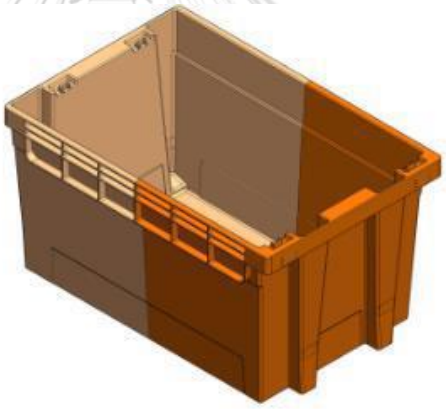
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 1-6 การไหลของสินค้าภายในคลังสินค้า DC6

จากรูปที่ 1-6 คลังสินค้า DC6 ได้มีการติดตั้งสถานีงาน Secondary Assort มีวัตถุประสงค์สำหรับเพื่อกระจายสินค้าที่มีขนาดเล็ก (Small Item: s) ทั้งหมดและขนาดกลาง (Median Item: m) บางส่วนสำหรับสินค้ากลุ่ม FT และสินค้าที่มีหน่วยการหยิบเป็นชิ้น (Piece) สำหรับสินค้ากลุ่ม PT โดยกระจายสินค้าผ่านรูปแบบระบบการหยิบสินค้า (Picking System) ด้วยการใช้ระบบพุททูไลท์ (Put-to-Light)

การกระจายสินค้าด้วยระบบพุททูไลท์ ภายในสถานีงาน Secondary Assort ของคลังสินค้า DC6 จะใช้ตะกร้าบรรจุสินค้าสำหรับการเคลื่อนย้ายสินค้าทั้งขาเข้าและขาออกจากสถานี ซึ่งตะกร้ามีลักษณะเป็นกล่องทึบไม่มีฝาปิด ตามรูปที่ 1-7



จุฬ
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 1-7 ตัวอย่างตะกร้าที่ใช้ภายในคลังสินค้า DC6

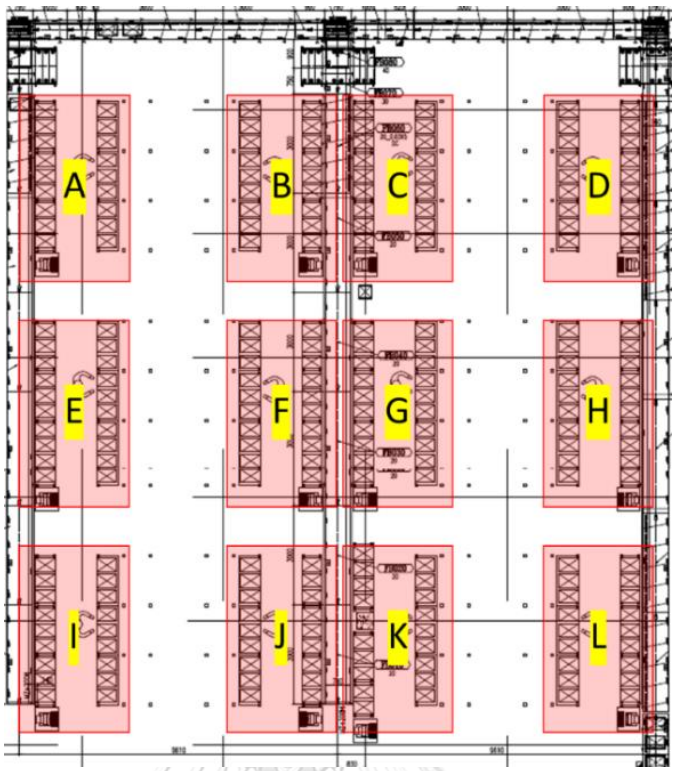
ตะกร้าสินค้าขาเข้าจะถูกส่งผ่านสายพานเพื่อส่งเข้าสถานีงาน Secondary Assort ซึ่งบริษัทกรณีศึกษาแบ่งสถานีงาน Secondary Assort ออกเป็นกลุ่ม (Island) เมื่อสินค้ามาถึงในแต่ละ Island สินค้าจะถูกจัดวางตามจำนวนลงในตำแหน่ง (Location) ของตะกร้าขาออกที่มีสัญญาณไฟปรากฏ ตามรูปที่ 1-8 และรูปที่ 1-9

รูปที่ 1-8 ตัวอย่าง Island ภายในสถานีงาน Secondary Assort

รูปที่ 1-9 ตัวอย่างสัญญาณไฟในระบบพุททูไลท์

กระบวนการจัดการสถานีงาน Secondary Assort ภายในคลังสินค้า DC6 ในปัจจุบัน สถานีงาน Secondary Assort ประกอบไปด้วย 12 Islands ได้แก่ Island A - Island L ตามรูปที่ 1-10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 1-10 จำนวน Islands ในสถานีงาน Secondary Assort

จาก 12 Islands ทั้งหมดในรูปที่ 1-10 บริษัทกรณีศึกษาตัดสินใจเปิดใช้งานจริงจำนวน 7 Islands เนื่องจากอ้างอิงจากจำนวนตะกร้าสำหรับจัดส่งสาขาและจำนวนตะกร้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรง โดยใน 6 Islands ได้แก่ Island A - Island F จะเป็นสำหรับตะกร้าสำหรับจัดส่งสาขาทั้งหมดและมีตะกร้าจัดส่งลูกค้าเพิ่มเติมในตำแหน่งที่ว่าง ส่วนอีกหนึ่ง Island ที่เหลือซึ่งคือ Island H จะมีเพียงตะกร้าจัดส่งลูกค้า

การจัดการตำแหน่งภายในแต่ละ Island จะทำโดยการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลัง บริษัทกรณีศึกษาจะมีการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังทุก 6 เดือน เพื่อปรับปรุงหาตำแหน่งตะกร้าภายใน Island ให้เป็นปัจจุบัน โดยจะทำเฉพาะตะกร้าสำหรับจัดส่งสาขา ซึ่งก่อนการจัดตำแหน่งจะมีการจัดกลุ่มตะกร้าสำหรับแต่ละ Island ก่อน โดยปัจจัยที่ใช้ในการกลุ่มจะขึ้นกับอัตราการหยิบสินค้า (Pick Rate) ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

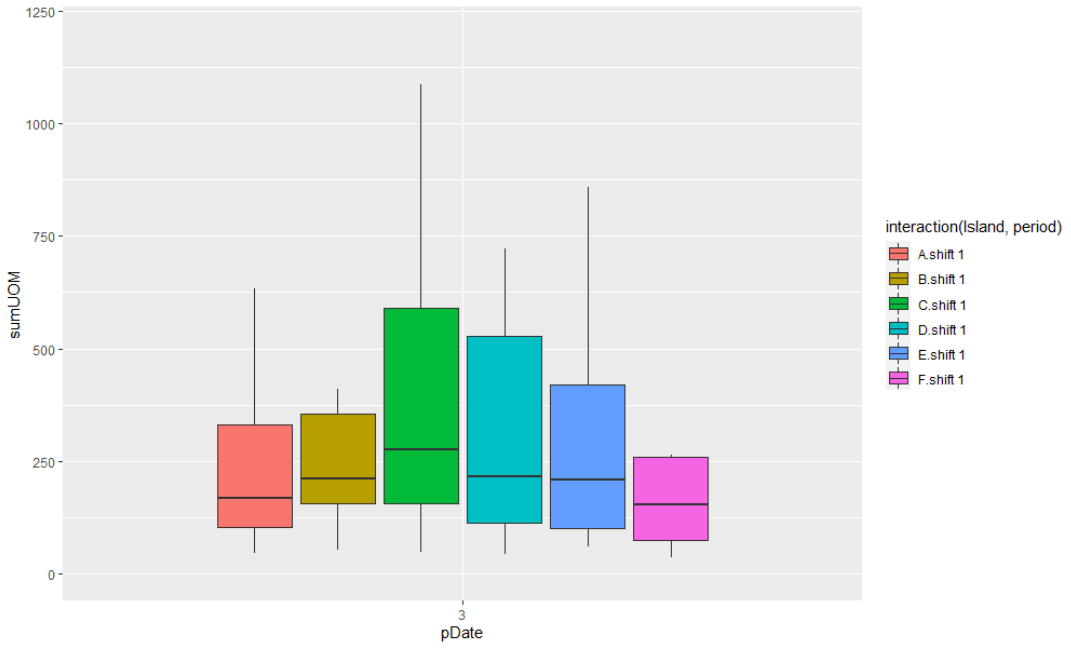
1. อัตราการหยิบสินค้ารายวันเฉลี่ยของในแต่ละสาขา
2. อัตราการหยิบสินค้ารายวันเฉลี่ยของในแต่ละสาขา โดยแยกประเภทออกเป็นสินค้ากลุ่ม Put และสินค้ากลุ่ม FT
3. อัตราการหยิบสินค้ารายวันเฉลี่ยของในแต่ละสาขา โดยแยกออกเป็นรอบการทำงานของพนักงาน

การจัดกลุ่มตะกร้าจะทำการหาสมดุลร่วมกันในทุก ๆ Islands จากปัจจัยข้างต้น เมื่อได้กลุ่มของตะกร้าภายใน Island แล้ว หลังจากนั้นจะเป็นการจัดตำแหน่งโดยเรียงจำนวนการหยิบสินค้ารายวันเฉลี่ยของในสาขาที่มากที่สุดไปน้อยที่สุดให้คู่กับตำแหน่งที่วางสินค้าใกล้ที่สุดไปไกลที่สุด ตามลำดับ

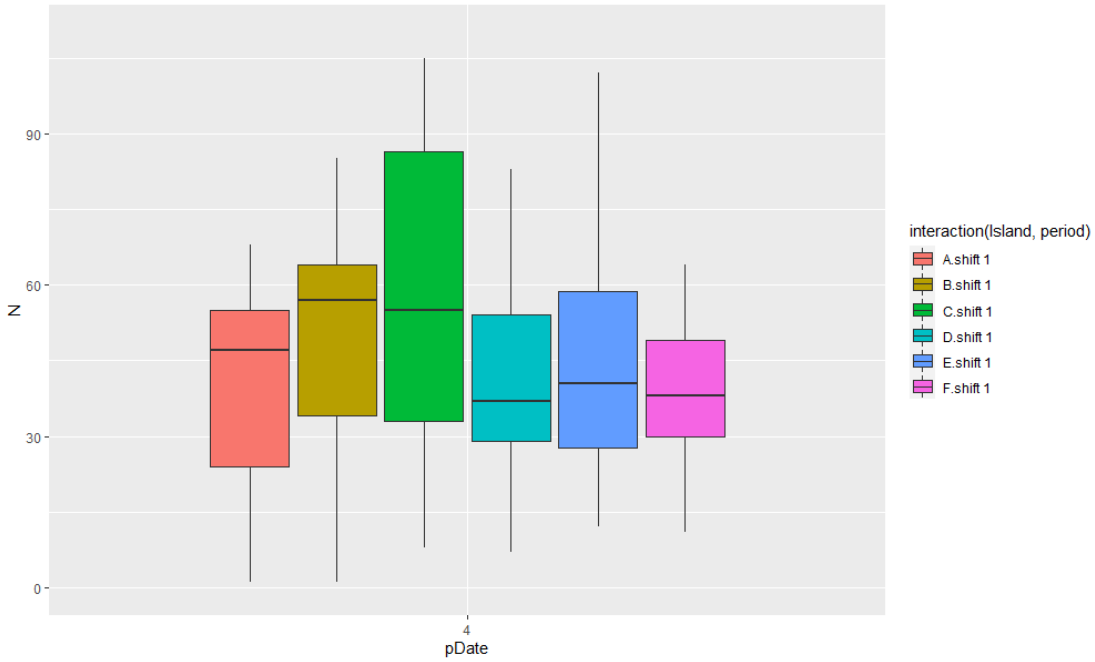
สถานีงาน Secondary Assort หรือระบบพุททูไลท์ของคลังสินค้า DC6 มีดัชนีชี้วัดความสำเร็จ (Key Performance Indicator, KPI) เป็นอัตราการหยิบสินค้าเฉลี่ยต่อพนักงานต่อชั่วโมง โดยบริษัทกรณีศึกษาได้กำหนดค่า KPI ของระบบพุททูไลท์ไว้เท่ากับ 535 ชิ้นต่อพนักงานต่อชั่วโมง ซึ่งรูปแบบการจัดการสถานีงานในปัจจุบันยังให้ผลต่ำกว่าค่า KPI ที่บริษัทกรณีศึกษาตั้งเป้าไว้ประมาณ 5 - 10% จากการคำนวณค่า KPI ในแต่ละเดือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลให้ค่า KPI ของระบบพุททูไลท์ต่ำกว่าที่บริษัทกรณีศึกษาตั้งเป้าไว้พบว่า ในบางช่วงเวลาบาง Island จะมีปริมาณสินค้าที่ต้องหยิบมากกว่า Island อื่น ตามรูปที่ 1-11 ส่งผลให้พนักงานใน Island นั้นต้องเดินมากขึ้น และในบางช่วงเวลาตะกร้าสินค้าที่เข้ามาในสถานีงานแต่ละ Island มีปริมาณมากกว่า Island อื่น ตามรูปที่ 1-12 ส่งผลให้เพิ่มโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดการบล็อกกิ้ง (Blocking) สินค้าจะเข้าไปยัง Island ที่ใช้สายพานร่วมกันซึ่งในปัจจุบันมีการบล็อกกิ้งเฉลี่ย 0.416 ครั้งต่อชั่วโมง จากทั้ง 2 ส่วนเป็นไปได้ที่จะส่งผลให้อัตราการหยิบสินค้าลดลง



รูปที่ 1-11 ตัวอย่างจำนวนการหยิบสินค้าในหนึ่งวันของกะเช้าแยกตาม Island



รูปที่ 1-12 ตัวอย่างจำนวนตะกร้าสินค้าในหนึ่งวันที่เข้ามายังสถานีงาน Secondary Assort ของกะเช้าแยกตาม Island

ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษานโยบายการกำหนดการจัดกลุ่ม Island และตำแหน่งการจัดวางตะกร้าบรรจุสินค้าภายใน Island รวมถึงกำหนดจำนวนพนักงานของสถานีงาน Secondary Assort ในคลังสินค้า DC6 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบพุททูไลท์ รวมถึงเพื่อรองรับการเติบโตของบริษัทกรณีศึกษาที่จะขยายตัวเพิ่มอีกในอนาคตทั้งในรูปแบบสาขาและการจัดส่งสินค้าให้ลูกค้าโดยตรง โดยงานวิจัยนี้จะคำนึงถึงระบบพุททูไลท์เมื่อทำงานร่วมกับพนักงานเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ใช้พิจารณา เพื่อให้สามารถใช้งานระบบและอุปกรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นเหมาะกับการทำงานร่วมกับมนุษย์

1.2. วัตถุประสงค์งานวิจัย

ออกแบบการจัดกลุ่ม จำนวนพนักงาน และตำแหน่งการจัดวางตะกร้าบรรจุสินค้าที่เหมาะสมภายในสถานีงานพุททูไลท์ของศูนย์กระจายสินค้าวัสดุตกแต่งบ้านกรณีศึกษา เพื่อเพิ่มอัตราการหยิบสินค้า

1.3. ขอบเขตงานวิจัย

1. ศึกษาเฉพาะกลุ่มสินค้าและกิจกรรมที่เกิดขึ้นในสถานีงานพุททูไลท์ภายในคลังสินค้า DC6 ของธุรกิจกรณีศึกษาเท่านั้น
2. ศึกษาและออกแบบเฉพาะนโยบายในออกแบบการจัดกลุ่ม กำหนดจำนวนพนักงาน และตำแหน่งการจัดวางตะกร้าบรรจุสินค้าภายในสถานีงานพุททูไลท์คลังสินค้า DC6 เท่านั้น
3. ดำเนินการศึกษาตามโดยใช้โปรแกรม R/RStudio ในการสร้างแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์และประเมินผล
4. ประเมินผลจากวัดค่าจำนวนการบล็อกกิ้งของระบบ
5. พิจารณาออกแบบสถานีงานพุททูไลท์ภายใต้การดำเนินงานปกติเท่านั้น สำหรับกรณีฉุกเฉินหรือกรณีที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้จะไม่นำมาใช้พิจารณา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4. ประโยชน์ที่จะได้รับ

- นโยบายสำหรับการกำหนดการจัดกลุ่ม จำนวนพนักงาน และตำแหน่งการจัดวางตะกร้าบรรจุสินค้าภายในสถานีงานพุททูไลท์ที่มีประสิทธิภาพทั้งตัวระบบและการทำงานร่วมกับมนุษย์มากขึ้น
- เป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาการออกแบบระบบพุททูไลท์ในอนาคต

1.5. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานและทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่
   - การบริหารจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management)
   - ระบบอัตโนมัติในคลังสินค้า (Automation in Warehouse)
   - ระบบการหยิบสินค้า (Picking System)
   - ระบบพุททูไลท์ (Put-to-light)

   เพื่อเข้าใจหลักการทำงานของอุปกรณ์
2. ศึกษาข้อมูลบริษัทกรณีศึกษา ได้แก่
   - ข้อมูลพื้นฐานบริษัทกรณีศึกษา
   - ข้อมูลลักษณะสินค้าบริษัทกรณีศึกษา
   - ข้อมูลกระบวนการทำงานและอุปกรณ์ภายในคลังสินค้า
3. ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นที่ต้องการจะศึกษา กำหนดวัตถุประสงค์ และขอบเขตของงานวิจัย เพื่อทำการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. วิเคราะห์ข้อมูลในส่วนที่ศึกษา กำหนดทางเลือกวิธีการที่ใช้ในการออกแบบสำหรับแก้ไขปัญหา รวมถึงเงื่อนไขที่ใช้ในการดำเนินงาน
5. สร้างแบบจำลองเพื่อใช้วิเคราะห์ผลที่ได้มาจากการศึกษาข้อมูล
6. ทดลองดำเนินการโดยใช้แบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นมา เปรียบเทียบผลที่ได้จากการดำเนินงาน
7. วิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง และสรุปผลที่ได้จากการดำเนินงานวิจัย
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์และนำเสนอผลงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงสองส่วนสำคัญ ส่วนแรกคือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่ การบริหารจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management), ระบบอัตโนมัติในคลังสินค้า (Automation in Warehouse), ระบบการหยิบสินค้าในคลังสินค้า (Picking System in Warehouse), ระบบพุททูไลน์ และแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model) ในส่วนที่สองจะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบพุททูไลน์

2.1. การบริหารจัดการคลังสินค้า

คลังสินค้า (Warehouse) [6] มีหน้าที่ในการจัดเก็บและดูแลสินค้าคงคลัง (Inventory) ซึ่งอาจจะถูกเก็บในรูปแบบของวัตถุดิบ (Raw Materials, RM), สินค้ากึ่งสำเร็จรูประหว่างกระบวนการผลิต (Work In Process, WIP), สินค้าสำเร็จรูป (Finished Goods, FG) ให้อยู่ในสภาพที่ดีพร้อมสำหรับการนำไปใช้งาน โดยการจัดการคลังสินค้ามีวัตถุประสงค์ในการดำเนินการเก็บรักษาวัสดุ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- เพื่อใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในคลังสินค้าให้อยู่ในระดับที่วางแผนไว้ เนื่องจากทรัพยากรในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น เวลา พื้นที่ อุปกรณ์และแรงงาน ล้วนมีอยู่อย่างจำกัด ไม่สามารถเพิ่มได้ในระยะเวลาอันสั้น ดังนั้นการบริหารจัดการทรัพยากรจึงเป็นสิ่งสำคัญ
- เพื่อให้ผลลัพธ์หรือทรูพุต (Throughput) เป็นไปตามที่ออกแบบหรือกำหนดไว้ โดยประสิทธิภาพของคลังสินค้าสามารถวัดได้จากปริมาณสินค้าที่สามารถจ่ายออกได้ในแต่ละวัน

- เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของสินค้า โดยจัดเก็บในสถานที่ที่เหมาะสมและได้รับการดูแลอย่างต่อเนื่อง สามารถป้องกันสินค้าจากการโจรกรรม อุบัติเหตุไฟไหม้ ภัยพิบัติน้ำท่วม การเสื่อมสภาพจากกาลเวลา และสภาพแวดล้อม เช่น อากาศ ความชื้น แสงสว่าง และอุณหภูมิ เป็นต้น
- เพื่อสามารถเข้าถึงสินค้าได้ทุกขณะ โดยสามารถเลือกวัสดุและจัดส่งสินค้าโดยเสียค่าใช้จ่ายและความพยายามน้อยที่สุด
- เพื่อให้การจัดเก็บเป็นไปตามมาตรฐาน สามารถใช้อุปกรณ์การจัดเก็บและเคลื่อนย้ายมาตรฐาน

นอกเหนือจากวัตถุประสงค์ในการดำเนินการเก็บรักษาวัสดุแล้ว คลังสินค้ายังมีบทบาทและหน้าที่สำคัญที่สามารถเพิ่มมูลค่าในห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) ได้ดังนี้

- เพื่อลดความผันผวนของความต้องการและกำลังการผลิต โดยคลังสินค้าทำหน้าที่เป็นจุดพักสินค้า (Buffer) เนื่องจากความต้องการสินค้าจากลูกค้าและกำลังการผลิตอาจจะมีความผันผวน เช่น การผันผวนตามฤดูการของสินค้า การผันผวนจากภัยธรรมชาติที่อาจจ่างผลกระทบต่อกระบวนการผลิตหรือการขนส่งจากผู้ผลิต (Supplier) เป็นต้น การมีคลังสินค้าที่เก็บรักษาพัสดุคงคลังจะช่วยลดความผันผวนลงได้ แต่ต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่จะตามมาหากเก็บพัสดุคงคลังมากเกินความจำเป็น
- เพื่อใช้ประโยชน์จากการประหยัดจากขนาด (Economy of Scale) เป็นบทบาทสำคัญโดยเฉพาะในธุรกิจโมเดิร์นเทรด (Modern Trade) หรือธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่ เนื่องจากการซื้อสินค้าในจำนวนมากจะทำให้สามารถต่อรองราคาได้ การมีคลังสินค้าจะช่วยในการจัดส่งสินค้าโดยคลังสินค้าจะทำหน้าที่เป็นจุดปลายทางร่วม (Common Destination) จาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แต่ละโรงงานและจุดร่วมต้นทาง (Common Origin) ทำให้ร้านค้าสามารถลดจำนวนรอบรถบรรทุกที่ใช้ในการกระจายสินค้าลงได้จากการรวมเที่ยวการขนส่ง (Consolidation)

- เพื่อเพิ่มมูลค่าเพิ่มให้แก่สินค้า กระกวนการโลจิสติกส์ที่สร้างมูลค่าเพิ่ม (Value Added logistics, VAL) และบริการมูลค่าเพิ่ม (Value Added Services, VAS) มักพบในคลังสินค้ามูลค่าสูง โดยคลังสินค้าที่มีสถานะเป็นจุดพักสินค้าก่อนจัดส่งผู้บริโภคเป็นสถานที่ที่เหมาะสมที่สุดในการทำกิจกรรมบางกิจกรรมสำหรับเพิ่มมูลค่าสินค้า เช่น การประกอบย่อย หรือ การเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น

ดังนั้นเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ในการดำเนินงาน รวมถึงบทบาทและหน้าที่ของคลังสินค้าทั้งหมดที่กล่าวมา การบริหารจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management) จึงเป็นส่วนสำคัญในการดำเนินการที่ผู้จัดการคลังสินค้าหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องจะต้องเข้าใจหลักการและแนวคิดสำคัญในการจัดการคลังสินค้า

2.1.1. กิจกรรมภายในคลังสินค้า (Warehouse Activities)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กิจกรรมภายในคลังสินค้าจะเริ่มตั้งแต่รถบรรทุกสินค้านำสินค้าเข้ามาส่งภายในคลังสินค้า ไปจนถึงการจัดเรียงสินค้าเพื่อนำส่งสินค้าไปยังลูกค้า ซึ่งสามารถจำแนกตามพื้นฐานการทำงานหลักได้เป็น 4 กิจกรรมหลักตามการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าคงคลัง แต่ละกิจกรรมจะมีสัดส่วนแรงงานโดย Hackman [7] ตามตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 สัดส่วนแรงงานของกิจกรรมในคลังสินค้า [7]

กิจกรรม	**สัดส่วนของแรงงาน**
กิจกรรมการรับสินค้า (Receiving)	10%
กิจกรรมการจัดเก็บสินค้า (Put Away)	15%
กิจกรรมการหยิบสินค้า (Picking)	55%
กิจกรรมการจัดเรียงและส่งสินค้า (Sorting and Shipping)	20%

2.1.1.1. กิจกรรมการรับสินค้า (Receiving)

กิจกรรมการรับสินค้าเป็นกิจกรรมที่รับสินค้าจากผู้ผลิตโดยมีเป้าหมายเพื่อแจ้งสถานะของสินค้าที่ได้รับ พร้อมกับการตรวจสอบปริมาณและคุณภาพสินค้าให้ตรงตามความต้องการ โดยมีขั้นตอนพื้นฐานดังต่อไปนี้

- การแจ้งส่งสินค้า (Notification) เกิดขึ้นก่อนรถบรรทุกจะมาถึงคลังสินค้า โดยผู้ผลิตต้องแจ้งข้อมูลและเวลาส่งสินค้า
- การยินยอม (Acceptance) คือการนำเอกสารการจัดส่งสินค้าหรืออินวอยซ์ (Invoice) ส่งเทียบข้อมูลใบสั่งซื้อสินค้า (Purchasing Order, PO) ก่อนให้รถขนส่งย้ายรถไปประตูรับสินค้า
- การตรวจสอบ (Inspection) คือขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพและจำนวนสินค้าตามเอกสาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- การรับเข้าสินค้า (Receiving) คือการเปลี่ยนสถานะผู้ถือครองสินค้าจากผู้ผลิตหรือบริษัทขนส่งเป็นคลังสินค้า
- การทำยูนิตไทเซย์ชั่น (Unitization) คือการสร้างหน่วยขนย้ายใหม่
- การรับสินค้ากล่องแรก (First Package Seen) เป็นขั้นตอนสำหรับรับสินค้าชนิดใหม่หรือเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์ โดยในขั้นตอนนี้ทำเพื่อบันทึกข้อมูลทางกายภาพ

การรับสินค้ามีเทคนิคที่ใช้เพื่อลดภาระการรับสินค้าและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ดังต่อไปนี้

- การส่งสินค้าโดยตรง (Direct Shipment) คือการส่งสินค้าจากผู้ผลิตถึงผู้บริโภคโดยไม่ผ่านคลังสินค้า
- การรับสินค้าล่วงหน้า (Pre-Receiving) คือการส่งข้อมูลล่วงหน้าเพื่อจัดเตรียมพื้นที่ในการจัดเก็บ
- การทำครอส-ด็อกกิ้งค์ (Cross-Docking) คือการรับเข้าสินค้าและจ่ายสินค้าออก โดยที่ไม่มีการจัดเก็บ
- การวางแผนกำลังคน (Workforce Scheduling) คือการจ้างแรงงานคนให้เหมาะสมกับการทำงานในแต่ละช่วง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.1.2. กิจกรรมการจัดเก็บสินค้า (Put Away)

กิจกรรมการจัดเก็บสินค้าเป็นกิจกรรมที่ดำเนินการย้ายสินค้าที่มีข้อมูลไปยังตำแหน่งจัดเก็บ โดยการจัดเก็บสินค้ามีเทคนิคที่ใช้เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ดังต่อไปนี้

- การจัดเก็บสินค้าโดยตรง (Direct Put-Away) เป็นเทคนิครวบกิจกรรมรับเข้าและจัดเก็บสินค้า โดยข้อมูลของการรับเข้าสินค้าและตำแหน่งจัดเก็บจะถูกส่งเข้าระบบ WMS พร้อมกัน
- การจัดเก็บเป็นกลุ่ม (Batch Put-Away) เป็นเทคนิคการจัดเก็บที่เก็บสินค้าหลายรายการในเที่ยวเดียว
- การแนะนำการจัดเก็บ (Suggested Put-Away) เป็นเทคนิคการจัดเก็บโดยนำข้อมูลจากระบบ WMS มาใช้กำหนดเงื่อนไข
- การทำอินเตอร์ลีฟวิ่ง (Interleaving) เป็นเทคนิครวมการหยิบและจัดเก็บสินค้า โดยพนักงานจะทำทั้ง 2 กิจกรรมใน 1 รอบการทำงาน เพื่อลดการเดินเที่ยวเปล่า

การจัดเก็บสินค้าต้องคำนึงถึงวิธีการในการจัดกลุ่มสินค้า เพื่อให้สอดคล้องกับกระบวนการหยิบสินค้า ซึ่งวิธีการจัดกลุ่มสินค้าที่นิยมสามารถแบ่งได้ดังนี้

- การจัดกลุ่มเก็บตามลักษณะทางกายภาพ เช่น กลุ่มสินค้า งวดการผลิต อุณหภูมิ และความเป็นอันตราย เป็นต้น
- การจัดกลุ่มเก็บตามมูลค่า การเก็บสินค้ามูลค่าสูงในพื้นที่เฉพาะมีอุปกรณ์ป้องกัน
- การจัดกลุ่มเก็บตามบรรจุภัณฑ์ หรือการจัดกลุ่มเก็บตามอุปกรณ์ขนถ่าย เพื่อการหยิบตามลักษณธบรรจุภัณฑ์ในแต่ละพื้นที่
- การจัดกลุ่มเก็บตามลักษณะการหมุนเวียนสินค้า เช่น การเก็บสินค้าของลูกค้ากลุ่มเดียวกันไว้ร่วมกัน เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- การจัดกลุ่มเก็บตามความถี่ในการหยิบ เช่น การจัดกลุ่มสินค้าขายดีที่มีความถี่ในการหยิบสูงไว้ด้วยกัน เป็นต้น
- การจัดเก็บตามเงื่อนไขอื่น ๆ เช่น การจัดกลุ่มเก็บตามเส้นทางดีฟอลต์ (Default Path) การจัดกลุ่มเก็บเพื่อง่ายในการตรวจสอบ (Quick Defection) การจัดกลุ่มเก็บตามความเกี่ยวเนื่อง (Association) เป็นต้น

2.1.1.3. กิจกรรมการหยิบสินค้า (Picking)

กิจกรรมการหยิบสินค้ามีเป้าหมายเพื่อหยิบสินค้าให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในเวลาที่ลูกค้าต้องการ ในการหยิบสินค้าจะมีเอกสารระบุข้อมูลสินค้าที่ต้องการหยิบหรือพิกลิสต์ (Pick List) โดยกิจกรรมการหยิบสินค้ามีขั้นตอนพื้นฐานดังต่อไปนี้

- การเคลื่อนที่ (Traveling) คือการเคลื่อนที่ของพนักงานไปหาสินค้า หรือสินค้าเคลื่อนที่มาหาพนักงานผ่านอุปกรณ์ขนถ่ายสินค้า
- การค้นหา (Searching) คือการค้นหาตำแหน่งสินค้า
- การดึงสินค้า (Extracting) คือขั้นตอนการหยิบสินค้า รวมถึงการแตกกล่อง
- การจดบันทึก (Documenting) เป็นขั้นตอนการทำเครื่องหมายในรายการที่หยิบเสร็จสิ้น หรือบันทึกปริมาณสินค้าที่หยิบได้

กิจกรรมการหยิบสินค้าครอบคลุมถึงกิจกรรมการเติมสินค้า (Replenishment)

2.1.1.4. กิจกรรมจัดเรียงและส่งสินค้า (Sorting and Shipping)

กิจกรรมจัดเรียงและส่งสินค้าเป็นกิจกรรมสุดท้ายก่อนส่งลูกค้า มีเป้าหมายเพื่อการตรวจสอบและเตรียมสินค้าขึ้นรถ โดยการจัดสินค้าขึ้นรถมักจะทำย้อนลำดับการขนส่ง (Reverse Loading Order) เมื่อสินค้าพร้อมขึ้นรถบรรทุกจะมีการตัดจำนวนสินค้าออกจากคลังและทำเอกสารอินวอยด์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยเมื่อสินค้าขึ้นรถบรรทุกจะทำการซีลล็อก (Security Seal) ป้องกันการเปิดระหว่างขนส่ง และชั่งน้ำหนักรถ ก่อนรับเอกสารอินวอยด์สำหรับแนบพร้อมการจัดส่ง

นอกเหนือจากกิจกรรมหลักดังกล่าวแล้ว คลังสินค้าอาจจะมีกิจกรรมอื่น ๆ เกิดขึ้นได้ ดังนี้

- กิจกรรมบริการสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value Added Service) ได้แก่ การประกอบย่อย (Light Assembly) การเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์หรือติดฉลาก (Re-Packaging and Labeling) และการรีเวอร์สโลจิสติกส์และการทำความสะอาด (Reverse Logistics and Cleaning)
- กิจกรรมอื่น ๆ ที่อาจไม่ก่อให้เกิดประโยชน์โดยตรง ได้แก่ การนับสินค้า (Stock Counting) การย้ายสินค้า (Relocation or Warehousing) และการจัดการเอกสาร

2.1.2. อุปกรณ์ภายในคลังสินค้า

อุปกรณ์จัดเก็บและขนถ่ายวัสดุเป็นการลงทุนด้านสินทรัพย์และปัจจัยการผลิตในคลังสินค้า การติดตั้งอุปกรณ์ต้องพิจารณาระดับการลงทุนในอุปกรณ์ที่เหมาะสม ควบคู่กับความจำเป็นและประโยชน์ในการใช้งาน ซึ่งอุปกรณ์ในคลังสินค้าสามารถจำแนกประโยชน์ได้ 3 ประเด็นดังนี้

- ลดต้นทุนในคลังสินค้า เช่น การช่วยลดจำนวนพนักงาน
- เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน การนำอุปกรณ์จัดเก็บและขนถ่ายวัสดุมาประยุกต์ช่วยให้ปริมาณผลผลิตต่อหน่วยเวลา
- ดูแลรักษาสินค้าและควบคุมการทำงาน อุปกรณ์จัดเก็บสินค้ามีส่วนสำคัญในการช่วยการจัดเก็บและดูแลสินค้าให้มีประสิทธิภาพ รวมถึงอุปกรณ์บางชนิดยังสามารถป้องกันการทำงานข้ามขั้นตอนหรือการทำงานนอกเหนือที่ระบุได้

อุปกรณ์ภายในคลังสินค้าในทางทฤษฎีสามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ตามลักษณะการใช้งานดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- กลุ่มอุปกรณ์จัดกลุ่มสินค้า หรือสร้างยูนิตโหลด (Unit Load Formation Equipment) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อให้สินค้าเป็นเนื้อเดียวกัน (Integrity) ในระหว่างการขนถ่ายและการจัดเก็บสินค้า โดยกลุ่มอุปกรณ์นี้มีความหลากหลายตามลักษณะทางกายภาพสินค้า
- กลุ่มอุปกรณ์ขออุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ (Transportation Equipment) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าเคล่อนย้ายวัสดุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งทั้งภายในและภายนอกคลังสินค้า
- กลุ่มอุปกรณ์จัดเก็บสินค้า (Storage Equipment) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้จัดวางสินค้าขณะอยู่ภายในคลังสินค้า ซึ่งอุปกรณ์จัดเก็บสินค้าบางชนิดอาจจะประกอบด้วยอุปกรณ์ขนถ่าย ในบางคลังสินค้าอาจจะจัดวางสินค้ากับพื้นคลังโดยที่ไม่ลงทุนอุปกรณ์จัดเก็บ
- กลุ่มอุปกรณ์ในการจัดตำแหน่ง (Positioning Equipment) เป็นอุปกรณ์ที่เคลื่อนย้ายสินค้าในแนวดิ่งเพียงหนึ่งตำแหน่ง เพื่อให้สินค้าอยู่ในแนวระดับที่เหมาะสมสำหรับการขนถ่ายหรือการจัดเก็บ.
- กลุ่มอุปกรณ์สื่อสารและควบคุม (Identification and Control Equipment) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลและสื่อสารเพื่อระบุตำแหน่งและสถานะของสินค้า อุปกรณ์พนักงาน และกิจกรรมภายในคลังสินค้า สสำหรับคลังสินค้าที่มีขนาดเล็กอาจจะไม่มีอุปกรณ์ในกลุ่มนี้แต่จะใช้เป็นกระดาษจดหรือความจำของพนักงานแทน

การเลือกอุปกรณ์จัดเก็บและขนถ่ายวัสดุ ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ โดยปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกอุปกรณ์จัดเก็บและขนถ่ายวัสดุ ได้แก่

- ทรูพุต และปริมาณสินค้า
- ประเภทการใช้งาน และความยืดหยุ่น
- ประสิทธิภาพ และความปลอดภัย

- มาตรฐาน และการดูแลอุปกรณ์
- ค่าใช้จ่าย

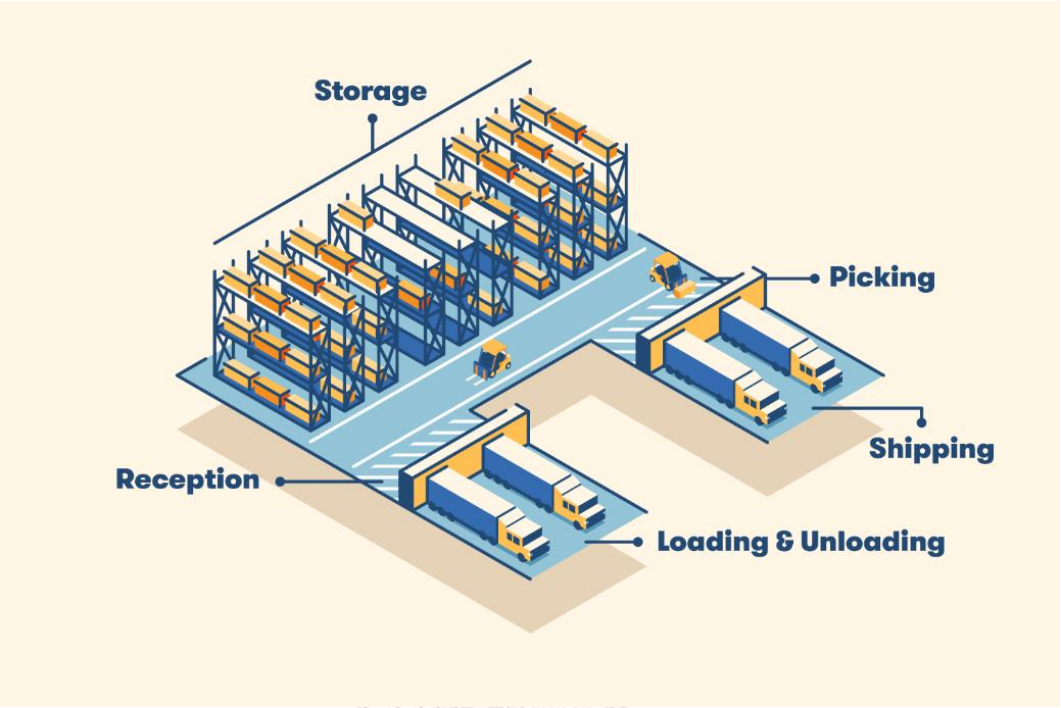
2.1.3. การใช้พื้นที่ภายในคลังสินค้า

การใช้พื้นที่ภายในคลังสินค้าจะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม อุปกรณ์ และแรงงานซึ่งสามารถแสดงผ่านแผนผังการไหลของสินค้า แผนผังการไหลของสินค้าสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

2.1.3.1. การไหลรูปตัวยู (‘U’-Shaped Warehouse)

แผนผังการไหลรูปตัวยู คือคลังสินค้าที่มีการออกแบบให้มีลักษณะการไหลของสินค้าในด้านเดียวกัน หรือประตูหน้าท่าสำหรับรับและส่งสินค้าอยู่ด้านเดียวกันของอาคาร การไหลรูปแบบนี้เป็นรูปแบบมาตรฐานของศูนย์กระจายสินค้าสมัยใหม่โดยสินค้า โดยสินค้าจะไหลจากประตูท่ารับสินค้าแล้วผ่านไปบริเวณเก็บสินค้าซึ่งอยู่ด้านในของคลังสินค้า สินค้าที่มีการเคลื่อนไหวสูงควรถูกเก็บใกล้ประตูท่า ส่วนสินค้าที่มีการเคลื่อนไหวต่ำควรถูกเก็บไกลประตูท่าและใกล้กำแพง ตามรูปที่ 2-1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 2-1 ตัวอย่างแผนผังการไหลรูปตัวยู [8]

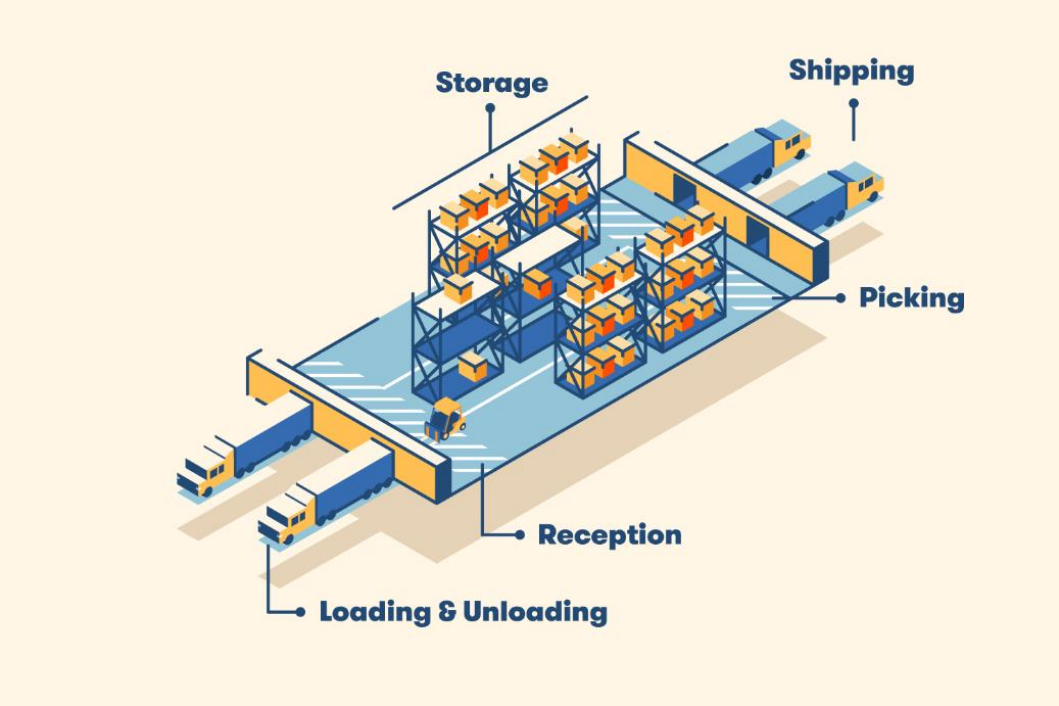
จุดเด่นของแผนผังการไหลรูปตัวยูคือ พนักงานรับและพนักงานจ่ายสินค้า สามารถช่วยเหลือกันและใช้ประตูหน้าท่าร่วมกัน รวมถึงสามารถขยายพื้นที่หรือเชื่อมต่อได้ 3 ทิศทาง ส่วนจุดด้อยคือระยะการจัดเก็บมีทั้งใกล้และไกล อีกทั้งการจัดเก็บและการส่งมีการคาบเกี่ยวกันอาจจะทำให้มีการติดขัด (Congestion) เกิดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คลังสินค้ารูปตัวยูเหมาะกับอุปกรณ์จัดเก็บและขนส่งอัตโนมัติ และกึ่งอัตโนมัติ เช่น ระบบ AS/RS หรือระบบ VNA เนื่องจากระยะการเคลื่อนที่เฉลี่ยของสินค้าที่น้อยทำให้ทรูพุตของอุปกรณ์สูงขึ้น ซึ่งหมายถึงจำนวนเครนที่ลดลง ส่งผลให้การพิจารณาการลงทุนมีความเป็นไปได้มากขึ้น และคลังสินค้าอาจสร้างให้มีประตูหน้าท่าแบบ 2 ชั้น โดยชั้นบนเป็นประตูหน้าท่าสำหรับรับสินค้าและชั้นล่างเป็นประตูหน้าท่าสำหรับส่งสินค้า สำหรับในประเทศที่มีราคาที่ดินสูง

2.1.3.2. แผนผังการไหลรูปตัวไอ (‘I’-Shaped Warehouse)

แผนผังการไหลรูปตัวไอ คือคลังสินค้ารูปตัวไอ หรือในชื่อ Straight-Thru Flow Warehouse เป็นคลังสินค้าที่มีการออกแบบให้มีลักษณะการไหลผ่านของสินค้าตลอดความยาวหรือความกว้างของอาคาร โดยประตูหน้าท่าจอดรถบรรทุกสำหรับรับสินค้าจะอยู่ด้านตรงกันข้ามกับประตูหน้าท่าจอดรถบรรทุกสำหรับส่งสินค้า ตามรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 ตัวอย่างแผนผังการไหลรูปตัวไอ [8]

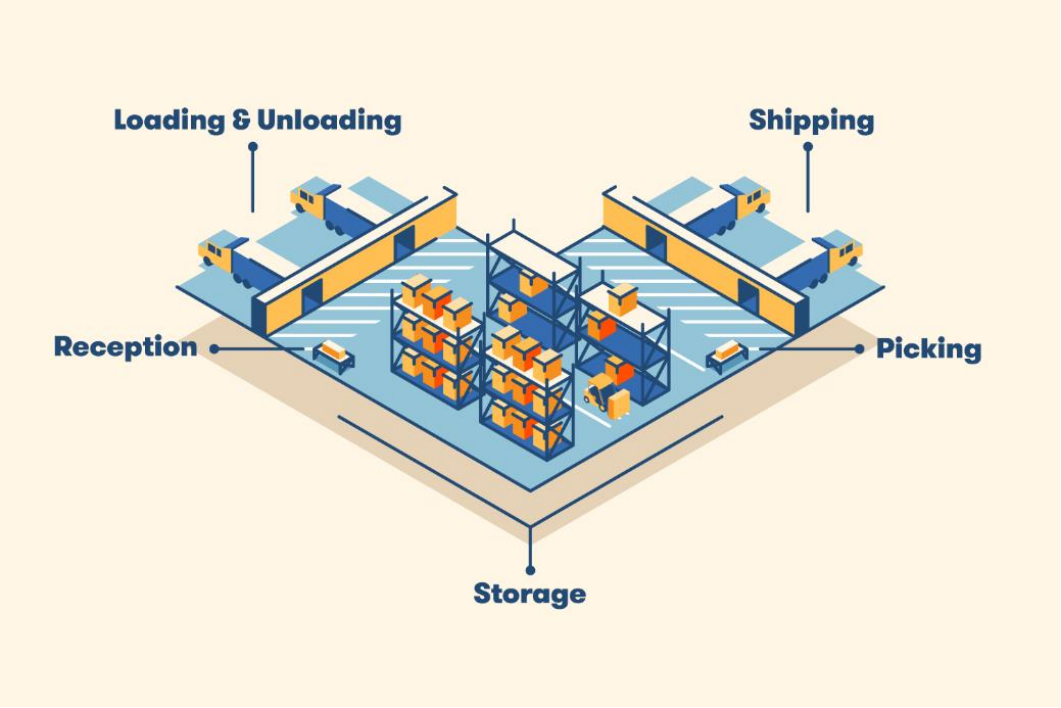
คลังสินค้าที่มีรูปแบบนี้เหมาะกับการส่งผ่านสินค้าเพียงอย่างเดียว เช่น ศูนย์กระจายย่อย (Hub) สถานที่ทำครอส-ด๊อกกิ้ง (Cross-Dock) การรวมเที่ยวการขนส่ง และการดำเนินงานที่มีการรับและส่งสินค้าครั้งละมาก ๆ ในศูนย์กระจายสินค้าหรือคลังสินค้าสำเร็จรูปในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

จุดเด่นของแผนผังการไหลรูปตัวไอ คือมีตำแหน่งจัดวางสินค้าที่สะดวกในการจัดเก็บใกล้เคียงกันจำนวนมาก อีกทั้งการไหลของสินค้าไปในทิศทางเดียวกัน ทำให้โอกาสในการติดขัดจากการจราจร

ของสินค้าและอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุน้อยกว่าคลังสินค้ารูปตัวยู รวมถึงคลังรูปตัวไอสามารถขยายเป็นแผนผังการไหลแบบโมดูล โดยการแบ่งพื้นที่แทนการก่อสร้างเพิ่ม เพื่อรองรับการขยายตัวของสินค้าแต่ละประเภทที่เพิ่มขึ้น

2.1.3.3. แผนผังการไหลรูปตัวแอล (‘L’-Shaped Warehouse)

คลังสินค้ารูปตัว คือคลังสินค้าที่มีการออกแบบให้มีลักษณะการไหลของสินค้าตั้งฉาก หรือประตูหน้าท่ารับสินค้าตั้งฉากกับประตูหน้าท่าส่งสินค้า ตามรูปที่ 2-3 แผนผังการไหลรูปแบบนี้มักเกิดขึ้นเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านพื้นที่ หรือถูกปรับปรุงมาจากคลังสินค้ารูปตัวยู เพื่อเพิ่มจำนวนประตูหน้าท่า



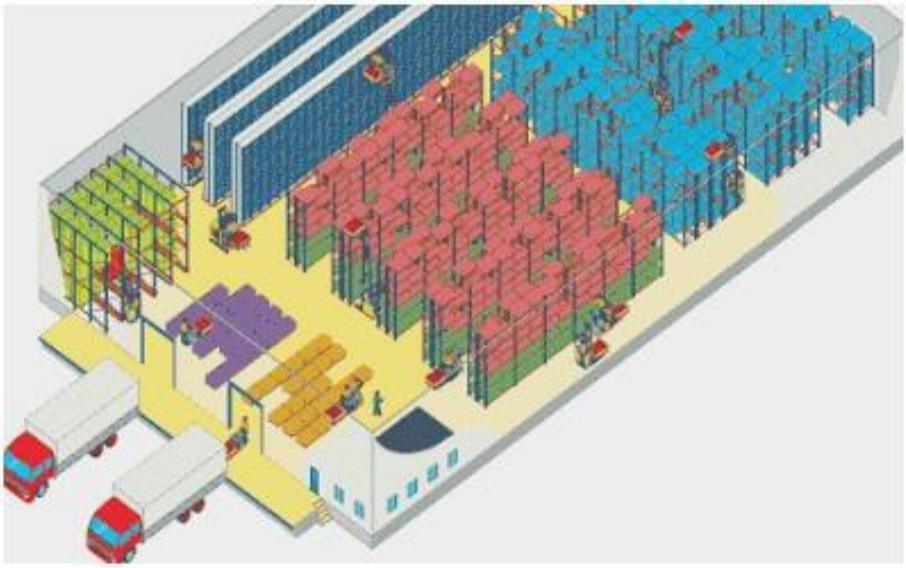
รูปที่ 2-3 ตัวอย่างแผนผังการไหลรูปตัวแอล [8]

คลังสินค้ารูปตัวแอลเหมาะกับสินค้าที่มีการเคลื่อนไหวแตกต่างกัน สามารถแบ่งกลุ่มสินค้าเป็น ABC ได้อย่างชัดเจน โดยสินค้ากลุ่ม A ที่มีความเคลื่อนไหวสูงจะอยู่ใกล้ประตูหน้าท่า ขณะที่สินค้ากลุ่ม C ที่มีความเคลื่อนไหวต่ำจะอยู่ด้านที่ไกลกับประตูหน้าท่า

ข้อดีของคลังสินค้ารูปตัวแอลคือสามารถรองรับการทำครอส-ด๊อกกิ้งค์ และเก็บสินค้าในคลังเดียวกันได้ ส่วนข้อเสียคือพื้นที่กองรับสินค้าและกองจ่ายสินค้าถูกใช้ร่วมกัน ทำให้มีการจราจรที่หนาแน่น และต้องการพื้นที่ประตูหน้าท่ามาก ทำให้การขนถ่ายสินค้ามีระยะทางมากขึ้น นอกจากนี้แผนการไหลรูปตัวแอลยังไม่เหมาะกับการใช้อุปกรณ์จัดเก็บและขนส่งอัตโนมัติ และกึ่งอัตโนมัติ เนื่องจากไม่สามารถใช้พื้นที่ได้เต็มที่ทั้งด้านกว้างและด้านยาว

2.1.3.4. แผนผังการไหลแบบโมดูล (Modular Flow Warehouse)

แผนผังการไหลแบบโมดูล คือคลังสินค้าที่มีการออกแบบแต่ละส่วนงาน หรือแต่ละโมดูลเป็นอิสระต่อกัน เหมือนคลังสินค้าย่อยที่ทำงานแยกจากกันแต่อยู่ใต้หลังคาเดียวกัน เพื่อความสะดวกในการจัดการ เหมาะกับคลังสินค้าขนาดใหญ่ที่มีการไหลแต่ละส่วนงานมากพอที่สามารถออกแบบแยกจากกัน หรือประตูหน้าท่ารับสินค้าและประตูหน้าท่าส่งสินค้าแยกเป็นโมดูลตามส่วนงาน ตามรูปที่ 2-4



รูปที่ 2-4 ตัวอย่างแผนผังการไหลแบบโมดูล [9]

การบริหารจัดการคลังสินค้าแต่ละแห่งมีความแตกต่างกันในด้านของธุรกิจและสินค้า ดังนั้นการบริหารจัดการคลังสินค้าจะต้องมีความเข้าใจปฏิสัมพันธ์ของทรัพยากรต่าง ๆ ได้แก่ รูปแบบกิจกรรมที่จะเกิดขึ้น อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงาน และพื้นที่ภายในคลังสินค้า ปฏิสัมพันธ์ของทรัพยากรมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและถูกประเมินความคุ้มค่าด้วยดัชนีชี้วัด ดังนั้นการเทรด-ออฟ (Trade-Off) หรือหาจุดสมดุล จึงเป็นส่วนสำคัญที่ต้องพิจารณาในการบริหารจัดการคลังสินค้า เพื่อสร้างสมดุลในแต่ละส่วนงานที่เกี่ยวข้อง

2.1.4. ระบบจัดการข้อมูลภายในคลังสินค้า

ระบบจัดการข้อมูลภายในคลังสินค้าประกอบไปด้วย 3 ระบบที่ทำงานเชื่อมโยงกัน ได้แก่ ระบบบริหารจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management System: WMS), ระบบจัดการทรัพยากรในองค์กร (Enterprise Resource Planning: ERP) และระบบควบคุมคลังสินค้า (Warehouse Control System: WCS)

2.1.4.1. ระบบ WMS

ระบบ WMS เป็นระบบเทคโนโลยีสารสนเทศที่ช่วยเหลือในการจัดการคลังสินค้าทั้งในเรื่องการจัดเก็บข้อมูลและการบริหารงานภายในคลังสินค้า โดยระบบถูกออกแบบมาเพื่อบริหารจัดการข้อมูลต่าง ๆ ตามลักษณะกายภาพของสินค้า มุ่งเน้นการควบคุมดูแลจำนวนสินค้า และบูรณาการข้อมูลตั้งแต่เมื่อสินค้าเข้าสู่คลังสินค้าจนเมื่อสินค้าออกจากคลังสินค้า

ระบบ WMS สามารถช่วยการวางแผนการพัฒนาศักยภาพการทำงานภายในคลังสินค้า เนื่องจากระบบ WMS เป็นพื้นฐานในการประยุกต์เทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่เข้ามาทำให้คลังสินค้ามีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เช่น การทำงานร่วมกับบาร์โค้ด ระบบวัดขนาดและน้ำหนักและระบบ AS/RS

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เป็นต้น โดยโปรแกรมระบบ WMS เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งมีหลากหลายรูปแบบแตกต่างกันไปตามฟังก์ชันในการทำงานและการออกแบบจากบริษัทเจ้าของระบบ

2.1.4.2. ระบบ ERP

ระบบ ERP เป็นระบบสารสนเทศขององค์กรทั้งในภาคธุรกิจและการศึกษาเพื่อเชื่อมต่อการทำงานและธุรกรรมของแต่ละแผนกเข้าด้วยกันด้วยการรวมศูนย์ธุรกรรม (Centralized Transaction) และทำให้ข้อมูลเป็นปัจจุบัน (Real Time) เช่น การตรวจสอบปริมาณสินค้าคงคลังจากการเบิก การแนะนำปริมาณที่บริษัทควรสั่งซื้อ การออกเอกสาร PO และจัดส่งอีเมลให้ผู้ผลิต การตรวจสอบสินค้าหลังจากตรวจสอบอินวอย การดำเนินการขั้นตอนทางการเงิน เป็นต้น

ระบบ ERP จึงเป็นเป็นเครื่องมือที่นำมาใช้ในการบริหารธุรกิจ เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นภายในองค์กร ช่วยในการบริหารทรัพยากรที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพ รวมถึงสามารถช่วยสำหรับการวางแผนการลงทุน และการทำงานร่วมกันระหว่างแผนกให้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและราบรื่น ส่งผลให้องค์กรได้รับประโยชน์สูงสุด โดยโปรแกรมระบบ ERP เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งมีหลากหลายรูปแบบแตกต่างกันไปตามฟังก์ชันในการทำงานและการออกแบบจากบริษัทเจ้าของระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.4.3. ระบบ WCS

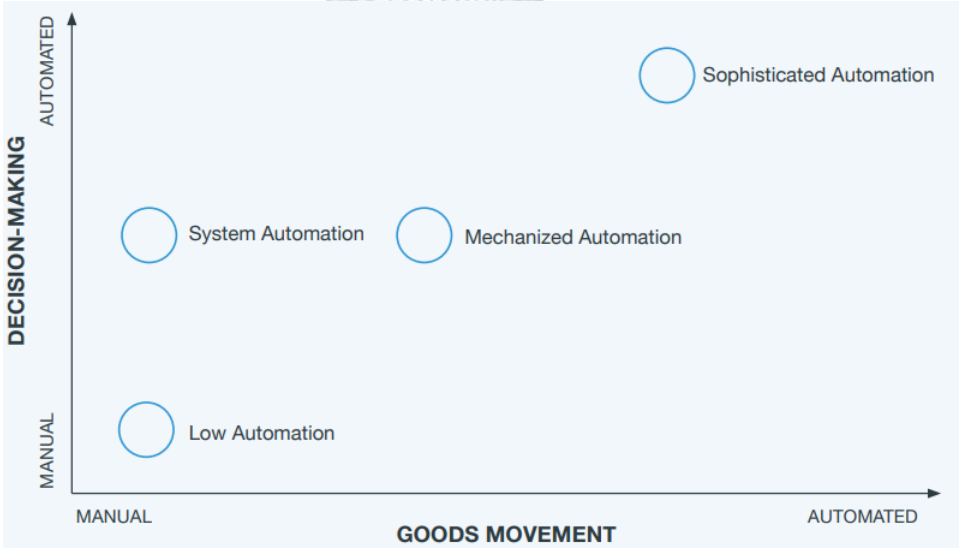
ระบบ WCS เป็นโปรแกรมรวมศูนย์ควบคุมเครื่องจักร (Machine Controller) หลายระบบภายในคลังสินค้าเข้าด้วยกัน เช่น ระบบเซนเซอร์ ระบบชุดควบคุม และระบบอุปกรณ์จัดเก็บและขนถ่ายวัสดุ เป็นต้น โดยระบบ WCS จะทำหน้าที่เชื่อมโยงระบบย่อยเพื่อให้ระบบอัตโนมัติทำงานได้อย่างราบรื่น เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบย่อยในการจัดการวัสดุ ตลอดจนสนับสนุนกิจกรรมของพนักงานนคลังสินค้า เช่น การจัดการเชื่อมต่ออุปกรณ์ การจัดสถานะบาร์โค้ด และการ

แสดงผลผ่านหน้า LED เป็นต้น อีกทั้งระบบ WCS ยังทำหน้าที่เป็นตัวประสานงานอุปกรณ์ขนถ่าย เช่น การควบคุมเส้นทางสายพานลำเลียง การเลือกจัดสรรรถ AGV และ SRM จากการวิเคราะห์เส้นทางการดำเนินงาน เป็นต้น นอกจากนี้ระบบ WCS สามารถแสดงผลการทำงาน สถานะของระบบย่อย และรวบรวมประวัติขั้นตอนงานพร้อมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพื้นฐาน

2.2. ระบบอัตโนมัติในคลังสินค้า

การบริหารจัดการคลังสินค้าประกอบไปด้วยกิจกรรมการทำงานที่หลากหลายจึงมีการนำระบบอัตโนมัติมาใช้ภายในคลังสินค้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน ซึ่งระบบอัตโนมัติในคลังสินค้าสามารถช่วยลดระยะเวลาการทำงาน ลดการใช้พื้นที่ เพิ่มผลผลิตและคุณภาพที่ได้ รวมถึงลดจำนวนคนภายในห่วงโซ่อุปทาน

ระบบอัตโนมัติในคลังสินค้าสามารถแบ่งระดับความเป็นอัตโนมัติ [10] ตามรูปที่ 2-5



รูปที่ 2-5 ระดับระบบอัตโนมัติในคลังสินค้า [10]

จากรูปที่ 2-5 การแบ่งระบบอัตโนมัติในคลังสินค้าสามารถได้ด้วยกระบวนการ 2 กระบวนการ ได้แก่

- กระบวนการตัดสินใจ (Decision-Making Process) หมายถึง วิธีการที่ทำให้คลังสินค้ามีรูปแบบแผนงานที่ดีขึ้น เช่น การตัดสินใจการใช้พื้นที่เพื่อให้มีประสิทธิภาพ การตัดสินใจวิธีการจัดเก็บโดยอัตโนมัติ เป็นต้น
- กระบวนการเคลื่อนย้ายสินค้า (Good Movement Process) หมายถึง การเคลื่อนย้ายสินค้าต่าง ๆ จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยเครื่องจักร

ซึ่งจากการแบ่งระบบอัตโนมัติในคลังสินค้าด้วยกระบวนการทั้งสองจะทำให้สามารถจำแนกความเป็นอัตโนมัติได้ 4 ประเภท ดังนี้

2.2.1. Low Automation

ระดับ Low Automation เป็นคลังสินค้าที่มีความเป็นอัตโนมัติต่ำ คลังสินค้ารูปแบบนี้จะมีการดำเนินการบันทึกข้อมูลส่วนใหญ่โดยใช้กระดาษเอกสาร (Hard Copy) กระบวนการตัดสินใจพนักงานจะเป็นผู้ตัดสินใจโดยอ้างอิงจากข้อมูลในเอกสาร ร่วมถึงกระบวนการเคลื่อนย้ายสินค้าพนักงานจะต้องเป็นผู้เดินไปจัดเก็บและหยิบสินค้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.2. System Automation

ระดับ System Automation เป็นคลังสินค้าที่เพิ่มระดับความเป็นอัตโนมัติที่กระบวนการตัดสินใจ โดยการใช้ระบบ WMS ในการตัดสินใจตำแหน่งการจัดเก็บและการหยิบสินค้า รวมถึงการจัดการกิจกรรมต่าง ๆ ภายในคลังสินค้า เช่น กิจกรรมการแยกส่วน กิจกรรมสร้างมูลค่าเพิ่มและกิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพสินค้า (Quality Inspection) เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับเวลาในการปฏิบัติงานและการมอบหมายงานให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบอัตโนมัติในระดับ System Automation มักเกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีคลื่นวิทยุ แบบเคลื่อนที่ (Mobile Radio Frequency) หรือเทคโนโลยีการสั่งงานด้วยเสียง (Voice directed Technologies) ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้จะช่วยเชื่อมต่อข้อมูลสินค้าไปยัง WMS แบบเรียลไทม์

การใช้งานระบบอัตโนมัติในระดับ System Automation ทำให้เกิดประโยชน์ในหลายด้านเมื่อเทียบกับการใช้กระดาษเอกสารบันทึก โดยทั่วไปบริษัทส่วนใหญ่จะสามารถเพิ่มผลผลิตโดยรวมได้ประมาณ 25% สามารถใช้ประโยชน์จากพื้นที่ภายในคลังสินค้าเพิ่มขึ้นได้ประมาณ 10-20% และลดปริมาณสินค้าคงคลังขั้นต่ำได้ประมาณ 15-30%

การมีระบบ WMS ยังสามารถช่วยให้คลังสินค้าสามารถใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีการหยิบสินค้าอื่น ๆ เช่น ในสถานีงานของระบบพิกทูไลท์ ระบบ WMS จะเชื่อมต่อกับสัญญาณไฟเหนือเพื่อแสดงตำแหน่งตะกร้าทำให้พนักงานทราบว่าต้องเลือกตะกร้าตำแหน่งใดและต้องหยิบสินค้าจำนวนกี่รายการ ซึ่งจะทำให้กระบวนการหยิบสินค้าเร็วขึ้นและแม่นยำยิ่งขึ้น โดยสามารถเพิ่มอัตราการหยิบสินค้าได้ประมาณ 30-50% รวมถึงยังลดอัตราข้อผิดพลาดในการหยิบสินค้าลง 67% เมื่อเทียบกับระบบที่ใช้กระดาษเอกสารบันทึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.3. Mechanized Automation

ระดับ Mechanized Automation เป็นคลังสินค้าที่เพิ่มระดับความเป็นอัตโนมัติที่กระบวนการเคลื่อนย้ายสินค้าจากระดับ System Automation ที่เพิ่มเพียงระดับความเป็นอัตโนมัติที่กระบวนการตัดสินใจ โดยจากปกติพนักงานจะเป็นคนเดินไปหยิบสินค้า ระบบอัตโนมัติระดับ Mechanized Automation จะเข้ามาแทนที่เพื่อเคลื่อนที่สินค้าไปหาพนักงานแทน ระบบอัตโนมัติในระดับ Mechanized Automation มี 2 เทคโนโลยีที่ถูกนำมาปรับใช้ใน ดังนี้

- สายพานลำเลียง (Conveyer) สายพานลำเลียงใช้ขนส่งสินค้าจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง การใช้สายพานลำเลียงช่วยลดระยะการเดินทางและเพิ่มอัตราการหยิบสินค้า จากที่พนักงานเดินหยิบสินค้าจะสามารถหยิบได้ 60-80 ครั้งต่อชั่วโมง การใช้สายพานลำเลียงอาจทำให้มีอัตราการหยิบสินค้าได้มากถึง 300 ครั้งต่อชั่วโมง
- ระบบการจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติ (Automated Storage/Retrieval Systems, AS/RS) AS/RS เป็นระบบจัดเก็บและหยิบสินค้าบนชั้นวางแบบอัตโนมัติ ประเภทของ AS/RS จะแตกต่างกันไปตามลักษณะของวัสดุที่จัดเก็บ กลไกที่ใช้ในการจัดเก็บ และความลึกของชั้น AS/RS ซึ่งทุกประเภทจะแก้ไขปัญหา 2 ด้าน ได้แก่ ปัญหาการใช้ประโยชน์พื้นที่คลังสินค้า และปัญหาการเข้าถึงพื้นที่จัดเก็บ โดย AS/RS แก้ปัญหาการใช้ประโยชน์พื้นที่คลังสินค้าจากการลดความกว้างของทางเดินและขยายพื้นที่จัดเก็บในแนวดิ่งทำให้มีพื้นที่เพิ่มมากขึ้น ส่วนปัญหาการเข้าถึงพื้นที่จัดเก็บ AS/RS เป็นระบบอัตโนมัติทำให้สามารถจัดเก็บและหยิบสินค้าได้สะดวก โดยทั่วไป AS/RS ใช้สายพานลำเลียงเป็นตัวเชื่อมต่อกับสถานีหยิบสินค้าโดยควบคุมผ่านระบบ WMS

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.4. Sophisticated Automation

ระดับ Sophisticated Automation เป็นคลังสินค้าระบบอัตโนมัติขั้นสูง เพื่อขจัดการเคลื่อนย้ายสินค้าและกระบวนการหยิบสินค้าโดยไม่ใช้พนักงาน ซึ่งระบบอัตโนมัติในระดับนี้จะสามารถจัดการกับกระบวนการตัดสินใจที่ซับซ้อนได้ โดยระดับ Sophisticated Automation มีเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง 4 เทคโนโลยี ดังต่อไปนี้

- ระบบซอร์ทเตอร์อัตโนมัติ (Automatic Sorters) เป็นระบบอัตโนมัติที่ทำการคัดแยกสินค้าเพื่อคัดแยกตามรายการ ตามการขนส่ง และตามการจัดกลุ่มกรณีต่าง ๆ ระบบซอร์ทเตอร์สามารถแยกได้หลายประเภท โดยจะปรับใช้ตามขนาดและบรรจุภัณฑ์ของสินค้า
- พาหนะลำเลียงวัสดุอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle, AGV) เป็นหุ่นยนต์ที่เด่นในการเครื่องย้ายสินค้าอัตโนมัติ โดย AGV มีความสามารถในการจดจำภาพและอัลกอริธึมอัจฉริยะที่ช่วยให้สามารถขนส่งสินค้าไปยังพนักงานและพาตัวเองไปที่สถานีสำหรับชาร์จเมื่อมีแบตเตอรี่เหลือน้อย การใช้งาน AGV มีมานานหลายทศวรรษ แต่ในปัจจุบันเริ่มมีแนวโน้มการใช้งานมากขึ้นเนื่องจากการพัฒนาเทคโนโลยี
- ระบบหุ่นยนต์หยิบสินค้า (Robotic Picking System) เป็นระบบการหยิบสินค้าอัตโนมัติ การทำงานของระบบจะเริ่มจากการสแกนสินค้าและระบุรายการในบรรจุภัณฑ์ จากนั้นจึงหยิบสินค้าที่ต้องการลงในบรรจุภัณฑ์อื่น โดยระบบนี้ต้องการความแม่นยำสูง
- ระบบจัดเรียงสินค้าบนพาเลทอัตโนมัติ (Automatic Palletizer) เป็นระบบเครื่องจัดเรียงสินค้าบนพาเลทอัตโนมัติโดยใช้อัลกอริธึมในการจัดเรียงสินค้า เพื่อสร้างพาเลทที่สมบูรณ์ก่อนนำไปพันฟิล์มและทำการจัดส่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระบบอัตโนมัติภายในคลังสินค้าแต่ละระดับประกอบไปด้วยหลายเทคโนโลยี ซึ่งมีการประมาณระดับค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกัน [10] ตามตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 การประมาณค่าใช้จ่ายและระยะเวลาคืนทุนของระบบอัตโนมัติแต่ละระดับ [10]

Automation	Technologies	ค่าใช้จ่าย (Million USD)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
System Automation	WMS with RF Device, Pick-to-light, or Voice-picking	0.5-2.0	0.5-2.0
Mechanized Automation	+ Conveyors, AS/RS	5.0-15.0	2.0-4.0
Sophisticated Automation	+ Sorter, AGV, Robotic picking, Palletizer, etc	>50.0	>5.0

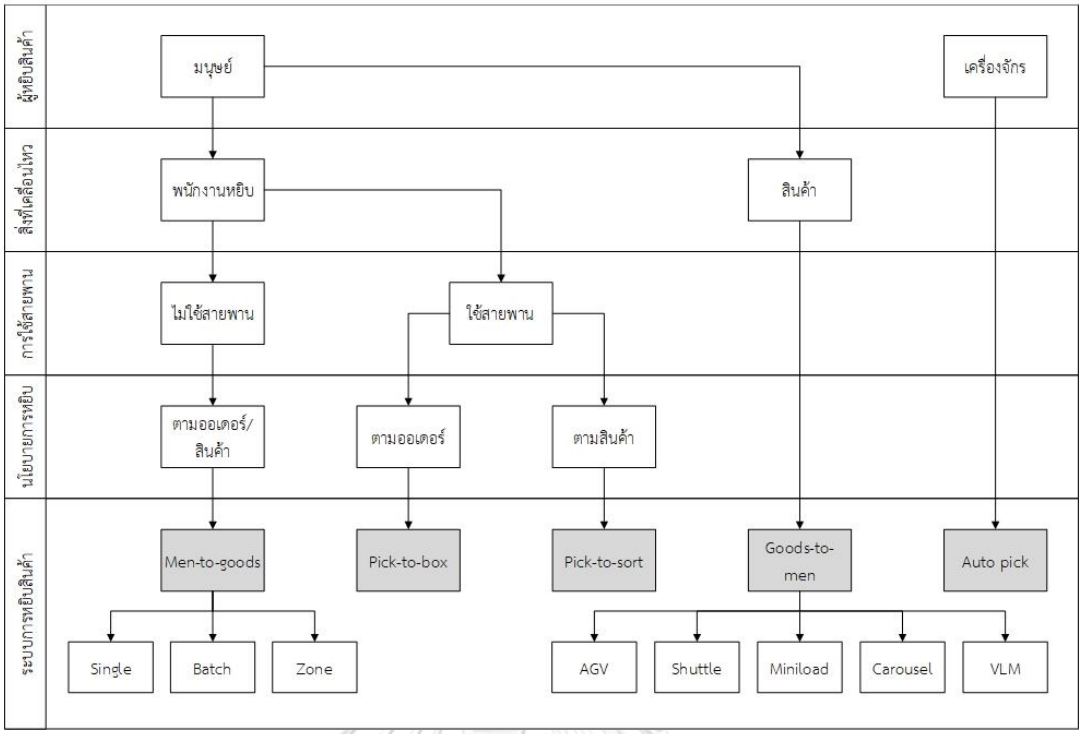
จากข้อมูลในตารางที่ 2-2 การบริหารจัดการคลังสินค้านอกจากการเลือกใช้ระบบหรืออุปกรณ์ให้เหมาะสม จำเป็นต้องพิจารณาค่าใช้จ่ายที่ต้องลงทุนและระยะเวลาคืนทุนที่จะเกิดขึ้นด้วย

2.3. ระบบการหยิบสินค้าในคลังสินค้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กิจกรรมการหยิบสินค้าเป็นกิจกรรมที่มีการคิดค้นพัฒนาอุปกรณ์จัดเก็บและขนถ่ายวัสดุ รวมถึงวิธีการทำงาน เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในด้านการจัดเก็บและการหยิบสินค้า เนื่องจากกิจกรรมการหยิบสินค้าเป็นกิจกรรมที่ใช้ชั่วโมงแรงงานมากที่สุดภายในคลังสินค้า

การหยิบสินค้ามีรูปแบบที่หลากหลายโดยเฉพาะกับสินค้าขนาดเล็กและขนาดกลางซึ่งต้องมีการแตกบรรจุภัณฑ์ โดยรูปแบบหรือระบบการหยิบสามารถแยกประเภท ตามรูปที่ 2-6



รูปที่ 2-6 แสดงการแบ่งประเภทระบบการหยิบสินค้า [6]

จากรูปที่ 2-6 การแบ่งประเภทระบบการหยิบสินค้าสามารถแบ่งได้จากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการเคลื่อนที่ของสินค้าและพนักงานหยิบสินค้า ซึ่งสามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้ [6]

2.3.1. การหยิบแบบพนักงานไปหาสินค้า (Men-to-Goods)

การหยิบสินค้าแบบพนักงานไปหาสินค้าเป็นระบบการหยิบสินค้าที่สามารถพบเห็นในคลังสินค้าทั่วไป พนักงานจะเป็นผู้หยิบสินค้าจากตำแหน่งจัดเก็บจนนำไปวางยังจุดถัดไปโดยไม่มีการใช้อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุประเภทสายพานคอยช่วย ซึ่งลักษณะการหยิบโดยใช้พนักงานสามารถประยุกต์ใช้งานได้ง่ายและมีค่าใช้จ่ายต่ำเมื่อเทียบกับระบบการหยิบแบบอื่น

2.3.2. การหยิบแบบพนักงานไปหากล่อง (Pick-to-Box)

การหยิบแบบพนักงานไปหากล่อง หรือการหยิบแบบส่งต่อ (Pick-and-Pass) เป็นการหยิบสินค้าที่ประยุกต์การหยิบแบบโซนโดยมีสายพานเป็นตัวเชื่อมโซน พนักงานจะทำการหยิบสินค้าหลายออ

เดอร์พร้อมกันในบริเวณที่รับผิดชอบพร้อมกับบางสินค้าลงกล่อง เมื่อครบตามจำนวนทั้งโซนแล้ว พนักงานจะนำกล่องวางลงบนสายพานเพื่อส่งต่อไปยังโซนถัดไปหรือเพื่อส่งต่อไปทำการตรวจสอบสำหรับจัดส่งสินค้า ระบบการหยิบแบบพนักงานไปหากล่องเหมาะกับคลังสินค้าที่มีการจัดเก็บสินค้าขนาดเล็กจำนวนมาก

2.3.3. การหยิบแบบพนักงานและจัดเรียง (Pick-and-Sort)

การหยิบแบบพนักงานและจัดเรียง หรือการหยิบรวมสินค้าทั้งหมด เป็นการรวมสินค้าแต่ละชนิดจากทุกออเดอร์รวมกัน ก่อนทำการแยกและจัดเรียงตามจำนวนรายการสินค้าตามแต่ละออเดอร์อีกครั้ง ซึ่งการแยกและจัดเรียงสามารถทำได้โดยพนักงานหรืออาศัยอุปกรณ์ช่วย ระบบการหยิบแบบพนักงานและจัดเรียงมักพบในศูนย์กระจายสินค้าที่หยิบสินค้าตามรอบเวฟ

2.3.4. การหยิบแบบสินค้าไปหาพนักงาน (Goods-to-Men)

การหยิบแบบสินค้าไปหาพนักงาน เป็นการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์เคลื่อนย้ายสินค้ามายังตำแหน่งที่กำหนด จากนั้นพนักงานหยิบสินค้าทำหน้าที่หยิบสินค้าตามจำนวนที่กำหนดลงในภาชนะที่เตรียมไว้พร้อมกับทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง ระบบการหยิบแบบสินค้าไปหาพนักงานในบางครั้งจะถูกเรียกว่า ระบบกึ่งอัตโนมัติเนื่องจากมีการใช้มนุษย์บางส่วน จุดเด่นสำคัญของระบบคือช่วยลดการเคลื่อนที่ของพนักงานและเพิ่มประสิทธิภาพการหยิบสินค้า โดยการหยิบสินค้าแบบสินค้าไปหาพนักงานสามารถแยกย่อยตามอุปกรณ์ที่นำมาใช้ ได้แก่ VLM หรือ Vertical Lift Module, คาราเซล (Carousel), มินิโหลด (Miniload), ชัทเทิล (Shuttle) และ AGV

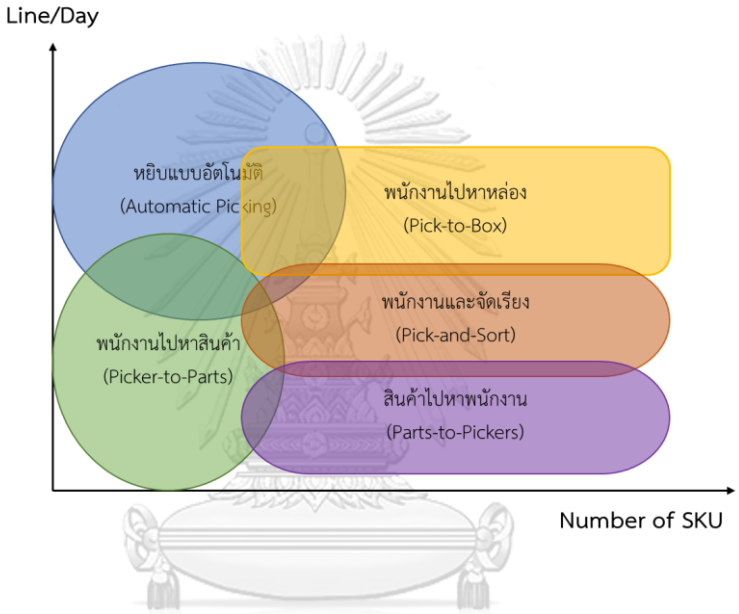
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3.5. การหยิบอัตโนมัติ (Automated Picking)

การหยิบอัตโนมัติ เป็นการใช้อุปกรณ์จัดเก็บและขนถ่ายวัสดุทำหน้าที่เคลื่อนย้ายและหยิบสินค้าที่กำหนดโดยไม่ต้องการความช่วยเหลือจากมนุษย์ในกระบวนการหยิบ เช่น ระบบ A-Frame ที่เป็นระบบส่งสินค้าลงบนสายพานเพื่อทำการบรรจุลงกล่องที่ปลายสายพาน โดยระบบดังกล่าวเหมาะกับ

การหยิบสินค้าขนาดเล็กที่มีมูลค่าสูง มีลักษณะทางกายภาพที่เข็งแรง ไม่เสียหายหากถูกสินค้าหนักกดทับ

การประยุกต์ใช้ระบบการหยิบสินค้า นอกเหนือจากมูลค่าและลักษณะทางกายภาพของสินค้าและความเร็วในการตอบสนอง ระบบการหยิบสินค้าในคลังสินค้ามีแนวโน้มขึ้นอยู่กับจำนวน SKU และปริมาณทรูพุตต่อวัน ซึ่งสามารถแสดงเป็นหลักการทั่วๆไป (Rule of Thumb) ตามรูปที่ 2-7



รูปที่ 2-7 แสดงแนวทางการพิจารณาระบบการหยิบสินค้า [6]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4. ระบบพุทพูไลท์

ระบบพุทพูไลท์เป็นเป็นระบบการจัดเรียงกึ่งอัตโนมัติ (Digital Assort System) ที่ถูกพัฒนาจากระบบการหยิบสินค้าพิกพูไลท์ (Pick-to-light) โดยในระบบพิกพูไลท์พนักงานจะเดินจากชั้นวางสินค้าหนึ่งไปยังอีกชั้นวางหนึ่งเพื่อทำการหยิบสินค้าตามจำนวนคำสั่งซื้อลงตะกร้าสินค้าตามสัญญาณไฟที่ปรากฏในแต่ละชั้นวางและกดปุ่มยืนยันการวางสินค้า ซึ่งตรงกับข้ามกับระบบพุทพูไลท์ที่พนักงานจะเดินจากชั้นวางสินค้าหนึ่งไปยังอีกชั้นวางหนึ่งเพื่อทำการวางสินค้าตามจำนวนคำสั่งซื้อลงในตะกร้าที่อยู่บนชั้นวางที่มีสัญญาณไฟปรากฏและกดปุ่มยืนยันแทน

การทำงานของระบบพุททูไลท์ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักอยู่ 2 ส่วน ตามรูปที่ 2-8

ก) อุปกรณ์ไฟฟ้า

ข) คอมพิวเตอร์

รูปที่ 2-8 ตัวอย่างของอุปกรณ์ในระบบพุททูไลท์

- อุปกรณ์ไฟฟ้า (Light Device) เป็นอุปกรณ์หลักประกอบไปด้วย หน้าจอ LED แสดงตัวเลขของจำนวนสินค้าที่ต้องทำการหยิบโดยแสงและลักษณะไฟที่กำหนดยังแสดงถึงสภาวะของระบบ ปุ่มกดสำหรับเพื่อใช้ยืนยันการหยิบ และปุ่มกดสำหรับกำหนดตำแหน่งตะกร้าสินค้า
- คอมพิวเตอร์ (Computer) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมสถานีงาน และแสดงปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบ ซึ่งข้อมูลในคอมพิวเตอร์ของระบบพุททูไลท์จะเชื่อมต่อกับระบบ WMS ในการจัดการสินค้าที่จะเข้าออกจากสถานี โดยพนักงานสามารถใช้เป็นหน้าจอระบุจำนวนสินค้าในแต่ละภาชนะหากอุปกรณ์ไฟฟ้าบกพร่อง

นอกเหนือจากอุปกรณ์หลักทั้ง 2 ส่วนแล้ว ระบบพุททูไลท์ยังสามารถประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น ชั้นวางตะกร้าสินค้าสำหรับลดระยะการเดินของพนักงานและลดพื้นที่ในแนวราบ รวมถึงอุปกรณ์ขนย้ายสินค้าทั้งขาเข้าและขาออกจากสถานีงาน เช่น สายพานลำเลียงสินค้าซึ่งอาจจะเชื่อมต่อกับ AS/RS เป็นต้น

Chulalongkorn University

การดำเนินงานที่จะทำให้ประสบความสำเร็จในการใช้งานระบบพุททูไลท์ มีข้อกำหนดเบื้องต้น 2 ข้อ [11] ดังนี้

- สินค้าที่กระจายผ่านระบบพุททูไลท์แต่ละชิ้นต้องไม่มีขนาดใหญ่และไม่หนักเกินไป โดยจะต้องมีขนาดและน้ำหนักไม่เกินตะกร้าขนย้ายสินค้า รวมถึงไม่เกินความสามารถของพนักงาน เพื่อให้พนักงานสามารถจัดการได้อย่างปลอดภัยและสะดวกต่อการทำงาน
- ระบบพุททูไลท์จะมีประสิทธิภาพเมื่อมีคำสั่งซื้อสินค้าชนิดเดียวกันหลายรายการ ไม่เหมาะกับสินค้าที่มีการเคลื่อนไหวช้าและสินค้าที่มีขนาดใหญ่มาก

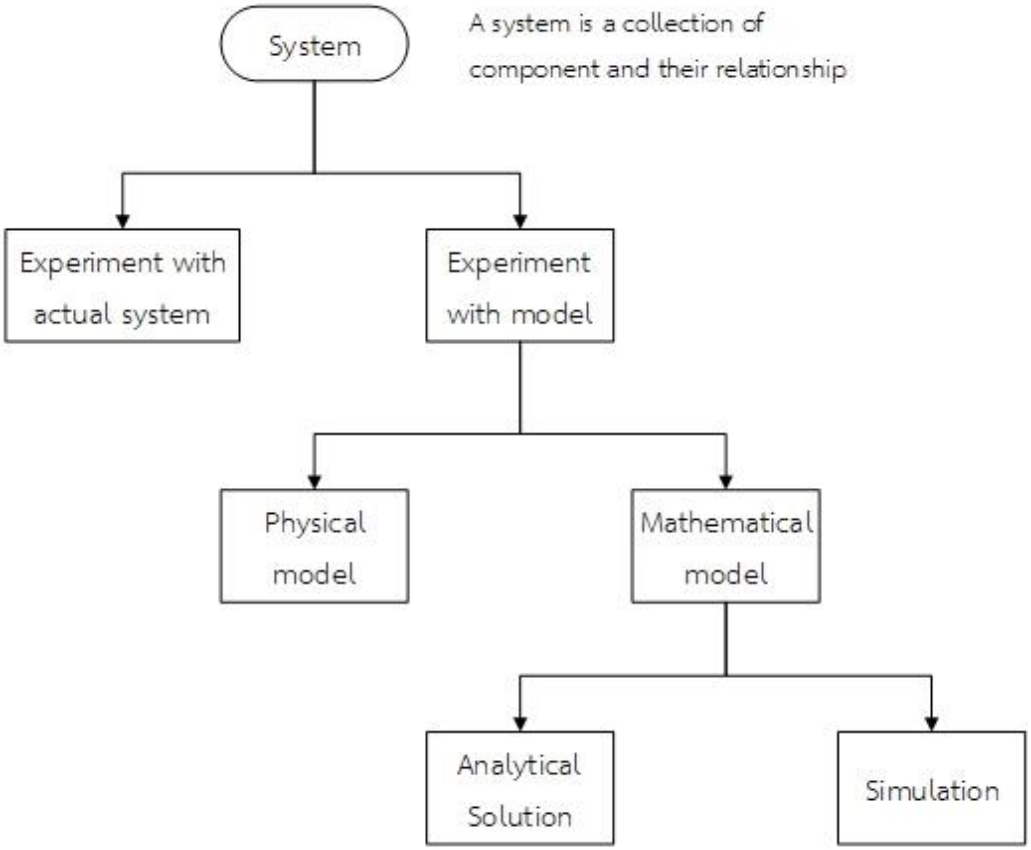
จากข้อกำหนดเบื้องต้นทั้ง 2 ข้อ ตัวอย่างที่พบการใช้งานระบบพุททูไลท์ ได้แก่ ศูนย์กระจายสินค้าสำหรับค้าปลีกสินค้าประเภทอิฐและปูน อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม รวมถึงการอุตสาหกรรมที่มีผลิตภัณฑ์ขนาดเล็กและน้ำหนักเบาใด ๆ เช่น เครื่องสำอาง และยา เป็นต้น

ประโยชน์ของระบบพุททูไลท์ ระบบพุททูไลท์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกระจายสินค้าขนาดเล็ก และเนื่องระบบพุททูไลท์เป็นระบบกึ่งอัตโนมัติทำให้มีความยืดหยุ่นในการทำงาน สามารถแก้ไขหรือดัดแปลงวิธีการใช้งานได้ในระยะสั้น เช่น การขยายตำแหน่งตะกร้าที่จะนำสินค้าไปวางในช่วงเวลาที่มียอดคำสั่งซื้อสูง เป็นต้น อีกทั้งการลงทุนที่น้อยกว่าระบบอัตโนมัติซึ่งขึ้นกับฮาร์ดแวร์ทำให้มีราคาที่สูงกว่าและติดตั้งแบบตายตัว ดังนั้นระบบพุททูไลท์ยังคงเป็นระบบภายในคลังสินค้าที่สำคัญในอนาคต [12]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5. แบบจำลองสถานการณ์

แบบจำลองสถานการณ์เป็นหนึ่งในวิธีการศึกษาหรือวิเคราะห์ระบบที่สนใจ [13] ตามรูปที่ 2-9



รูปที่ 2-9 ขั้นตอนสำหรับการเลือกวิธีการศึกษาระบบ [13]

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์เป็นการจำลองระบบหรือกิจกรรมต่าง ๆ จากสถานการณ์จริง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาประยุกต์เพื่อทำการศึกษาและใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจ ซึ่งการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการลงทุนทำการทดลองจริง รวมถึงช่วยลดผลเสียจากการปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานในปัจจุบัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.5.1. ประเภทของแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Classification)

แบบจำลองสถานการณ์สามารถแยกตามลักษณะได้ 3 ลักษณะ [13] ดังนี้

2.5.1.1. จำแนกตามความนิ่งของข้อมูล

- แบบจำลองข้อมูลที่มีลักษณะนิ่ง (Static Model) เป็นแบบจำลองที่เหตุการณ์ในระบบการทำงานเกิดคงที่กับเวลาเสมอ
- แบบจำลองข้อมูลที่มีลักษณะเคลื่อนไหว (Dynamic Model) เป็นแบบจำลองที่การเปลี่ยนแปลงของเวลามีผลกระทบต่อเหตุการณ์ในระบบ

2.5.1.2. จำแนกตามความต่อเนื่อง

- แบบจำลองไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Model) เป็นแบบจำลองที่เหตุการณ์ของระบบสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ณ จุดหนึ่งจุดใดของเวลา โดยจะไม่ต่อเนื่องตามเวลา
- แบบจำลองต่อเนื่อง (Continuous Model) เป็นแบบจำลองที่เหตุการณ์ของระบบจะเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องตามเวลา

2.5.1.3. จำแนกตามความแน่นอน

- แบบจำลองเชิงกำหนด (Deterministic Model) เป็นแบบจำลองที่เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะเกิดขึ้นภายใต้กฎเกณฑ์และเวลาที่แน่นอน
- แบบจำลองเชิงสถิติ (Stochastic Model) เป็นแบบจำลองที่เหตุการณ์ที่ใช้ความน่าจะเป็นข้อมูลสำหรับการพิจารณา โดยเวลาจะมีผลกระทบมาจากความน่าจะเป็นหรือความแปรปรวนจากการมาของเวลาที่ไม่คงที่

2.5.2. การประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์

การประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์มีขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมด 11 ขั้นตอน [14] ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. ระบุปัญหา (Identify Problem) ทำการระบุปัญหาและข้อกำหนดของระบบที่ต้องการศึกษา
2. กำหนดปัญหา (Formulate Problem) ทำการเลือกขอบเขตของระบบ กำหนดปัญหา กำหนดวัตถุประสงค์โดยรวมของการศึกษาและประเด็นที่ต้องการจะแก้ไข กำหนดวิธีการวัดผล กำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา และระบุผู้ใช้งานหลังจากการทำแบบจำลอง
3. รวบรวมและจัดการข้อมูลระบบจริง (Collect and Process) ทำการรวบรวมข้อมูล ตัวแปรขาเข้า (Input Variables) ตลอดจนการทำงานของระบบที่มีอยู่ ทำการเลือกการกระจาย (Distribution) ที่เหมาะสม สำหรับตัวแปรขาเข้าแต่ละตัวสำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง
4. กำหนดและพัฒนาแบบจำลอง (Formulate and Develop Model) สร้างแผนผังแบบจำลองการทำงานของระบบ
5. ตรวจสอบแบบจำลอง (Validate Model) ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองกับระบบจริง โดยทำการทดสอบทางสถิติ
6. จัดทำข้อมูลโมเดลในเอกสารสำหรับใช้งานในอนาคต (Document Model) จัดทำเอกสารวัตถุประสงค์ สมมติฐาน และตัวแปรขาเข้าโดยละเอียด และตัวแปรของแบบจำลอง
7. เลือกการออกแบบการทดลองที่เหมาะสม (Experimental Design) ทำการเลือกวิธีการวัดประสิทธิภาพ เลือกตัวแปรขาเข้าที่มีแนวโน้มว่ามีผลต่อระบบและระบบของตัวแปรขาเข้าแต่ละตัว
8. กำหนดเงื่อนไขการทดสอบสำหรับการประมวลผล (Establish Experimental Conditions) ทำการกำหนดระบบว่าเป็นระบบแบบคงที่ (Stationary) หรือไม่คงที่ (Non-Stationary)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

9. ดำเนินการจำลองการทำงาน (Perform Simulation Runs) จำลองการทำงานของระบบ
10. ตีความและนำเสนอผลลัพธ์ (Interpret and Present Results) ทำการคำนวณผล สร้างกราฟอธิบายผลของข้อมูล และทำเอกสารสรุปผล
11. แนะนำการดำเนินการเพิ่มเติม (Recommend Further Action) ทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความแม่นยำ

2.6. การยศาสตร์

การยศาสตร์ (Ergonomics) หรือ ปัจจัยมนุษย์ (Human factors) เป็นศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับปัจจัยอื่น ๆ ของระบบ และเป็นวิชาชีพที่มีการประยุกต์ใช้ทฤษฎี หลักการ ข้อมูลและวิธีการในการออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานที่ดีของมนุษย์ และเพิ่มสมรรถภาพโดยรวมของระบบ [15]

2.6.1. ศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการยศาสตร์

การยศาสตร์เป็นการประยุกต์นำเอาองค์ความรู้หรือศาสตร์แขนงต่าง ๆ มาผสมเข้าด้วยกัน โดยมีเป้าหมายเพื่อการลดความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ เพิ่มผลผลิต เพิ่มความปลอดภัย และเพิ่มความสะดวกสบาย ซึ่งการยศาสตร์ประกอบไปด้วยศาสตร์ความรู้ดังต่อไปนี้ [16]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- สรีรวิทยา (Physiology) เป็นศาสตร์ที่ใช้อธิบายผลกระทบของร่างกายที่ได้รับจากการทำงาน
- จิตวิทยา (Psychology) เป็นศาสตร์ที่ใช้อธิบายขั้นตอนการตัดสินใจ พฤติกรรม และทักษะของมนุษย์

- วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) เป็นศาสตร์ที่ช่วยกำหนดแนวคิดการออกแบบ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้
- กายวิภาคศาสตร์ (Anatomy) เป็นศาสตร์ที่ใช้อธิบายโครงสร้างของร่างกาย และความสัมพันธ์ของอวัยวะในการทำงานส่วนต่าง ๆ
- มานุษยมิติ (Anthropometry) เป็นศาสตร์ที่ใช้อธิบายสัดส่วนและคุณลักษณะทางร่างกายขอบเขตการเคลื่อนไหวของมนุษย์
- ชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) เป็นศาสตร์ที่ใช้อธิบายการวัดแรง มุม รวมถึงน้ำหนักสำหรับการทำงานของกล้ามเนื้อในมนุษย์

2.6.2. ประเภทการยศาสตร์

การยศาสตร์สามารถแบ่งได้เป็น 3 ด้าน [15] ประกอบด้วย

- การยศาสตร์ทางกายภาพ (Physical ergonomics) เป็นส่วนที่มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมทางกาพภาพที่เกี่ยวข้องกับกายวิภาค ลักษณะทางสรีรวิทยา และชีวกลศาสตร์ของมนุษย์ โดยส่วนมากจะถูกนำมาใช้งานเพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์หรือการทำงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและป้องกันหรือลดการบาดเจ็บที่เกิดจากสภาพแวดล้อม เช่น ท่าทางการทำงาน การยกของ และการทำงานที่มีการเคลื่อนไหวซ้ำ ๆ เป็นต้น
- การยศาสตร์เชิงจิตภาพ (Cognitive Ergonomics) เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางด้านจิตใจ เช่น การรับรู้ (Perception) ความจำ (Memory) ความสนใจ (Attention) การให้เหตุผล (Reasoning) การเรียนรู้ (Leaning) และการตอบสนองของการเคลื่อไหวเป็นต้น (Motor Response) ซึ่งกระบวนการเหล่านี้มีผลต่อปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับการทำงานของระบบ เช่น ภาระด้านจิตใจ กระบวนการตัดสินใจ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กับคอมพิวเตอร์ ความน่าเชื่อถือของมนุษย์ และความเครียดจากการทำงานและการฝึกอบรม เป็นต้น

- การยศาสตร์ในองค์กร (Organizational ergonomics) เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการปรับระบบทางสังคม และเทคนิคให้เหมาะสม ซึ่งในส่วนนี้รวมถึงโครงสร้างองค์กร นโยบาย และกระบวนการทำงาน ซึ่งตัวอย่างการยศาสตร์ในองค์กร ได้แก่ การสื่อสาร การบริหารจัดการทรัพยากรด้านบุคคล การออกแบบการทำงาน การทำงานเป็นทีม เป้นต้น

2.7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบพุททูไลท์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบพุททูไลท์ในปี 2000 โดย Hillegom [17] กล่าวว่าระบบพุททูไลท์เป็นการหยิบแบบสินค้าไปหาพนักงาน และต่อมาในปี 2003 โดย Feare [18] ได้กล่าวว่าระบบพุททูไลท์เป็นการใช้เทคโนโลยีใหม่ในรูปแบบเดียวกับระบบพิกทูไลท์ บางครั้งจึงเรียกระบบพุททูไลท์ว่าการย้อนกลับของระบบพิกทูไลท์ งานดังกล่าวได้บอกเหตุผลในการใช้งานระบบพุททูไลท์และระบบพิกทูไลท์ มาจากความเร็วในการจัดการคำสั่งซื้อ ความแม่นยำในการหยิบหรือวางสินค้าที่สูง การประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีการจัดเก็บ และความง่ายในการฝึกอบรมการใช้งาน

การทำงานของระบบพุททูไลท์ในปี 1997 โดย Witt [19] ได้กล่าวถึงกระบวนการทำงานโดยเริ่มจากพนักงานคลังสินค้าที่มีเครื่องสแกนเนอร์ทำการสแกนคำสั่ง จากนั้นระบบ WMS แสดงสัญญาณไฟที่จอแสดงผลดิจิตอลเพื่อแสดงตำแหน่งและปริมาณของสินค้าที่จะวาง เมื่อพนักงานวางสินค้าครบปริมาณที่ต้องการจะทำการยืนยันการวางสินค้าโดยกดปุ่มบนจอแสดงผล

Chulalongkorn University

การพัฒนาของการทำงานระบบพุททูไลท์ในปี 2001 โดย Langnau [20] ได้ระบุหน้าจอแสดงผลของระบบพุททูไลท์จะประกอบไปด้วย ปุ่มยืนยันการทำงาน ลูกศรขึ้นลงเพื่อนับจำนวนสินค้าที่ยังไม่ครบ และในปี 2007 โดย Bodenburg [21] ได้เพิ่มความยืดหยุ่นในการเดินสายระบบเมื่อติดตั้ง

การอธิบายการตั้งค่าและระบุขอบเขตการใช้งานระบบพุททูไลท์ รวมถึงระบุข้อดีและข้อเสียของระบบมีการอธิบายผ่านหนังสือเรียนในปี 2006 โดย Hompel [22] , ปี 2012 โดย Gudehus [23] และปี 2017 โดย Richards [24]

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบพุททูไลท์โดยตรงในปัจจุบันยังมีค่อนข้างน้อย งานวิจัยที่พบได้ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับระบบพิกทูไลท์ โดยหลาย ๆ งานวิจัยต้องการจะเน้นการอภิปรายถึงข้อดีและข้อเสียของระบบเพื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีอื่น ๆ สำหรับใช้ในการตัดสินใจในการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม ดังเช่นในงานวิจัยในปี 2015 โดย Battini [25] และงานวิจัยในปี 2016 โดย De Vries [26] ที่เปรียบเทียบระบบการหยิบหลายประเภทโดยจะเทียบเวลาที่ใช้และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

งานวิจัยที่มุ่งเน้นเกี่ยวกับปัญหาการจัดการของระบบพุททูไลท์ มีงานวิจัยในปี 2017 โดย Füßler [11] ที่ศึกษาเกี่ยวกับการหยิบสินค้าด้วยระบบพุททูไลท์ที่มีพื้นที่ตำแหน่งตะกร้าสำหรับวางสินค้าไม่เพียงพอ ดังนั้นต้องทำการจัดแบ่งตะกร้าออกเป็นกลุ่มสำหรับวางตะกร้าสินค้าพร้อมกับจัดลำดับสินค้าที่เข้ามาเพื่อลดจำนวนการเดินของพนักงาน งานวิจัยในปี 2019 โดย Boysen [27] พัฒนาด้วยการวางตะกร้าสินค้าในรูปแบบชั้นวางติดผนังหลาย ๆ ชั้น เพื่อลดเวลาว่างงานของพนักงาน และงานวิจัยในปี 2020 โดย Boysen [12] ศึกษาการกำหนดนโยบายเพื่อเปรียบเทียบการทำงานภายในระบบพุททูไลท์ที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ เพื่อลดระยะทางการเดินของพนักงาน โดยงานวิจัยของทั้ง 3 ฉบับ ศึกษาโดยกระบวนการทำ Optimization นอกเหนือจากงานวิจัยที่ใช้กระบวนการ Optimization แล้ว ยังมีงานวิจัยในปี 2020 โดย Hong [28] ที่ใช้วิธีการสร้างแบบจำลองการทำงานภายในระบบพุททูไลท์ที่มีพนักงาน 2 คน เพื่อเปรียบเทียบมีการทำงาน 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปแบบ ได้แก่ การทำงานแยกคนละเส้นทางกับทำงานร่วมกัน โดยวัดผลจากเวลาที่พนักงานใช้และเวลาการไหลของระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.7.2. ตารางแสดงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 2-3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้แต่ง	ชื่องานวิจัย	ปี	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง			Performance Indicator	Final Implement		
			Put-to-light	Pick-to-light	Other		Simulation	Optimization	Real
Feare, T. [18]	Picking lights up	2003	x	x		- Productivity			x
Patzke, R.L. [29]	Key attributes used to compare pick-to-light and put-to-light technologies	2008	x	x		- Actual experiences			x
Poudel, D.B. [30]	Coordinating hundreds of cooperative, autonomous robots in a warehouse	2013	x	x	x	- Productivity - Labor cost		x	
Battini, D., et al. [25]	A comparative analysis of different paperless picking systems	2015		x	x	- Hourly cost	x		
De Vries, J., et al. [26]	Exploring the role of picker personality in predicting picking performance with pick by voice, pick to light and RF-terminal picking	2016		x	x	- Actual experiences			x

ผู้แต่ง	ชื่องานวิจัย	ปี	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง			Performance Indicator	Final Implement		
			Put-to-light	Pick-to-light	Other		Simulation	Optimization	Real
Karthik, A.K., et al. [31]	NFC aided sortation system for e-commerce warehouses	2017	x		x	- Cost - Sort quality		x	
Füßler, D. and N. Boysen [11]	Efficient order processing in an inverse order picking system	2017	x			- The number of picker tours		x	
Boysen, N., et al. [27]	Manual order consolidation with put walls: the batched order bin sequencing problem	2019	x			- Idle times of packer		x	
Boysen, N., et al. [12]	See the light: Optimization of put-to-light order picking systems	2020	x			- Walking distances of picker		x	
Hong, S. [28]	Performance evaluation of two-worker operations in a worker-to-cell order assorting system	2020	x			- Worker process time	x		

บทที่ 3

บริษัทกรณีศึกษาและการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลบริษัทกรณีศึกษาและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยจะประกอบด้วยหัวข้อหลักดังต่อไปนี้ ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา, ข้อมูลศูนย์กระจายสินค้าบริษัทกรณีศึกษา, ข้อมูลคลังสินค้า DC6, ระบบพุททูไลท์ภายในคลังสินค้า DC6 และแนวคิดการออกแบบแบบจำลองสถานการณ์การหยิบสินค้า

3.1. ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัทกรณีศึกษาก่อตั้งขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประกอบธุรกิจค้าปลีกเป็นหลัก โดยเป็นผู้จำหน่ายสินค้า และให้บริการที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง ต่อเติม ตกแต่ง ซ่อมแซม ปรับปรุง อาคารบ้าน และที่อยู่อาศัยแบบครบวงจร (One Stop Shopping Home Center)

การดำเนินธุรกิจค้าปลีกวัสดุตกแต่งบ้านของบริษัทบริษัทกรณีศึกษา สามารถแบ่งสินค้าได้ตามประเภทของผู้ผลิตออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ผู้ผลิตในประเทศ คิดเป็น 92% ของรายการสินค้า
- ผู้ผลิตต่างประเทศ คิดเป็น 8% ของรายการสินค้า

สินค้าส่วนใหญ่ต้องการการถ่ายทอดวิธีการและขั้นตอนการใช้งานแก่ลูกค้า บริษัทกรณีศึกษาจึงมีบริการในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เริ่มตั้งแต่การให้คำปรึกษาและข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจ สำหรับให้ลูกค้าสามารถเลือกซื้อสินค้าได้ตรงกับวัตถุประสงค์การใช้ให้งานมากที่สุด อีกทั้งบริษัทกรณีศึกษายังมีการให้บริการที่ครอบคลุมงานออกแบบห้องด้วยระบบคอมพิวเตอร์ 3 มิติ (3D Design) และงานบริการดังต่อไปนี้

- งานติดตั้ง ย้ายจุด แก้ปัญหา (Installation Service)
- งานตรวจเช็ค ทำความสะอาด บำรุงรักษาเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ (Maintenance Service)
- งานปรับปรุง เปลี่ยนแปลงห้องน้ำ ห้องครัว ห้องนั่งเล่น (Home Improvement Service)
- งานบริการล้าง ทำความสะอาด และฆ่าเชื้อโรค (Cleaning Service)
- งานปรับปรุงบ้าน ปรับปรุงพื้นที่ใช้สอยภายในบ้าน (Home Makeover)

นอกเหนือจากธุรกิจค้าปลีก บริษัทกรณีศึกษายังมีการประกอบธุรกิจให้บริการพื้นที่เช่า โดยการจัดสรรพื้นที่ในบางสาขาเพื่อให้บริการแก่ร้านค้าเช่า และมีการพัฒนารูปแบบสาขาบางส่วนให้อยู่ในลักษณะของศูนย์การค้าเต็มรูปแบบ

จากจำนวนและปริมาณสินค้าจากในประเทศและต่างประเทศ รวมถึงความต้องการสำหรับการลดต้นทุนในการกระจายสินค้าด้วยการรวมเที่ยวสินค้า (Consolidation) ทำให้บริษัทกรณีศึกษาจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้า ซึ่งจะถูกกล่าวถึงในส่วนถัดไป

3.2. ข้อมูลศูนย์กระจายสินค้าบริษัทกรณีศึกษา

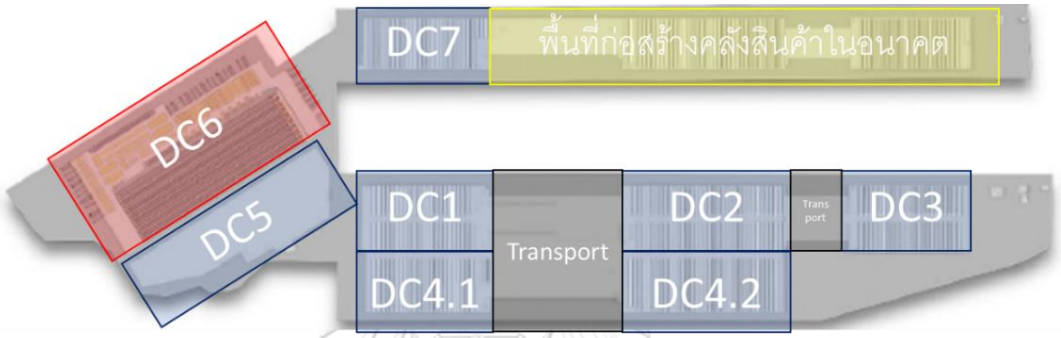
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.1. ภาพรวมภายในศูนย์กระจายสินค้า

ศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาตั้งอยู่ในพื้นที่อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งเป็นตำแหน่งที่สามารถเชื่อมต่อไปในพื้นที่ภาคส่วนอื่นในประเทศไทยผ่านการขนส่งทางภาคพื้นดินได้ผ่านถนนทางหลวงของประเทศไทย ได้แก่ ถนนพหลโยธินที่สามารถเชื่อมต่อกับกรุงเทพมหานครในฝั่งถนนขาเข้าและภาคตะวันออกเฉียงเหนือในฝั่งถนนขาออก ถนนหรือทางหลวงสายเอเชียที่เชื่อมต่อกับทางภาคเหนือ และถนนกาญจนาภิเษกหรือถนนวงแหวนรอบนอกที่สามารถเชื่อมต่อไปยังภาคตะวันออกและภาคตะวันตกรวมถึงเชื่อมกับถนนเพชรเกษมเพื่อเข้าสู่ภาคใต้ จากจุดตั้งศูนย์กระจาย

สินค้าในตำแหน่งดังกล่าวทำให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการสินค้าของสาขาต่าง ๆ และลูกค้าในหลากหลายจังหวัดได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ลดความเสี่ยงจากการสินค้าไม่เพียงกับความต้องการในแต่ละสาขาที่อาจทำให้เกิดการสูญเสียรายได้เกิดขึ้น

ศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาในปัจจุบันสามารถแบ่งพื้นที่การจัดเก็บได้แยกเป็นคลังสินค้าทั้งหมด 7 คลังสินค้า ตามรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 แผนผังพื้นที่ศูนย์กระจายสินค้าแยกตามคลังสินค้าบริษัทกรณีศึกษา

จากรูปที่ 3-1 ศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทกรณีศึกษามีพื้นที่การจัดเก็บภายในคลังสินค้าทั้งหมด 163,626 ตารางเมตร ภายในแต่ละคลังสินค้าจะจัดเก็บสินค้าตามประเภทที่แตกต่างกันออกไป โดยมีรายละเอียดและพื้นที่จัดเก็บดังนี้

- คลังสินค้า DC1 ใช้เก็บสินค้ากลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้า และสิ้นค้าชิ้นใหญ่ มีพื้นที่จัดเก็บ 19,260 ตารางเมตร
- คลังสินค้า DC2 ใช้เก็บสินค้าที่ได้รับจากผู้ผลิตสินค้าในประเทศ เช่น เฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น มีพื้นที่จัดเก็บ 25,380 ตารางเมตร
- คลังสินค้า DC3 ใช้เก็บสินค้าที่เป็นกระเบื้องมีพื้นที่จัดเก็บ 20,070 ตารางเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- คลังสินค้า DC4.1 ใช้เก็บสินค้ากลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้า สินค้าที่มีมูลค่าสูง และสินค้าที่รอส่งคืนผู้ขาย (Vendor) มีพื้นที่จัดเก็บ 23,488 ตารางเมตร
- คลังสินค้า DC4.2 ใช้เก็บสินค้ากลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้า สินค้าที่เป็นกระเบื้อง และสุขภัณฑ์ มีพื้นที่จัดเก็บ 26,934 ตารางเมตร
- คลังสินค้า DC5 ใช้เก็บสินค้ากลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้า และสินค้าสำหรับกิจกรรม eCommerce มีพื้นที่จัดเก็บ 21,560 ตารางเมตร
- คลังสินค้า DC6 ใช้เก็บสินค้าที่ไม่ใช่กระเบื้อง มีพื้นที่จัดเก็บ 26,934 ตารางเมตร
- คลังสินค้า DC7 เป็นคลังสินค้าสำหรับให้เช่า

การกำหนดประเภทสินค้าและจุดสั่งของแต่ละสาขาเป็นหน้าที่ของหน่วยงานจัดซื้อ (Inventory Management, IM) โดยในปี 2561 พบว่าระยะเวลาการหมุนเวียนสินค้าคงคลัง (Inventory Turnover Period) ของของศูนย์กระจายสินค้าอยู่ที่ 21 วัน และศูนย์กระจายสินค้ามีการใช้พื้นที่ (Space Utilization) อยู่ประมาณ 80%

บริษัทกรณีศึกษามีการขยายศูนย์กระจายสินค้า นอกเหนือจากการลดค่าระยะเวลาการหมุนเวียนสินค้าคงคลัง การขยายศูนย์กระจายสินค้าทำให้มีพื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าเพิ่มมากขึ้น เพื่อรองรับการเติบโตของบริษัทในอนาคต ดังนั้นศูนย์กระจายสินค้าจึงได้จัดตั้งคลังสินค้า DC6 ขึ้นเพิ่มเติมเพื่อใช้จัดเก็บสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาในปี 2562 โดยการจัดตั้งคลังสินค้า DC6 มีการนำระบบขนถ่ายอัตโนมัติมาใช้ดำเนินงาน เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาด้านแรงงาน เนื่องด้วยอัตราค่าแรงที่เพิ่มขึ้นและการแข่งขันด้านแรงงานที่เกิดขึ้นในพื้นที่อำเภอวังน้อย ซึ่งถือว่าเป็นปัญหาสำคัญอีกประการหนึ่ง

Chulalongkorn University

นอกเหนือจากการแก้ไขปัญหาด้านต่าง ๆ เนื่องจากกิจกรรมการหยิบสินค้าที่จะนำระบบพุททูไลท์ ซึ่งเป็นเป้าหมายของวิทยานิพนธ์อยู่ภายในคลังสินค้า DC6 ดังนั้นในหัวข้อถัดไปจะกล่าวถึงคลังสินค้า DC6

3.2.2. ตารางการทำงานภายในศูนย์กระจายสินค้า

การทำงานภายในคลังสินค้า DC6 มีการดำเนินงานตลอดทั้ง 24 ชั่วโมง จึงมีการจัดการรอบเวลาการทำงานของพนักงาน รวมถึงแบ่งรอบการจัดการสินค้า เพื่อให้ทำการจัดส่งสินค้าได้ทันตามเวลาที่กำหนด

3.2.2.1. การแบ่งรอบเวลาการทำงานของพนักงาน

การแบ่งรอบเวลาการทำงานของพนักงานภายในคลังสินค้า DC6 ได้แบ่งการทำงานออกเป็น 3 กะ ทำงานกะละ 9 ชั่วโมง โดยแต่ละกะจะทำงานเหลื่อมเวลากันเพื่อความต่อเนื่องในการทำงานและมีเวลาพักภายในเวลางาน ซึ่งเวลาการทำงานของแต่ละกะจะสามารถแยกได้ดังนี้

- กะเช้า ทำงานช่วงเวลา 06.00 – 15.00 น.
- กะบ่าย ทำงานช่วงเวลา 14.00 – 23.00 น.
- กะดึก ทำงานช่วงเวลา 22.00 – 07.00 น.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.2.2. การแบ่งรอบการจัดการสินค้า

การแบ่งรอบการจัดการสินค้าภายในคลังสินค้า DC6 จะเกิดขึ้นกับสินค้ากลุ่ม PT โดยสามารถแบ่งรอบการจัดการได้ดังนี้

- Wave 1 ทำงานช่วงเวลาของพนักงานกะเช้า
- Wave 2 ทำงานช่วงเวลาของพนักงานกะบ่าย

- Wave DS ทำงานช่วงเวลาของพนักงานกะดึก

การแบ่งรอบการจัดการสินค้า สำหรับใน Wave 1 และ Wave 2 เป็นการจัดการสินค้าที่จะต้องดำเนินการส่งให้สาขา ซึ่งมีเกณฑ์การแบ่งคือการระยะทางในการขนส่งในแต่ละสาขา ส่วนสำหรับ Wave DS คือการจัดการรอบสำหรับการส่งสินค้าให้ลูกค้าโดยตรง (Delivery Service, DS) ซึ่งการจัดการในช่วงเวลากะดึกจะทำให้ส่งสินค้าให้ลูกค้าได้ในเช้าวันถัดไป

สินค้ากลุ่ม FT ไม่มีการทำงานที่แบ่งเป็นรอบ เนื่องจากมีการทำงานกับสินค้ากลุ่มนี้ตลอดทั้ง 24 ชั่วโมง

3.3. ข้อมูลคลังสินค้า DC6

ก่อนที่จะกล่าวถึงระบบพุททูไลท์ ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักของวิทยานิพนธ์ ผู้อ่านควรจะทราบข้อมูลรายละเอียดของคลังสินค้า DC6 สามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อได้ทั้งหมด ดังนี้

- อุปกรณ์ภายในคลังสินค้า DC6
- กระบวนการไหลของสินค้าภายในคลังสินค้า DC6
- ระบบจัดการข้อมูลภายในคลังสินค้า DC6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยตัวอย่างและรายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูลจะแสดงในบทที่ 4.2 ซึ่งเป็นหัวข้อเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1. อุปกรณ์ภายในคลังสินค้า DC6

อุปกรณ์ที่ถูกติดตั้งภายในคลังสินค้า DC6 จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเก็บสินค้าและอุปกรณ์สำหรับใช้ในการขนถ่ายสินค้า ซึ่งภายในคลังสินค้า DC6 ได้มีการลงทุนระบบการจัดการ

และอุปกรณ์ภายในคลังสินค้าให้ดำเนินงานในรูปแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

3.3.1.1. อุปกรณ์จัดกลุ่มสินค้า หรือสร้างยูนิตโหลด (Unit Load Formation Equipment)

- พาเลท (Pallet) เป็นอุปกรณ์สำหรับสร้างยูนิตโหลดให้กับกลุ่มสินค้าซึ่งอาจจะเป็นชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ เพื่อให้สามารถจัดวางในพื้นที่ต้องการ หรือสามารถจัดส่งด้วยรถยกหรือรถลากพร้อมๆกัน โดยภายในคลังสินค้า DC6 ใช้พาเลทไม้ขนาด 1200 x 1000 ตารางมิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ISO 6780 กับสินค้าทั้งหมด ยกเว้นสินค้าที่มีขนาดใหญ่พิเศษ ที่จะใช้เป็นพาเลทคู่ (Double Pallet)

รูปที่ 3-2 รูปตัวอย่างพาเลทในคลังสินค้า DC6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- กล่องโทท (Tote Box) เป็นกล่องพลาสติกที่มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมทึบไม่มีฝาปิด มีการออกแบบให้ซ้อนเก็บได้ เพื่อลดปริมาตรในการขนส่งกล่องโททเปล่า โดยภายในคลังสินค้า DC6 จะใช้กล่องโททเพื่อจัดเก็บและขนย้ายสินค้าขนาดเล็ก และสินค้าขนาดกลางบางส่วน

รูปที่ 3-3 รูปตัวอย่างกล่องโททในคลังสินค้า DC6

3.3.1.2. อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ (Transportation Equipment)

- กรงลาก (Roll Cage) เป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะผสมระหว่างรถเข็นและพาเลททิดลวดที่มีขนาดใหญ่ ช่วยลดเวลาในการจัดเรียงสินค้าและลดความจำเป็นในการใช้รถลากและพาเลทในการขนส่ง สำหรับในคลังสินค้า DC6 จะใช้กรงลากกับสินค้าที่บรรจุในกล่องโททเฉพาะที่ต้องจัดส่งสาขาที่ไม่อนุญาตให้ใช้พาเลทส่งสินค้า
- รถลาก (Hand Pallet Jack/ Handlift) เป็นอุปกรณ์ขนย้ายที่ใช้ร่วมกับพาเลท สามารถใช้ยกและลากพาเลทสินค้า
- สายพานแบบลูกกลิ้ง (Roller Conveyer) เป็นสายพานที่มีแกนเป็นลูกกลิ้งแต่ละแกนจะเชื่อมต่อกับมอเตอร์โดยตรง โดยสายพานประเภทนี้จะสามารถสะสม (Accumulate) วัสดุที่เคลื่อนที่ได้ หรือปรับระยะห่างระหว่างวัสดุให้เหมาะสม ภายในคลังสินค้า DC6 ใช้สายพานแบบลูกกลิ้งในการเคลื่อนย้ายกล่องโทท
- รถ RGV (Railed Guided Vehicle: RGV) หรือพาหนะลำเลียงวัสดุอัตโนมัติแบบระบบราง (Sorting Transfer Vehicle, STV) มีลักษณะคล้ายรถสำหรับลำเลียงพาเลทเคลื่อนที่บน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

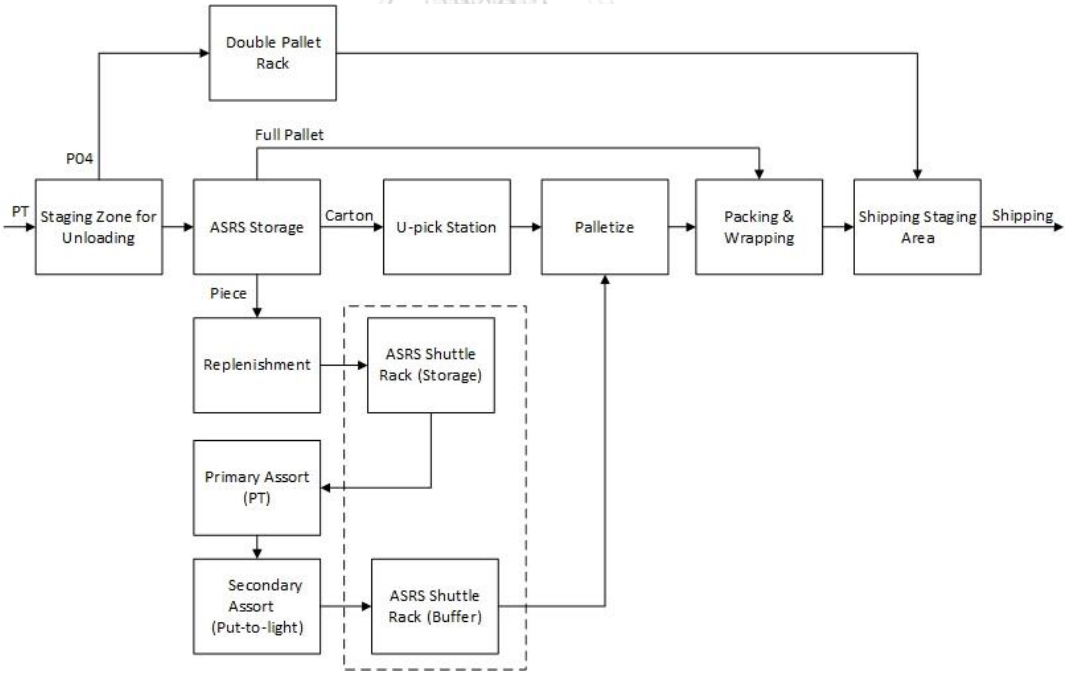
ราง สำหรับภายในคลังสินค้า DC6 ทำหน้าที่ลำเลียงสินค้าจากท่ารับสินค้าไปยังอุปกรณ์จัดเก็บ และอุปกรณ์จัดเก็บไปยังพื้นที่จัดเรียงสินค้า

- ระบบสายพานซอร์ทเตอร์ (Sortation Conveyor System) เป็นชุดของสายพานเชื่อมต่อกันสามารถรับสินค้าได้จากหลายตำแหน่งและจัดส่งไปได้หลายตำแหน่ง ทำงานกับสายพานลูกกลิ้งที่เคลื่อนย้ายกล่องโททในคลังสินค้า DC6

3.3.2. กระบวนการไหลของสินค้าภายในคลังสินค้า DC6

กระบวนการไหลของสินค้าภายในคลังสินค้า DC6 สามารถแบ่งกลุ่มใหญ่ได้เป็นตามสินค้ากลุ่ม PT และสินค้ากลุ่ม FT ดังนี้

3.3.2.1. สินค้ากลุ่ม PT



รูปที่ 3-4 การไหลของสินค้ากลุ่ม PT

สินค้ากลุ่ม PT เมื่อถูกนำออกจากรถบรรทุกของผู้ผลิตที่เข้ามาส่งสินค้าที่คลังสินค้า DC6 จะนำมาวางบริเวณ Staging Zone for Unloading เพื่อให้พนักงานจัดเรียงสินค้าบนพาเลท ตรวจสอบปริมาณและคุณภาพของสินค้า และพันฟิล์มรอบสินค้าเพื่อเตรียมนำเข้าจัดเก็บ AS/RS โดยสินค้ากลุ่ม PT ที่รับเข้าคลังสินค้า DC6 มีประมาณเฉลี่ย 5,000 SKU หรือ 4,500 พาเลทต่อวัน ซึ่งสามารถแบ่งการจัดเก็บได้ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

- สินค้ากลุ่ม P04 หลังจากจากจัดเรียงและตรวจสอบ จะถูกนำเข้าไปจัดเก็บใน P04 AS/RS เพื่อรอการหยิบและส่งสินค้าออก โดยมีรูปแบบการเบิกสินค้าจะเบิกเต็มพาเลทและการเบิกสินค้าเป็นชิ้น
- สินค้ากลุ่ม Non-FC ที่นอกเหนือจากสินค้ากลุ่ม P04 สินค้าในกลุ่มนี้หลังจากถูกจัดเรียงบนพาเลทและตรวจสอบ จะถูกนำเข้าจัดเก็บใน Storage AS/RS เพื่อรอการหยิบและส่งสินค้าออกเช่นเดียวกับกลุ่มสินค้า P04 โดยสามารถแบ่งการจัดเก็บพาเลทสินค้าได้ตามลักษณะการหยิบได้ดังนี้
    1. การเบิกสินค้าเต็มพาเลท (Full Pallet Picking) เมื่อมีคำสั่งซื้อ สินค้าจะถูกนำลงจาก Storage AS/RS ด้วยอุปกรณ์ SRM และถูกเคลื่อนย้ายด้วยรถ STV หลังจากการเบิกสินค้าจะมีการทำการยืนยันสินค้าด้วยเครื่องอ่านบาร์โค้ดแล้วใช้รถลากขนส่งไปยังจุด Packing Area เพื่อทำการพันฟิล์มและเตรียมยังไปยังบริเวณ Staging Zone for Shipping เพื่อรอการขนส่งต่อไป
    2. การเบิกสินค้าเป็นกล่อง (Case Picking) สินค้าจะถูกนำลงจาก Picking AS/RS เมื่อมีคำสั่งซื้อโดย SRM และขนย้ายต่อด้วยรถ STV เพื่อส่งมายัง U-pick station สำหรับทำการคัดแยกด้วยระบบพุททูไลท์ ก่อนที่จะขนย้ายด้วยรถลากไปยังจุด Packing

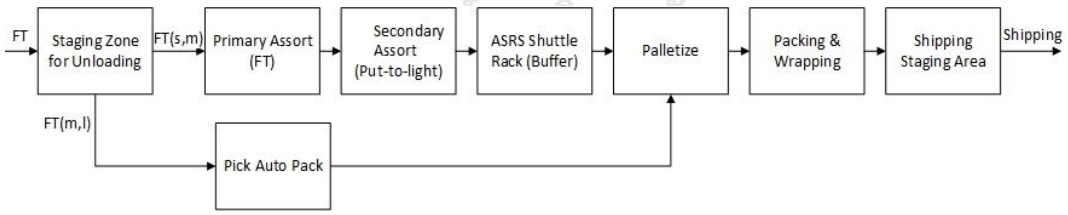
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Area และ Staging Zone for Shipping เพื่อพันฟิล์มและรอขนส่งตามลำดับ สินค้าที่เก็บใน Picking AS/RS สามารถเติมได้จาก Storage AS/RS

3. การเบิกสินค้าเป็นชิ้น (Unit Picking) เมื่อมีคำสั่งซื้อสินค้า สินค้าที่ถูกเก็บในตะกร้าจะถูกนำจาก Shuttle Rack AS/RS ด้วย SRM ผ่านสายพานเข้าสู่สถานีงาน Primary Assort ของสินค้ากลุ่ม PT เพื่อแยกสินค้าออกเป็นกลุ่ม ก่อนที่จะถูกส่งต่อไปยังสายพายร่วมกับสินค้าชิ้นเล็กของสินค้ากลุ่ม FT เพื่อส่งต่อไปยังสถานีงาน Secondary Assort สำหรับกระจายสินค้าต่อ การเติมสินค้าภายใน Shuttle Rack AS/RS สามารถทำได้จากการเบิกสินค้าเป็นกล่องจาก Picking AS/RS โดยผ่านสถานีงาน Replenishment เพื่อมาเติมในตะกร้า

สินค้ากลุ่ม PT ทั้งหมดจะมีการเบิกและหยิบสินค้าในลักษณะ Wave Picking กล่าวคือ สินค้าถูกเบิกตามคำสั่งซื้อ (Order) ของสาขา ตามกลุ่มสาขาที่กำหนด

3.3.2.2. สินค้ากลุ่ม FT



รูปที่ 3-5 การไหลของสินค้ากลุ่ม FT

สินค้ากลุ่ม FT มีการรับเข้าคลังสินค้าในบริเวณ Staging Zone for Unloading ปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 406,000 ชิ้นต่อวัน เมื่อทำการรับสินค้าจะมีการตรวจสอบคุณภาพและปริมาณของสินค้า โดยสินค้ากลุ่มจะ FT สามารถแบ่งการรับสินค้าเป็น 2 กลุ่มตามขนาด ได้แก่ สินค้าขนาดเล็กและขนาด

กลางมีปริมาณเฉลี่ย 226,000 ชิ้นต่อวัน และสินค้าขนาดกลางและขนาดใหญ่มีปริมาณเฉลี่ย 180,000 ชิ้นต่อวัน (สินค้าขนาดกลางบางส่วนที่มีขนาดเล็กจะถูกดำเนินการร่วมกับสินค้าขนาดเล็ก บางส่วนที่มีขนาดใหญ่จะถูกดำเนินการร่วมกับสินค้าที่มีขนาดใหญ่)

สินค้าขนาดเล็กและบางส่วนของสินค้าขนาดกลางในสินค้ากลุ่ม FT จะถูกรับเข้าผ่านบริเวณ Staging Zone for Unloading เพื่อให้พนักงานจัดเรียงสินค้าบนพาเลท ตรวจสอบปริมาณและคุณภาพของสินค้า ก่อนที่จะส่งไปเพื่อเตรียมคัดแยกสินค้าเป็นกลุ่มลงตะกร้าสินค้าที่สถานีงาน Primary Assort ของสินค้ากลุ่ม FT สินค้าที่ถูกคิดแยกเรียบร้อยจะถูกส่งผ่านสายพานร่วมกับสินค้ากลุ่ม PT ไปที่สถานีงาน Secondary Assort เพื่อกระจายสินค้าลงตะกร้าสาขาด้วยระบบพุททูไลท์ เมื่อสินค้าเต็มตะกร้าถูกส่งผ่านสายพานมาพักเก็บที่ Shuttle Rack AS/RS รอจนจำนวนตะกร้าครบจำนวนหรือจบรอบ Wave Picking เพื่อเรียกมาจัดเรียงบนพาเลทหรือกรงลาก สำหรับเตรียมจัดส่ง

สินค้าขนาดกลางบางส่วนและสินค้าขนาดใหญ่ เมื่อผ่านบริเวณ Staging Zone for Unloading จะถูกดำเนินการตรวจสอบและจัดเรียงบนพาเลทเหมือนสินค้าขนาดเล็ก หลังจากนั้นจะดำเนินการคัดแยกโดยดำเนินการในลักษณะ Manual Picking ด้วยวิธี Pick Auto Pack มีการเบิกจ่ายเป็นพาเลทประมาณ 4,500 พาเลทต่อวัน สินค้าที่เบิกเรียบร้อยแล้วจะถูกส่งไปยัง Staging Zone for Shipping เพื่อรอจัดส่งพร้อมกับสินค้าชนิดอื่น ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.3. ระบบจัดการข้อมูลภายในคลังสินค้า DC6

ระบบจัดการข้อมูลภายในคลังสินค้า DC6 ประกอบไปด้วยระบบ WMS, ระบบ ERP และระบบ WCS ที่ทำงานเชื่อมโยงกัน ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละระบบดังต่อไปนี้

3.3.3.1. ระบบ WMS ภายในคลังสินค้า DC6

ระบบ WMS ของบริษัทกรณีศึกษาได้ใช้โปรแกรม Warenavi Fine ที่ถูกออกแบบมาเพื่อควบคุมดูแลกระบวนการของศูนย์กระจายสินค้าตามระบบเวลาจริง โดยบริษัทกรณีศึกษาใช้ระบบดังกล่าวในการควบคุมกระบวนการทำงานทั้งหมด ได้แก่ การรับสินค้า การจัดเก็บสินค้า การเติมสินค้า การหยิบสินค้า การคัดแยกสินค้า และการจัดส่งสินค้า รวมถึงการตรวจสอบสถานะของการปฏิบัติงาน เพื่อให้สามารถตอบสนองได้ในทันทีเมื่อพบปัญหาและวิเคราะห์ผลได้ในหลายรูปแบบ อีกทั้งบริษัทกรณีศึกษายังใช้ระบบ WMS ในการเชื่อมโยงกับระบบข้อมูลอื่น ๆ สำหรับการใช้งานอีกด้วย

3.3.3.2. ระบบ ERP ภายในคลังสินค้า DC6

ระบบ ERP ของบริษัทกรณีศึกษาได้ใช้โปรแกรม SAP (System Applications & Products in Data Processing) ที่ถูกออกแบบโดยรวมรวบหลายโมดูล (Module) ไว้ภายในระบบเพื่อให้ใช้งานได้ครอบคลุมงานที่บริษัทกรณ์ศึกษาต้องการ ได้แก่ งานทางด้านการเงิน งานทางด้านการขาย งานทางด้านการกระจายสินค้าและกระบวนการทำงาน เป็นต้น รวมถึงยังสามารถเขียนข้อมูลเพื่อเพิ่มโมดูลงานให้สามารถทำงานร่วมกันกับงานอื่น ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บริษัทกรณีศึกษาได้เชื่อมต่อข้อมูลระบบ ERP กับระบบ WMS เพื่อช่วยในการจัดการดำเนินงาน เช่น การทำ Wave Picking ข้อมูลสินค้าที่ถูกหยิบในแต่ละรอบการทำงาน, การนับจำนวนสินค้าจริงและข้อมูลสินค้าในระบบ และข้อมูลสินค้าที่ถูกจัดเก็บในคลังสินค้า เป็นต้น

3.3.3.3. ระบบ WCS ภายในคลังสินค้า DC6

บริษัทกรณีศึกษาใช้ระบบ WCS เป็นระบบ AGC (AS/RS Group Controller) ซึ่งเป็นระบบแผงวงจรควบคุม (Microprocessor) โดยเจ้าหน้าที่ของบริษัทผู้ขายและติดตั้งอุปกรณ์ จะเป็นผู้ส่งข้อมูล Feedback กลับมายังระบบ WMS เมื่อสิ้นสุดการทำงานของเครื่องจักร

3.4. ระบบพุททูไลท์ภายในคลังสินค้า DC6

ระบบพุททูไลท์ของบริษัทกรณีศึกษาตามที่ได้กล่าวไปในบทที่ 1 จะมีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องหลากหลายส่วน ทั้งก่อนและหลังเข้าสู่สถานีงาน Secondary Assorted รวมถึงรายละเอียดของสถานีงาน Secondary Assorted ที่จะกล่าวถึงข้อมูลรายละเอียดของระบบพุททูไลท์เพิ่มเติมจากบทที่ 1 และประเด็นที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองสถานการณ์

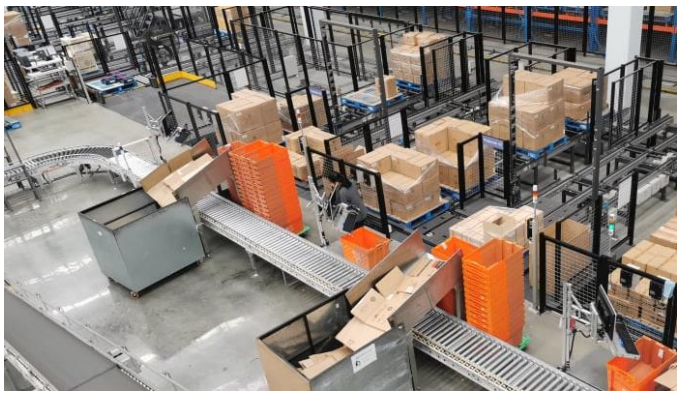
3.4.1. อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องก่อนเข้าสู่สถานีงาน Secondary Assorted

อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องก่อนเข้าสู่สถานีงาน Secondary Assorted จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนงานหลัก ได้แก่ สถานีงาน Replenishment, Shuttle Rack AS/RS และสถานีงาน Primary Assorted โดยจะมีข้อมูลรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

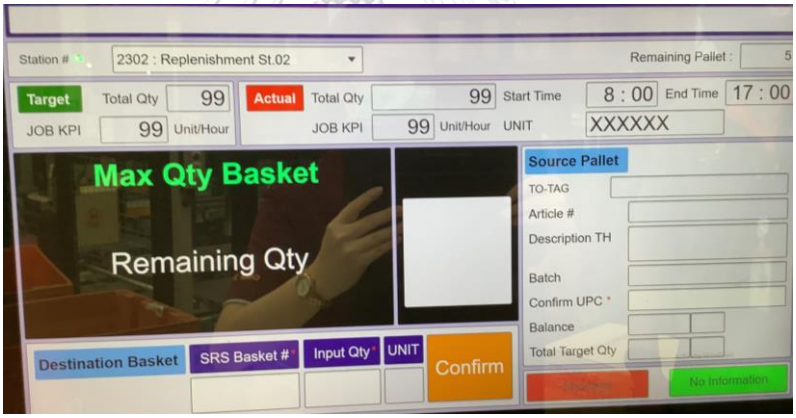
3.4.1.1. สถานีงาน Replenishment

สถานีงาน Replenishment ใช้สำหรับเติมสินค้ากลุ่ม PT ขนาดเล็กที่มีหน่วยการหยิบเป็นชิ้นเข้าสู่ Shuttle Rack AS/RS ภายในสถานีงานจะมีสถานีงานย่อยทั้งหมด 3 จุด ตามรูปที่ 3-6



รูปที่ 3-6 สถานีงาน Replenishment ภายในคลังสินค้า DC6

การเติมสินค้าจากสถานีงาน Replenishment จะทำเมื่อมีสินค้าภายในน้อยกว่าที่กำหนดของสินค้าคลังภายใน Shuttle Rack AS/RS หรือน้อยกว่าจำนวนคำสั่งซื้อ โดยพนักงานจะเติมสินค้าลงในตะกร้าสินค้าตามตัวเลขที่แสดงผลบนจอ ตามที่แสดงในรูปที่ 3-7



รูปที่ 3-7 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลภายในสถานีงาน Replenishment

3.4.1.2. Shuttle Rack AS/RS

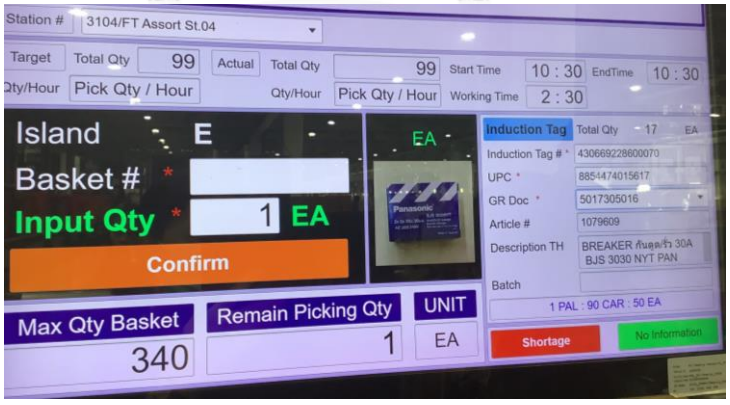
Shuttle Rack AS/RS เป็นระบบ Mini-Load AS/RS ที่ใช้งานเบา โดย Shuttle Rack AS/RS เกี่ยวข้องก่อนเข้าสู่สถานีงาน Secondary Assorted ถูกใช้เป็นที่เก็บสินค้าก่อนที่จะนำมาคัดแยกที่สถานีงาน Primary Assorted ซึ่งสินค้าภายใน Shuttle Rack AS/RS จะถูกจัดเก็บภายในตะกร้า

และมีพื้นที่จัดเก็บตะกร้ารวมทั้งหมด 7,920 ตำแหน่ง แบ่งพื้นที่จัดเก็บสินค้าคงคลัง 80% ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งจะอยู่ในโซนที่แสดงตามรูปที่ 3-8

รูปที่ 3-8 ตัวอย่าง Shuttle Rack AS/RS ที่ใช้เก็บสินค้าคงคลัง

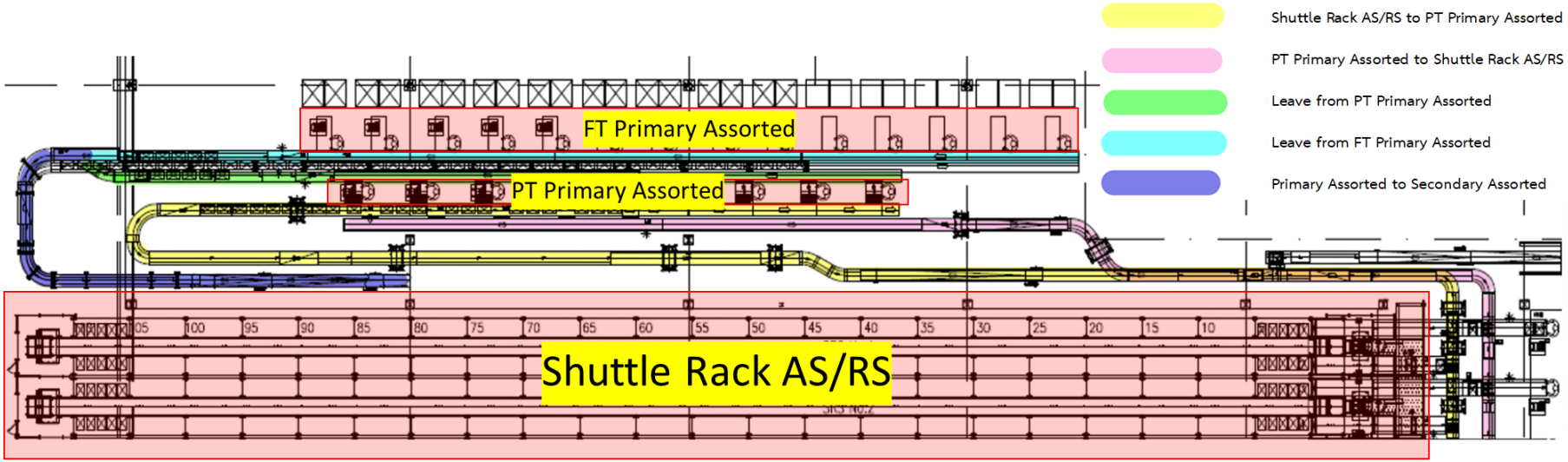
3.4.1.3. สถานีงาน Primary Assorted

สถานีงาน Primary Assorted ทำหน้าที่เตรียมสินค้าลงตะกร้าด้วยระบบ Monitor Display เพื่อแยกสินค้าเป็นกลุ่มสาขาที่อยู่ภายในแต่ละ Island ตามสถานีงาน Secondary Assorted โดยการพนักงานจะทำการใส่สินค้าลงตะกร้าตามที่ระบุบนหน้าจอ ตามรูปที่ 3-9



รูปที่ 3-9 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลภายในสถานีงาน Primary Assorted

การทำงานภายในสถานีงาน Primary Assorted จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามกลุ่มของสินค้า ตามรูปที่ 3-10



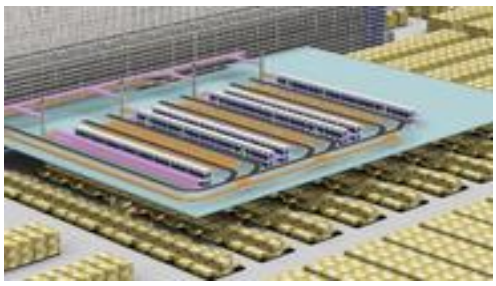
รูปที่ 3-10 แผนผังภายในสถานีงาน Primary Assorted

- ส่วนแรกสินค้ากลุ่ม PT ตะกร้าสินค้าจะถูกลำเลียงด้วยสายพานจาก Shuttle Rack AS/RS ตามเส้นสีเหลือง ในรูปที่ 3-10 จากนั้นจะถูกกระจายลงตะกร้าตามจำนวนที่กำหนดที่สถานีงาน Primary Assorted ฝั่ง PT และถูกส่งต่อมายังสายพาน ตามเส้นสีเขียว เพื่อมารวมกับสินค้ากลุ่ม FT สำหรับส่งไปที่ Secondary Assorted ตามสายพานเส้นสีน้ำเงิน ในสถานีงาน Primary Assorted ของสินค้ากลุ่ม PT ตะกร้าสินค้าที่เบิกมาหากมีสินค้าเหลือจะถูกส่งกลับไปเก็บที่ Shuttle Rack AS/RS ผ่านสายพานเส้นสีชมพู
- ส่วนของสินค้ากลุ่ม FT สินค้าที่จะนำมากระจายจะถูกจัดเตรียมอยู่บนพาเลทข้างสถานีงาน Primary Assorted ฝั่ง FT เมื่อผ่านการกระจายลงตะกร้าจะส่งต่อไปที่สายพานเส้นสีฟ้าก่อนที่จะรวมกับสินค้ากลุ่ม PT เป็นสายพานเส้นสีน้ำเงิน เพื่อเตรียมเข้าสถานีงาน Secondary Assorted

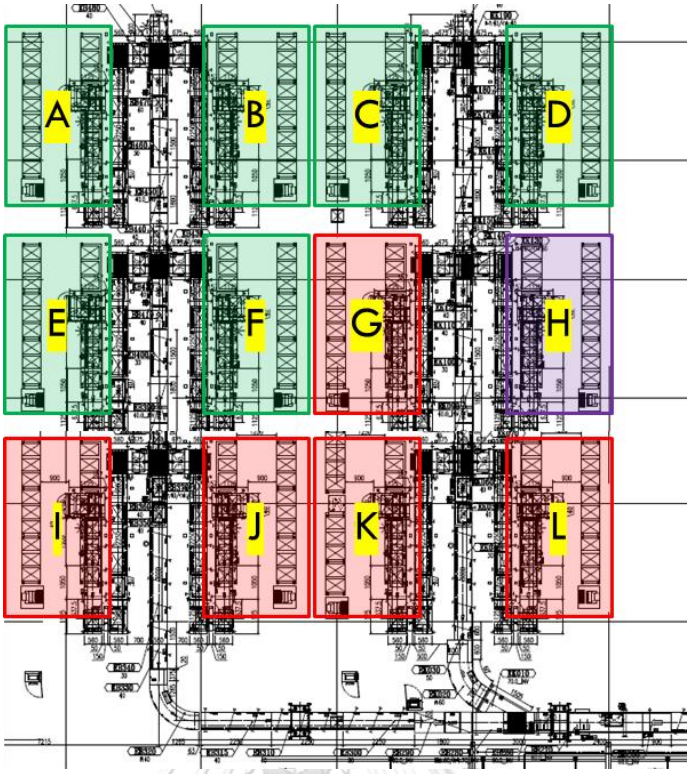
3.4.2. สถานีงาน Secondary Assorted

สถานีงาน Secondary Assorted ภายในคลังสินค้า DC6 ใช้ระบบพุททูไลท์ทำหน้าที่กระจายสินค้าที่จะส่งไปยังสาขาต่าง ๆ รวมถึงที่จะจัดส่งไปยังลูกค้า โดยสถานีงาน Secondary Assorted จะติดตั้งอยู่บนชั้นลอยเหนือตำแหน่งสถานีงาน Primary Assorted ตามรูปที่ 3-11 และรูปที่ 3-12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



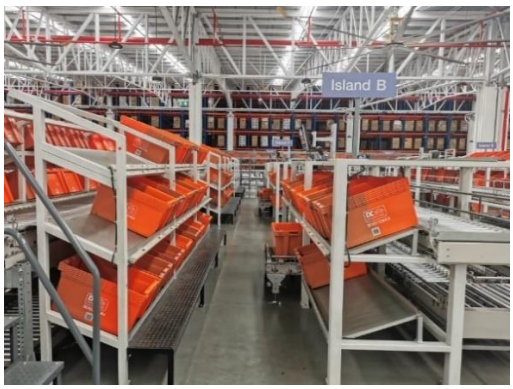
รูปที่ 3-11 ตำแหน่งสถานีงาน Secondary Assorted ภายในคลังสินค้า DC6



รูปที่ 3-12 แผนผังสถานีงาน Secondary Assorted ในปัจจุบัน

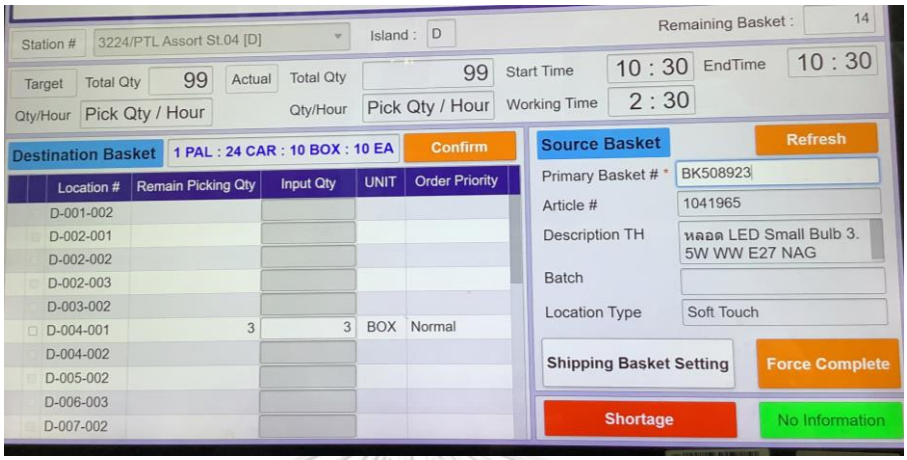
จากรูปที่ 3-12 ดังที่กล่าวไปแล้วในที่มาของปัญหาหัวข้อที่ 1.1 ว่าภายในสถานีงาน Secondary Assorted ปัจจุบันมีการใช้งานอยู่ 7 Island จาก 12 Island โดย Island H ถูกจัดไว้เฉพาะจัดส่งให้ลูกค้าโดยตรง ส่วน Island A-F สำหรับกระจายสินค้าให้สาขาเป็นหลัก จากรูปจะเห็นได้ว่าสถานีงานทั้ง 7 อยู่ช่วงผ่านของสายพาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 3-13 รูปตัวอย่างภายใน Island และตำแหน่งการจัดวางตะกร้า

จากรูปที่ 3-13 ภายในแต่ละ Island สามารถจัดวางตะกร้าได้ทั้ง 39 ตะกร้า แบ่งเป็นฝั่งที่มีคอมพิวเตอร์ควบคุม 12 ตะกร้า และฝั่งตรงข้าม 27 ตะกร้า

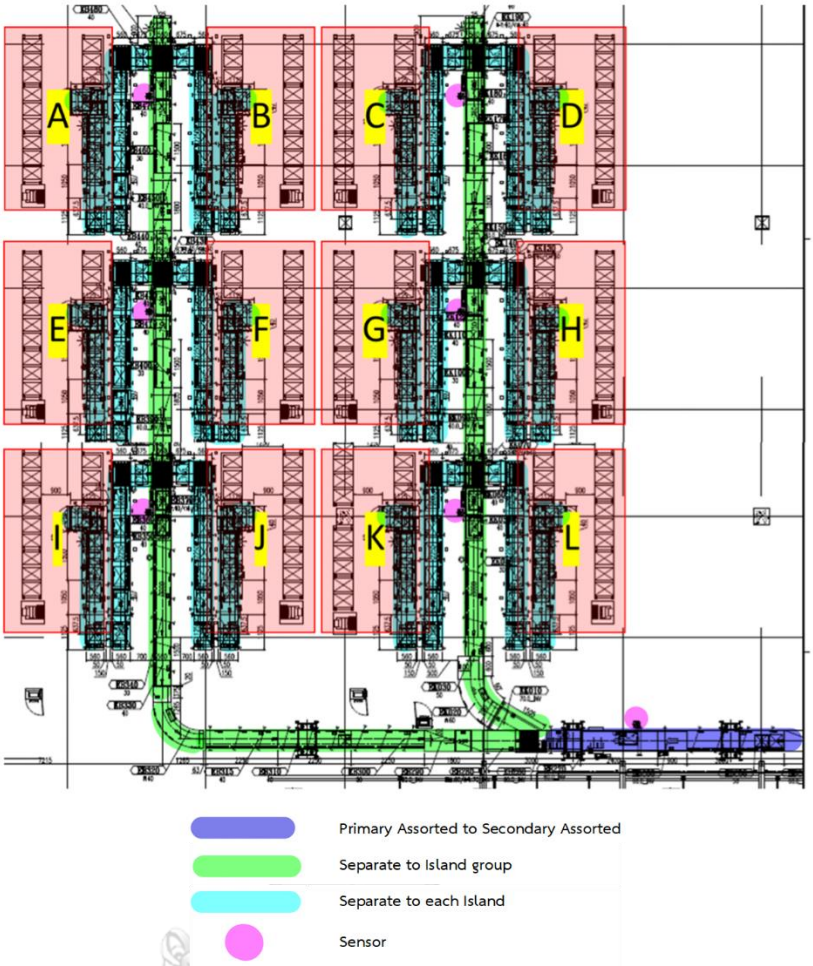


รูปที่ 3-14 ตัวอย่างหน้าจอคอมพิวเตอร์ภายใน Island

จากรูปที่ 3-14 การควบคุมระบบพุททูไลท์สามารถสั่งการได้ผ่านคอมพิวเคอร์ควบคุมที่ติดตั้งอยู่ในแต่ละ Island โดยสามารถดูข้อมูลของสินค้าที่เข้ามายัง Island รวมถึงการกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งตะกร้าที่พนักงานต้องนำสินค้าไปวาง การรายงานปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถทำผ่านคอมพิวเคอร์

การไหลของสินค้าที่จะเข้ามากระจายที่สถานีงาน Secondary Assorted จะถูกส่งผ่านสายพานโดยลำเลียงตะกร้าบรรจุสินค้าจากสถานีงาน Primary Assorted เมื่อตะกร้าบรรจุสินค้าเข้ามาที่สถานีงาน Secondary Assorted จะถูกคัดแยกโดยเครื่องอ่านบาร์โค้ดที่หรือเซ็นเซอร์ (Sensor) ติดตั้งอยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ บนสายพานเพื่อส่งตะกร้าไป Island ที่ถูกกำหนดเอาไว้ ตามรูปที่ 3-15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



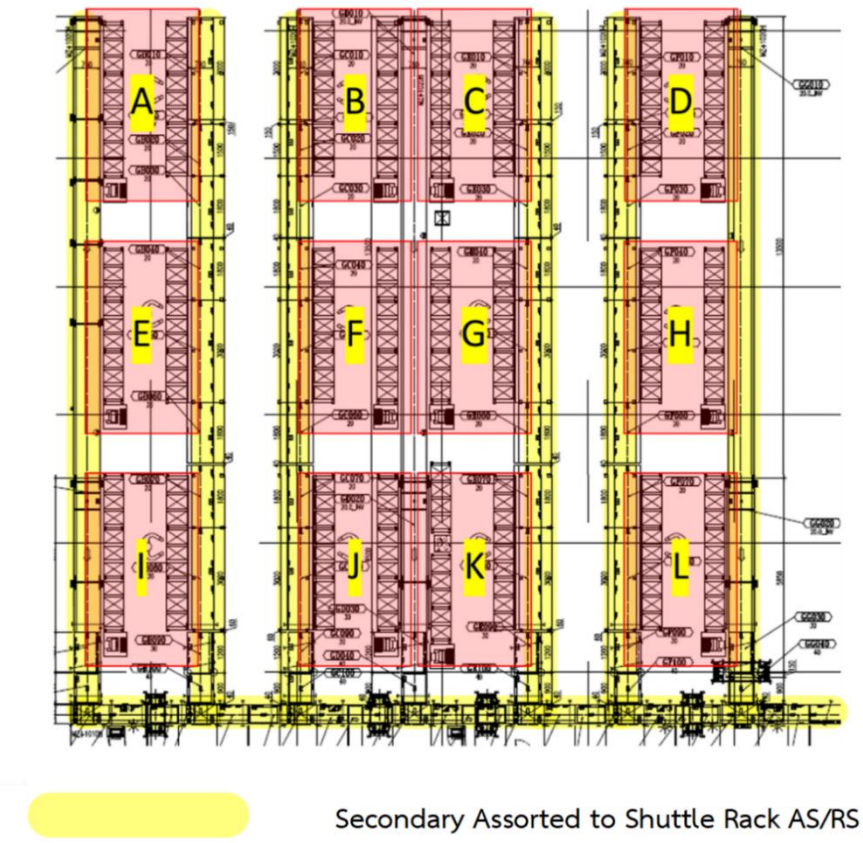
รูปที่ 3-15 แผนผังสายพานรับสินค้าเข้าสถานีงาน Secondary Assorted

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การจัดการตะกร้าบรรจุสินค้าเข้ามาที่ Island แต่ละ Island จะมีพนักงานทำการกระจายสินค้าที่ได้รับผ่านระบบพุททูไลท์ โดยพนักงานจะเริ่มจากการสแกนบาร์โค้ดที่ตะกร้า เพื่อนำสินค้าไปวางในตะกร้าที่มีสัญญาณไฟขึ้นและกดปุ่มยืนยัน ตามรูปที่ 3-16

รูปที่ 3-16 หน้าจอแสดงผลสัญญาณไฟและปุ่มกดของระบบพุททูไลท์

เมื่อตะกร้าที่ถูกจัดเตรียมไว้บน Island เต็ม พนักงานจะทำการส่งตะกร้าสินค้าไปยังสายพานเพื่อส่งไปเก็บที่ Shuttle Rack AS/RS ตามรูปที่ 3-17 และทำการติดตั้งตะกร้าใบใหม่แทน

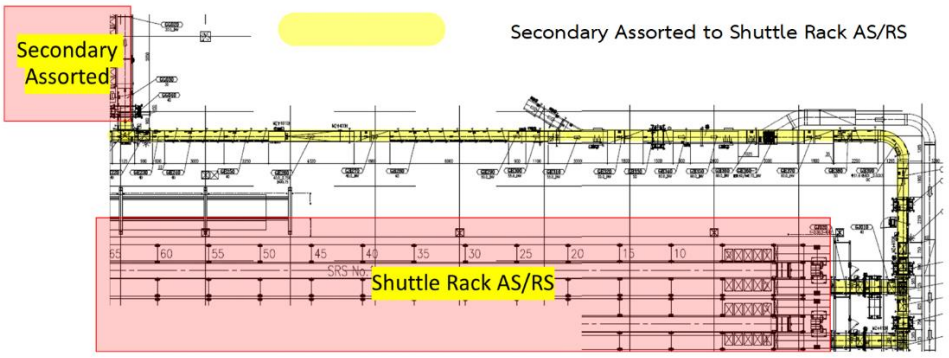


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3-17 แผนผังสายพานที่นำตะกร้าสินค้าออกจากแต่ละ Island

3.4.3. อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องหลังออกจากสถานี Secondary Assorted

อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องหลังออกจากสถานี Secondary Assorted คือ Shuttle Rack AS/RS สินค้าที่ถูกคัดแยกที่สถานี Secondary Assorted ทั้งหมดจะถูกส่งผ่านสายพาน ตามรูปที่ 3-18



รูปที่ 3-18 แผนผังสายพานจากสถานีงาน Secondary Assorted เข้า Shuttle Rack AS/RS

ตะกร้าสินค้าจะถูกส่งมาเก็บเพื่อรอให้ครบจำนวนที่จะจัดเตรียมลงพาเลทและกรงลาก หรือเมื่อการดำเนินงานจบรอบคำสั่งซื้อ สินค้าที่เหลืออยู่จะถูกเบิกไม่เต็มจำนวนพาเลทและกรงลาก ตามรูปที่ 3-19 ซึ่งจำนวนสูงสุดของตะกร้าที่ถูกเตรียมลงพาเลทจะอยู่ที่ 25 ตะกร้าต่อพาเลท ส่วนกรงลากที่ใช้สำหรับสาขาที่ไม่สามารถใช้พาเลทในการส่งสินค้าได้จะอยู่ที่ 10 ตะกร้าต่อกรงลาก

รูปที่ 3-19 ตัวอย่างการจัดเตรียมตะกร้าสินค้าลงพาเลท

3.5. แนวคิดการออกแบบแบบจำลองสถานการณ์การหยิบสินค้า

การออกแบบระบบการจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติภายในคลังสินค้า DC6 ของบริษัทกรณีศึกษาได้ดำเนินงานตามบริษัทผู้ติดตั้งอุปกรณ์เสนอแนวทาง และมีการปรับปรุงในบางส่วนเพื่อพัฒนาการดำเนินงานให้ดียิ่งขึ้น สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาระบบพุททูไลท์ โดยอ้างอิง

การทำงานในปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อใช้ในการออกแบบรูปแบบนโยบายสำหรับระบบพุททูไลท์ด้วยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

3.5.1. รูปแบบนโยบายระบบพุททูไลท์ในปัจจุบัน

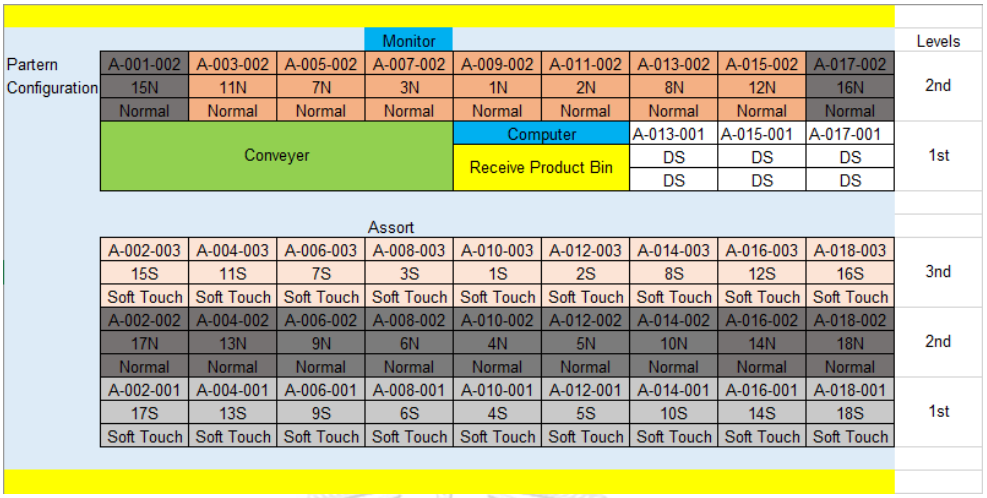
รูปแบบนโยบายระบบพุททูไลท์ภายในคลังสินค้า DC6 ของบริษัทกรีณีศึกษา มุ่งเน้นในการจัดตำแหน่งตะกร้าสินค้าที่จะจัดส่งในแต่ละสาขา ซึ่งปัจจุบันมีจำนวนสาขาที่ต้องดำเนินการจัดส่งสินค้าทั้งหมด 108 สาขาและมีการเปิดใช้งานระบบพุททูไลท์ทั้งหมด 6 Island

ก่อนการจัดเรียงตำแหน่งภายในแต่ละ Island บริษัทกรณีศึกษาจะทำการจัดกลุ่มสาขาลง Island โดยคำนึงถึงสัดส่วนของสินค้าให้มีความสมดุลกันทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่

- จำนวนสินค้าทั้งหมด
- จำนวนสินค้ากลุ่ม PT และสินค้ากลุ่ม FT
- จำนวนสินค้าในแต่ละรอบ Wave

การจัดเรียงตำแหน่งภายในแต่ละ Island หลังจากที่ได้ทำการจัดกลุ่มสาขาแล้ว จะดำเนินการจัดเรียงตำแหน่งของสาขาตามแผนผัง Island ตามรูปที่ 3-20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 3-20 ตัวอย่างการลำดับตำแหน่งการวางตะกร้าสาขาภายในแต่ละ Island

จากรูปที่ 3-20 ภายในแต่ละ Island มีตำแหน่งในการวางตะกร้าทั้งหมด 39 ตำแหน่ง ซึ่งบริษัทกรณีศึกษาได้กำหนดให้มีจำนวนสาขาภายในแต่ละ Island สูงสุด 18 สาขา โดยแบ่งวางแต่ละสาขาแยกออกเป็นสินค้าชนิดปกติ (Normal) และสินค้าที่แตกหักได้ง่าย (Soft Touch) รวมเป็นตะกร้า 36 ตำแหน่ง ส่วนที่เหลืออีก 3 ตำแหน่งจะเป็นตำแหน่งสำหรับวางตะกร้าสินค้า DS

รูปแบบแผนผังการวางตำแหน่งตะกร้าในแต่ละ Island บริษัทกรณีศึกษาจะใช้รูปแบบเดียวกัน ซึ่งการจัดเรียงตะกร้าสินค้าของสาขาที่มียอดการสั่งซื้อสินค้ามากที่สุดให้อยู่ใกล้กับจุดที่พนักงานรับสินค้าและหน้าจอ Monitor เพื่อลดระยะการเดินและช่วยเพิ่มความเร็วในการวางสินค้า โดยจะไล่ลำดับสาขายอดการสั่งซื้อสินค้ามากที่สุดอยู่ที่ตำแหน่ง 1N สำหรับสินค้า Normal และ 1S สำหรับสินค้า Soft Touch ไปจนถึงสาขาที่มียอดสั่งซื้อน้อยอยู่ในตำแหน่ง 18N และ 18S ตามรูปที่ 3-20

การจัดวางตำแหน่งตะกร้าสินค้า Normal และ Soft Touch ของแต่ละสาขาจะถูกจัดวางในระนาบเดียวกันเสมอตามรูปที่ 3-20 เพื่อป้องกันการสับสนของพนักงาน โดยตะกร้าสินค้า Normal

จะถูกจัดเรียงอยู่บนชั้นที่ 2 เนื่องจากสินค้าส่วนใหญ่ของบริษัทกรณีศึกษาจะเป็นแบบ Normal ส่วนตะกร้าสินค้า Soft Touch ที่มีปริมาณน้อยกว่าจะถูกจัดวางในชั้นที่ 1 และ 3 แทน เนื่องจากพนักงานที่มีส่วนสูงมากจะต้องก้มเพื่อวางสินค้าในชั้นที่ 1 และพนักงานที่มีส่วนสูงน้อยจะต้องเดินขึ้นที่เพิ่มระดับเพื่อวางสินค้าในชั้นที่ 3 ทำให้ต้องใช้เวลามากขึ้นในการวางสินค้า ซึ่งส่งผลต่ออัตราการวางสินค้า

ในส่วนของตะกร้า DS นอกหนือจากที่จะอยู่ใน Island A-F ร่วมกับตะกร้าสาขาแล้ว บริษัทกรณีศึกษายังเปิด Island H ซึ่งเป็น Island สำหรับตะกร้า DS โดยเฉพาะสำหรับรองรับงานในส่วนนี้เพิ่มเติม

3.5.2. รูปแบบการออกแบบนโยบายระบบพุททูไลท์

รูปแบบการออกแบบนโยบายระบบพุททูไลท์ภายในคลังสินค้า DC6 มีเป้าหมายเพื่อลดการเดินของพนักงานภายในแต่ละ Island และลดโอกาสการเกิดบล็อกกิ้งระหว่าง Island เพื่อเพิ่มอัตราการหยิบสินค้าซึ่งเป็นหนึ่งในดัชนีชี้วัดความสำเร็จสำคัญของบริษัทกรณีศึกษา ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจรูปแบบการออกแบบนโยบายระบบพุททูไลท์ 8 รูปแบบ ได้แก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.5.2.1. การกำหนดจำนวนสถานีงานที่เปิดใช้งาน

การกำหนดจำนวนสถานีงานที่เปิดใช้งานของระบบพุททูไลท์ในปัจจุบันอ้างอิงมาจากจำนวนสาขาของบริษัทกรณีศึกษาและการจัดส่งลูกค้าโดยตรง โดยปัจจุบันเปิดใช้สถานีงาน 7 จาก 12 Island ซึ่งจำนวนสถานีงานส่งผลต่อการคำนวณอัตราการหยิบสินค้า ดังนั้นนโยบาย การกำหนดจำนวนสถานีงานที่เปิดใช้งานจึงจะเป็นนโยบายที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้

3.5.2.2. การกำหนดตำแหน่งสถานีงานที่เปิดใช้งาน

การกำหนดตำแหน่งสถานีงานที่เปิดใช้งานในปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาไม่ได้มีนโยบายสำหรับการกำหนดตำแหน่ง แต่ทำการเปิดใช้สถานีงานจากการเรียงลำดับ Island จากลำดับแรกไปจนถึงลำดับตามจำนวนที่เปิด ซึ่งการลำเลียงตะกร้าเข้าสู่ Island มีการใช้สายพานลำเลียงร่วมกัน ดังนั้นการพิจารณาถึงการกำหนดนโยบายเป็นไปได้ที่จะช่วยลดโอกาสในการเกิดบล็อกกิ้งบนสายพาน

3.5.2.3. การจัดการตะกร้าสินค้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรง

การจัดการตะกร้าสินค้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรงในปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษากำหนดตะกร้าสินค้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรงให้อยู่ร่วมภายใน Island กับตะกร้าสาขาของบริษัท ซึ่งจะมี 1 Island สำหรับตะกร้าสินค้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรงโดยเฉพาะ เมื่อพิจารณาถึงสินค้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรงนั้นเกิดขึ้นในบางช่วงเวลาเท่านั้น การจัดตำแหน่งตะกร้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรงให้อยู่ร่วมภายใน Island กับตะกร้าสาขาของบริษัทอยู่ในตำแหน่งที่ห่างจากจุดรับตะกร้าและอยู่ในชั้นที่ 1 ทำให้พนักงานต้องมีการเดินไปในจุดที่ไกลเสมอเมื่อได้รับตะกร้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรง ซึ่งเป็นส่วนที่ส่งผลต่อเวลาในการทำงาน รวมถึงการทำงานที่ต้องก้มเพื่อวางสินค้าในชั้นที่ 1 ที่ทำให้พนักงานเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ ดังนั้นการพิจารณานโยบายการจัดการตะกร้าสินค้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรงด้วยการแยกตะกร้าสินค้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรงออกจาก Island ตะกร้าสาขาเป็นอีกหนึ่งนโยบายที่จะดำเนินการศึกษาในงานวิจัยนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.5.2.4. การจัดการตะกร้าสินค้าปกติและสินค้าแตกได้ง่าย

การจัดการตะกร้าสินค้าปกติและสินค้าแตกได้ง่ายในปัจจุบันจะกำหนดให้ตะกร้าสินค้าปกติอยู่ในชั้นที่ 2 ของสถานีงานเสมอ และตะกร้าสินค้าแตกได้ง่ายจะอยู่ในชั้นที่ 1 และ 3 ของสถานีงาน โดย

การจัดตะกร้าในแต่ละสาขาจะจัดตะกร้าสินค้าปกติและสินค้าแตกได้ง่ายให้อยู่ในระนาบเดียวกันในสถานี ทำให้การจัดตำแหน่งถูกคำนวณรวมยอดด้วยการจัดอันดับสาขาจากสินค้าสินค้าปกติและสินค้าแตกได้ง่ายด้วยกัน จากการสอบถามพนักงานและการสังเกตการงานพบว่าในการวางสินค้าพนักงานดูสัญญาณไฟที่ปรากฏขึ้นบนชั้นวางเพื่อหาตำแหน่งในการวางสินค้าเป็นหลัก การจัดตะกร้าสินค้าปกติและสินค้าแตกได้ง่ายให้อยู่ในระนาบเดียวกันอาจจะไม่มีความจำเป็น ดังนั้นนโยบายสำหรับการจัดการตะกร้าสินค้าปกติและสินค้าแตกได้ง่ายที่จะทำการศึกษาคือการจัดตำแหน่งตะกร้าสินค้าในสถานีงานโดยไม่จำเป็นที่ตะกร้าสินค้าชั้นถูกกำหนดชั้นตามชนิดของสินค้า

3.5.2.5. การจัดตำแหน่งตะกร้าสาขาในสถานีงาน

การจัดตำแหน่งตะกร้าสาขาในสถานีงานจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องตำแหน่งตะกร้าส่งผลต่อระยะการเดินของพนักงาน [12] ดังนั้นนโยบายในส่วนของการจัดตำแหน่งตะกร้าสาขาในสถานีงานจึงต้องมีการพิจารณารูปแบบที่เหมาะสม ซึ่งจะช่วยลดการเดินที่ไม่จำเป็นและลดเวลาการทำงานให้น้อยลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.5.2.6. การจัดกลุ่มตะกร้าสาขาสำหรับสถานีงาน

การจัดกลุ่มตะกร้าสาขาสำหรับสถานีงานเป็นอีกส่วนที่ต้องทำการพิจารณาศึกษา เนื่องจากก่อนที่จะทำการจัดตำแหน่งตะกร้าสาขาในสถานีงานต้องมีการระบุสาขาที่ดำเนินงานในสถานีงานนั้นก่อน หากมีการจัดกลุ่มตะกร้าสาขาสำหรับสถานีงานที่ไม่เรียบร้อยอาจจะส่งผลให้งานในบางสูงกว่า Island อื่น

3.5.2.7. การกำหนดปริมาตรความจุของตะกร้าสินค้า

การกำหนดปริมาตรความจุของตะกร้าสินค้าในปัจจุบันกำหนดที่ 70% ของความจุตะกร้า ซึ่งยังไม่เต็มปริมาตรความจุ โดยการเพิ่มหรือลดปริมาตรความจุตะกร้าจะเป็นตัวกำหนดจำนวนตะกร้าขาเข้าและออกจากสถานีงานที่ส่งผลต่อโอกาสการบล็อกกิ้งตะกร้าขาเข้าสถานีงานจากการลำเลียงตะกร้าบนสายพาน รวมถึงความจุตะกร้าส่งผลต่อความถี่ในการต้องเปลี่ยนตะกร้าสำหรับลำเลียงสินค้าขาออก ซึ่งมีผลต่อเวลาในการดำเนินงานภายในสถานี ดังนั้นการกำหนดปริมาตรความจุของตะกร้าสินค้าจึงเป็นอีกส่วนในการกำหนดนโยบายที่จะทำการศึกษา

3.5.2.8. การคำนึงถึงความสามารถของพนักงาน

การคำนึงถึงความสามารถของพนักงาน เนื่องจากปริมาณความต้องการสินค้าในแต่ละ Island ไม่เท่ากัน ส่งผลให้จำนวนตะกร้าสินค้าขาเข้าและจำนวนสินค้าแตกต่างกัน รวมถึงตามความเป็นจริงนั้นความสามารถของพนักงานแต่ละคนนั้นไม่เท่ากัน ดังนั้นการจัดการโดยคำนึงถึงความสามารถของพนักงานจึงเป็นหนึ่งในปัจจัยที่จะใช้ในการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4

การดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะอธิบายเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์สำหรับระบบพุททูไลท์ของคลังสินค้าบริษัทกรณีศึกษา โดยจะเริ่มตั้งแต่อธิบายแนวคิดในการจำลองสถานการณ์ การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการกระจายข้อมูลตะกร้าสินค้า และการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลองสถานการณ์ ก่อนที่จะนำไปทดสอบตามนโยบายที่เหมาะสมในบทถัดไป

4.1. แนวคิดในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

แนวคิดในการสร้าวแบบจำลองสถานการณ์ต่อยอดจากการดำเนินงาน รวมถึงกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในคลังสินค้า เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและพัฒนาสร้างแบบจำลองสถานการณ์ กระบวนการดังกล่าวจึงถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ แหล่งข้อมูลในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ และการประยุกต์ใช้สร้างแบบจำลองสถานการณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1.1. แหล่งข้อมูลในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ โดยสามารถแบ่งแหล่งข้อมูลภายในคลังสินค้าได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

4.1.1.1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data)

ข้อมูลปฐมภูมิเป็นข้อมูลที่ได้จากการดำเนินการสำรวจภายในคลังสินค้าจริง โดยผู้วิจัยได้เข้าไปศึกษากระบวนการทำงานภายในคลังสินค้า สอบถามผู้ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงาน และเก็บข้อมูลจากการทำงานจริง ซึ่งข้อมูลที่ได้ประกอบไปด้วย ข้อมูลกระบวนการทำงานที่เกิดขึ้น ข้อมูลรอบการ

ทำงานของพนักงาน ข้อมูลรอบการจัดการสินค้า ข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้น และพฤติกรรมการหยิบสินค้าของพนักงาน เป็นต้น ข้อมูลปฐมภูมิที่ได้รับจะเป็นส่วนประกอบในการสร้างข้อมูลกระบวนการทำงานภายในแบบจำลองสถานการณ์ที่จะถูกกล่าวถึงในส่วนถัดไป

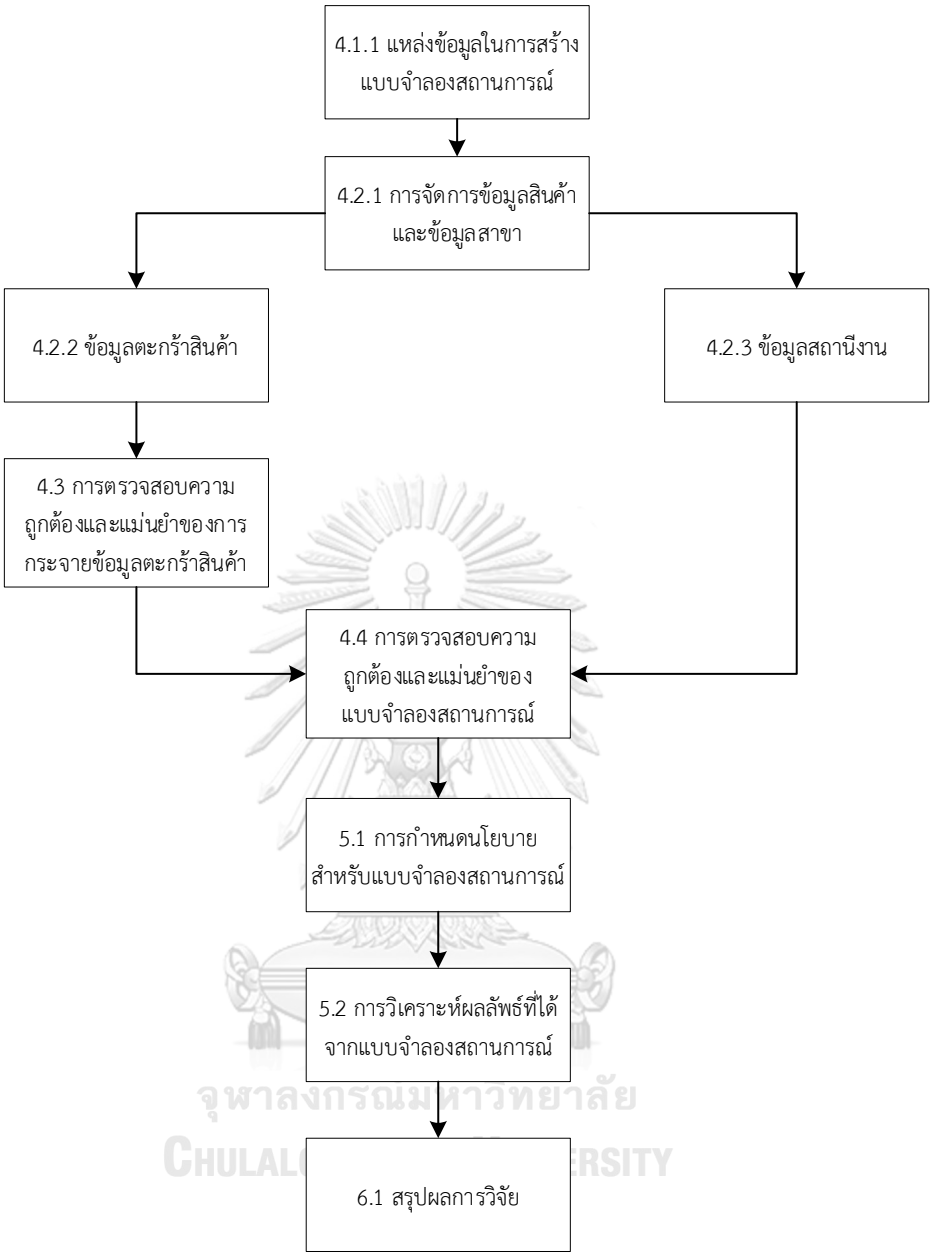
4.1.1.2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

ข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมไว้อยู่แล้ว โดยเป็นข้อมูลที่ได้มาจากระบบ SAP และระบบ WMS ของคลังสินค้า ซึ่งข้อมูลที่ได้ประกอบได้ด้วย ฐานข้อมูลสินค้า ข้อมูลแผนผังของสถานีงาน ข้อมูลการหยิบสินค้า เป็นต้น ข้อมูลข้อมูลทุติยภูมิที่ได้รับจะเป็นส่วนประกอบในการสร้างข้อมูลความต้องการของสินค้าและข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์ของสถานีงาน

4.1.2. การประยุกต์ใช้สร้างแบบจำลองสถานการณ์

จากการเข้าไปศึกษากระบวนการทำงานภายในคลังสินค้ากรณีศึกษา พบว่าสถานีงาน Secondary Assorted มีกระบวนการทำงานที่ซับซ้อนทำให้ต้องมีการจัดการข้อมูลในส่วนต่าง ๆ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีขั้นตอนสำหรับการสร้างแบบจำลอง รวมถึงกระบวนการตรวจสอบ ซึ่งภาพรวมการดำเนินงานทั้งหมดจะถูกแสดงในรูปที่ 4-1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-1 ภาพรวมในการดำเนินงาน

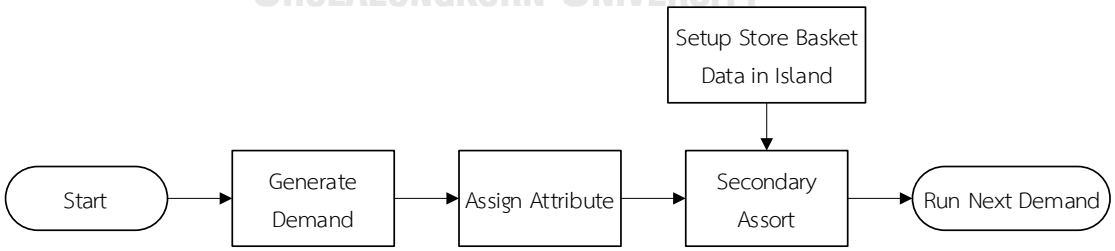
จากรูปที่ 4-1 การดำเนินงานสร้างแบบจำลองสถานการณ์จะเริ่มจากการนำเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากแหล่งข้อมูล ก่อนที่จะนำมาผ่านกระบวนการในการจัดการข้อมูลที่จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนในการจัดการ หนึ่งคือข้อมูลตะกร้าสินค้าที่จะเป็นข้อมูลปริมาณความต้องการสินค้าที่จะใช้เป็นข้อมูลขาเข้าสำหรับแบบจำลอง โดยข้อมูลตะกร้าสินค้าทำการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนที่จะทำการสร้างข้อมูลที่จะ

นำไปใช้ภายในแบบจำลอง ซึ่งจะต้องผ่านกระบวนการในการตรวจสอบก่อนที่จะนำไปใช้ ส่วนที่สองที่ต้องทำการวิเคราะห์และดำเนินการสร้างคือข้อมูลสถานีงาน ในส่วนนี้จะเป็นข้อมูลกระบวนการทำงานที่จะใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ โดยเมื่อนำมารวมกับข้อมูลตะกร้าสินค้าและผ่านกระบวนการตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์ก็พร้อมสำหรับการนำไปใช้งาน ขั้นตอนถัดไปคือการกำหนดนโยบายที่จะใช้ภายในแบบจำลอง ก่อนที่จะเริ่มทำการทดสอบพร้อมกับดำเนินการวิเคราะห์ผล และสรุปผลในขั้นตอนสุดท้าย

4.2. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับนำมาใช้ในการจำลองสถานการณ์เป็นกระบวนการที่สำคัญ เนื่องจากหากมีข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์ข้อมูลจะส่งผลให้ผลการวิจัยมีความคาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานีงาน Secondary Assorted เพื่อนำไปใช้ในการจำลองสถานการณ์ โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ข้อมูลสินค้า และข้อมูลสาขาของบริษัทกรณีศึกษาสำหรับในการจัดกลุ่ม ก่อนที่จะนำไปพัฒนาสร้างข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลตะกร้าสินค้าตามข้อมูลความต้องการสินค้า และข้อมูลสถานีงาน ตามรูปที่ 4-2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-2 องค์ประกอบข้อมูลสำหรับแบบจำลองสถานการณ์

ตามรูปที่ 4-2 องค์ประกอบข้อมูลสำหรับแบบจำลองสถานการณ์ของสถานีงาน Secondary Assorted ซึ่งประกอบไปด้วยการสร้างข้อมูลความต้องการ และการสร้างข้อมูลคุณลักษณะตามข้อมูลความต้องการจะอยู่ในส่วนของข้อมูลตะกร้าสินค้า การสร้างข้อมูลสถานีงาน Secondary Assorted และการสร้างการจำลองการทำงานในสถานีงาน Secondary Assorted จะอยู่ในส่วนข้อมูลสถานีงาน

4.2.1. การจัดการข้อมูลสินค้าและข้อมูลสาขา

การจัดการข้อมูลสินค้าและข้อมูลสาขาของบริษัทกรณีศึกษาเนื่องด้วยข้อมูลทั้ง 2 ส่วนมีปริมาณที่มาก การจัดกลุ่มเพื่อใช้แยกพฤติกรรมของข้อมูลสินค้าและข้อมูลสาขาจึงมีความจำเป็นในการเตรียมข้อมูลสำหรับใช้ในแบบจำลองสถานการณ์

4.2.1.1. การจัดกลุ่มสินค้า

ในปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาได้แบ่งประเภทสินค้าออกเป็นสินค้า Normal และ Soft Touch แต่เนื่องจากสินค้ากลุ่ม Normal มีชนิดสินค้าที่หลากหลายผู้วิจัยจึงได้จัดกลุ่มของสินค้ากลุ่ม Normal โดยทำการแบ่งจาก 2 ส่วน ประกอบด้วย ขนาดของสินค้า และปริมาณการหยิบสินค้า

การจัดกลุ่มสินค้าในส่วนแรกคือขนาดของสินค้า ซึ่งได้ทำการแบ่งขนาดจากข้อมูลสินค้า (Article Master Data) ของบริษัทกรณีศึกษา โดยการเก็บข้อมูลรายละเอียดสินค้าทั้งหมดถูกเก็บผ่านระบบ WMS และพิจารณาเฉพาะข้อมูลสินค้าที่จัดการผ่านสถานีงาน Secondary Assorted ตามตัวอย่างในตารางที่ 4-1

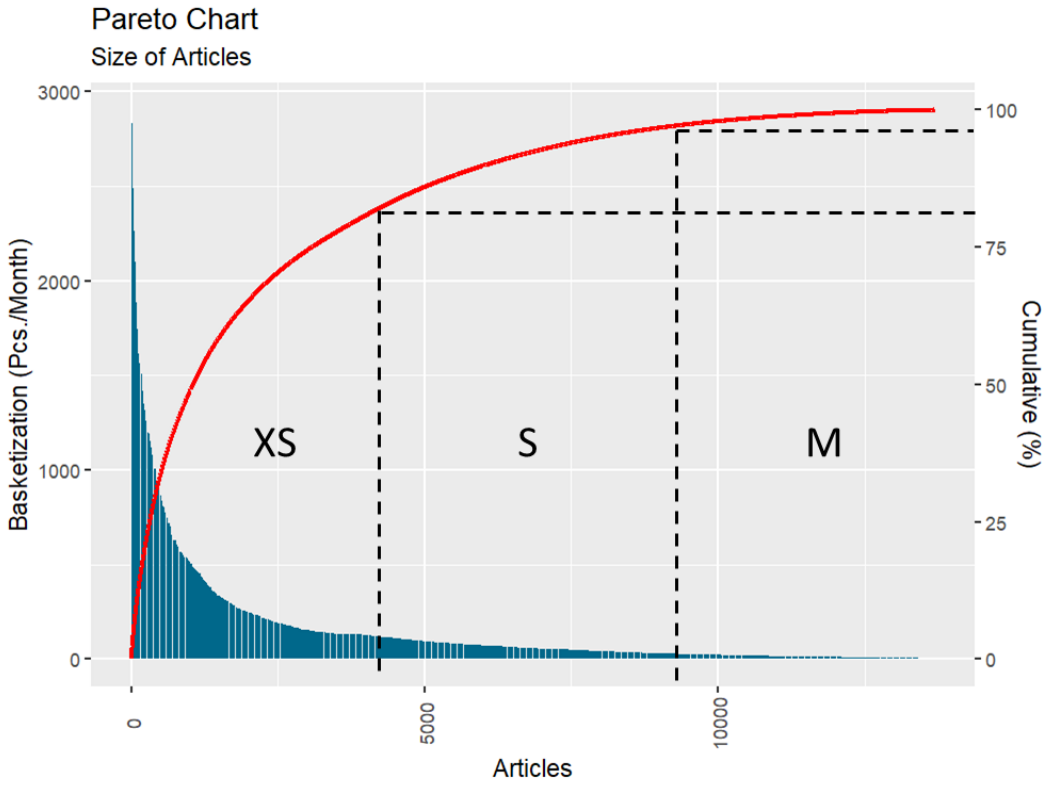
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-1 ตัวอย่าง Article Master Data ของบริษัทกรณีศึกษา

Article	Article Description	Distr. profile	Size	Soft Touch	BUn	W_BUn	L_BUn	H_BUn
1093523	ผ้าปู K5 HLS 375TC SHIN WINE	ZFT	S	0	EA	31.000	31.000	5.000
1093534	ผ้าปู Q5 HLS 375TC SHIN WINE	ZFT	S	0	EA	31.000	31.000	6.000
1093755	เตาบาร์บิคิว IMA EG-656	ZFT	S	0	EA	31.000	42.500	12.500
1094633	นาฬิกาแขวน MARMER 12 นิ้วทองแดง HLS	ZFT	S	0	EA	31.000	33.000	12.000
1098961	นาฬิกาแขวน พลาสติก SAND 12 นิ้ว ดำ HLS	ZFT	S	0	EA	31.000	33.500	6.500
1099254	นาฬิกาแขวนโลหะ VIVA 12นิ้ว ทอง HLS	ZFT	S	0	EA	31.000	33.000	6.000
1100912	ประตูหมา-แมว PET-TEX G100 ช่อง19x19cm WH	ZFT	S	0	EA	31.000	33.000	3.000
1100913	ประตูหมา-แมว PET-TEX G105 ช่อง19x19cm CL	ZFT	S	0	EA	31.000	33.000	3.000
1103498	หมอนอิง STAR DEER 12X20 แดง HLS	ZFT	S	0	EA	31.000	51.000	8.000

ตารางที่ 4-1 แสดงตัวอย่าง Article Master Data ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลสินค้าดังนี้ รหัสสินค้า คำอธิบายสินค้า ที่มาของสินค้า ขนาดสินค้า กลุ่มสินค้า และขนาดของสินค้า ตามลำดับ ผู้วิจัยได้ทำการแยกข้อมูลสินค้ากลุ่ม Normal และแบ่งกลุ่มขนาดสินค้าด้วยการคำนวณสัดส่วนจำนวนสินค้าสูงสุดต่อความจุตะกร้าจากขนาดสินค้า โดยกำหนดความจุตะกร้าที่สูงสุดที่สามารถบรรจุสินค้าได้อยู่ที่ 70% ของปริมาตรตะกร้าจริง ซึ่งได้แบ่งกลุ่มขนาดสินค้าตามหลักพาเรโต (Pareto) ออกเป็นเป็น 3 กลุ่ม ตามรูปที่ 4-3 และตารางที่ 4-2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-3 การแบ่งขนาดสินค้าตามหลักพาเรโต

ตารางที่ 4-2 การแบ่งขนาดสินค้าตามหลักพาเรโต

ขนาดสินค้า	%ปริมาณสินค้า	ปริมาณสินค้า (ชิ้น/ตะกร้า)	จำนวนสินค้า	ปริมาตร/ชิ้น (%ของปริมาตรตะกร้า)
XS	80%	มากกว่า 100	4861	0.34
S	15%	26-100	4755	1.35
M	5%	น้อยกว่า 26	4151	5.38

สินค้าที่จัดการผ่านสถานีงาน Secondary Assorted ในกลุ่ม Normal สามารถแบ่งขนาดสินค้าได้เป็น 3 กลุ่ม ตามรูปที่ 4-3 และตารางที่ 4-2 กลุ่มแรกคือขนาด XS ที่มีปริมาณสินค้าอยู่ที่ 80%

เป็นสินค้าที่มีขนาดเล็กที่สุดสามารถจุในตะกร้าสินค้าได้มากกว่า 100 ชิ้น มีปริมาตรต่อชิ้นต่อตะกร้าเท่ากับ 0.34% ของปริมาตรตะกร้า โดยสามารถคำนวณได้จากค่ามัธยฐานจำนวนสินค้าของช่วงข้อมูลสินค้าขนาด XS ซึ่งเท่ากับ 204 ชิ้นต่อตะกร้า เมื่อนำมาเทียบกับ %ปริมาตรตะกร้าที่สามารถบรรจุสินค้าได้พบว่าได้เท่ากับ 70% / 204 = 0.34% ของปริมาตรตะกร้า กลุ่มที่สองคือขนาด S ที่มีเปอร์เซ็นต์ปริมาณสินค้าอยู่ที่ 15% เป็นสินค้าที่สามารถจุในตะกร้าสินค้าได้อยู่ในช่วง 26-100 ชิ้น มีค่ามัธยฐานจำนวนสินค้าของช่วงข้อมูลสินค้าขนาด S เท่ากับ 52 ชิ้นต่อตะกร้าและปริมาตรต่อชิ้นต่อตะกร้าเท่ากับ 1.35% ของปริมาตรตะกร้า และกลุ่มสุดท้ายคือขนาด M ที่มีเปอร์เซ็นต์ปริมาณสินค้าอยู่ที่ 5% เป็นกลุ่มสินค้าขนาดกลางที่สามารถบรรจุในตะกร้าได้น้อยกว่า 26 ชิ้น มีค่ามัธยฐานจำนวนสินค้าของช่วงข้อมูลสินค้าขนาด M เท่ากับ 12 ชิ้นต่อตะกร้าและปริมาตรต่อชิ้นต่อตะกร้าเท่ากับ 5.38% ของปริมาตรตะกร้า

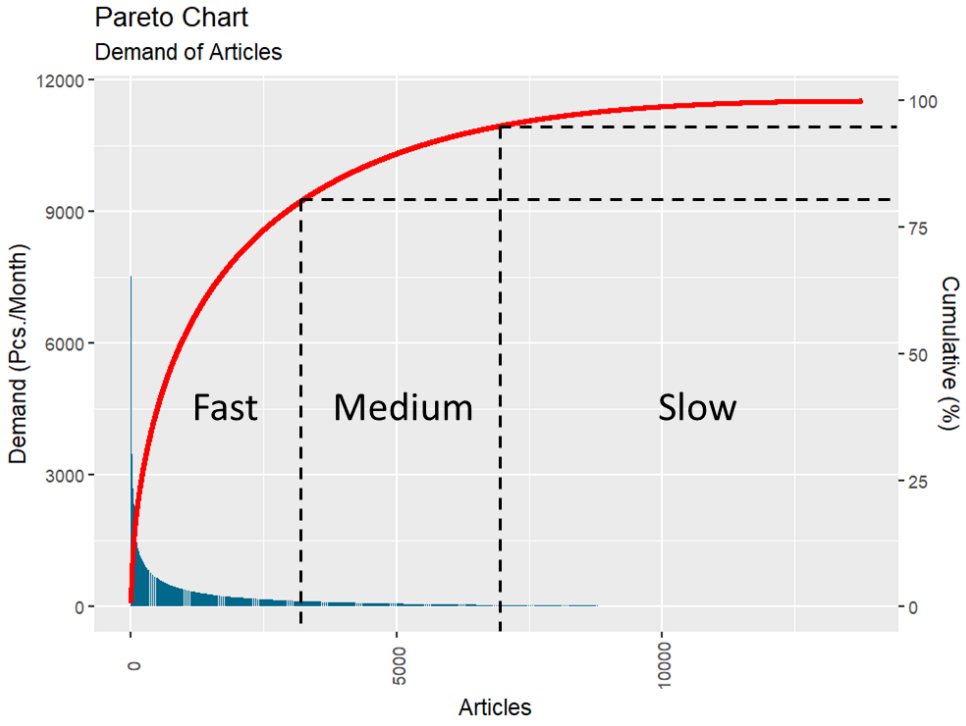
การจัดกลุ่มสินค้าในส่วนที่สองคือปริมาณการหยิบสินค้า โดยบริษัทกรณีศึกษาได้ทำการเก็บข้อมูลการหยิบสินค้าผ่านระบบ SAP โดยมีตัวอย่างตามที่แสดงในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ตัวอย่างข้อมูลการหยิบสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา

Chulalongkorn University

TO Item/FT ID	Article No	Article Desc.	Store	TO Pick.Qty	Unit	Pick Date	Pick Time
00434637380002	287919	ลูกบิดทั่วไป SOLEX 5500 SS หัวกลม SS	S099	24.000	EA	1/5/2021	11:24:56
00434637410002	95252	เต้ารับเดี่ยว 2ขากลมแบน WEG 10919 P/	S041	80.000	EA	1/5/2021	6:35:34
00434637430002	1073466	หลอด LED Color 3in1 9W DLCWWW E	S069	20.000	EA	1/5/2021	6:51:41
00434637440002	95252	เต้ารับเดี่ยว 2ขากลมแบน WEG 10919 P/	S041	80.000	EA	1/5/2021	6:35:35
00434638060002	287044	ก๊อกซิงค์ เดี่ยว เคาน์เตอร์ PN-82C12	S063	1.000	EA	1/5/2021	8:37:13
00434638060003	287044	ก๊อกซิงค์ เดี่ยว เคาน์เตอร์ PN-82C12	S063	6.000	EA	1/5/2021	8:37:34
00434638060004	287044	ก๊อกซิงค์ เดี่ยว เคาน์เตอร์ PN-82C12	S063	3.000	EA	1/5/2021	8:37:55
00434638080002	1043580	ฝักบัวสายอ่อน BN WS1000 โครม	S063	2.000	EA	1/5/2021	7:56:28
00434638940002	251237	ห่วงม่าน ZIM HK-03 ขาว	S015	10.000	EA	1/5/2021	7:51:56
00434639750002	221183	กระบอกฉีด 550 ml SX-260	S086	70.000	EA	1/5/2021	10:49:07
00434639760002	1087651	ไดร์เป่าผม PANA EH-ND30-KL	S086	2.000	EA	1/5/2021	7:25:07
00434640490002	6004632	ของแถม HIT แผ่นกรองPM2.5 Wasabi	S071	1.000	EA	1/5/2021	6:50:28
00434641390002	1046329	ม่านห้องน้ำ PVC MOYA HMA-0049-1 1(	S064	3.000	EA	1/5/2021	6:59:22
00434641420002	210579	หัวปรับเซฟตี้พร้อมสายแก๊ส LUC L326SP	S064	1.000	EA	1/5/2021	7:06:47

จากตารางที่ 4-3 แสดงตัวอย่างข้อมูลการหยิบสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาได้แสดงให้เห็นข้อมูล ได้แก่ เลขที่การจัดการสินค้า รหัสสินค้า คำอธิบายสินค้า สาขาที่ต้องการสินค้า จำนวนสินค้าที่ทำการหยิบ และเวลาหยิบสินค้า ตามลำดับ โดยผู้วิจัยได้ทำแบ่งกลุ่มความต้องการปริมาณการหยิบสินค้าออกเป็น 3 กลุ่มตามหลักพาเรโต้จากข้อมูลการหยิบสินค้า 1 เดือน ซึ่งผลได้ตามรูปที่ 4-4 และตารางที่ 4-4



รูปที่ 4-4 การแบ่งความต้องการสินค้าตามหลักพาเรโต

ตารางที่ 4-4 การแบ่งความต้องการสินค้าตามหลักพาเรโต

ประเภทสินค้า	%ปริมาณการหยิบสินค้า	จำนวนสินค้า	ปริมาณสินค้า (ชิ้น/เดือน)
Fast	80%	3180	มากกว่า 125
Medium	15%	3825	36-125
Slow	5%	6762	น้อยกว่า 36

สินค้าที่จัดการผ่านสถานีงาน Secondary Assorted ในกลุ่ม Normal สามารถแบ่งความต้องการสินค้าได้เป็น 3 กลุ่ม ตามตามรูปที่ 4-4 และตารางที่ 4-4 การแบ่งประเภทสินค้าตามปริมาณความต้องการจะถูกแบ่งเป็น 3 ระดับสูงมีเปอร์เซ็นต์ปริมาณสินค้าอยู่ที่ 80% ระดับกลางมีเปอร์เซ็นต์ปริมาณสินค้าอยู่ที่ 15% และระดับต่ำมีเปอร์เซ็นต์ปริมาณสินค้าอยู่ที่ 5% จะถูกระบุเป็นประเภท Fast Move, Medium Move และ Slow Move ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาการจัดกลุ่มของสินค้า 2 ส่วนทั้งขนาดของสินค้า และปริมาณความต้องการหยิบสินค้า ร่วมกับสินค้า Soft Touch จะสามารถแบ่งสินค้าออกเป็นกลุ่มได้ทั้งหมด 10 ประเภท ซึ่งมีรายละเอียดสรุปได้ตามตารางที่ 4-5

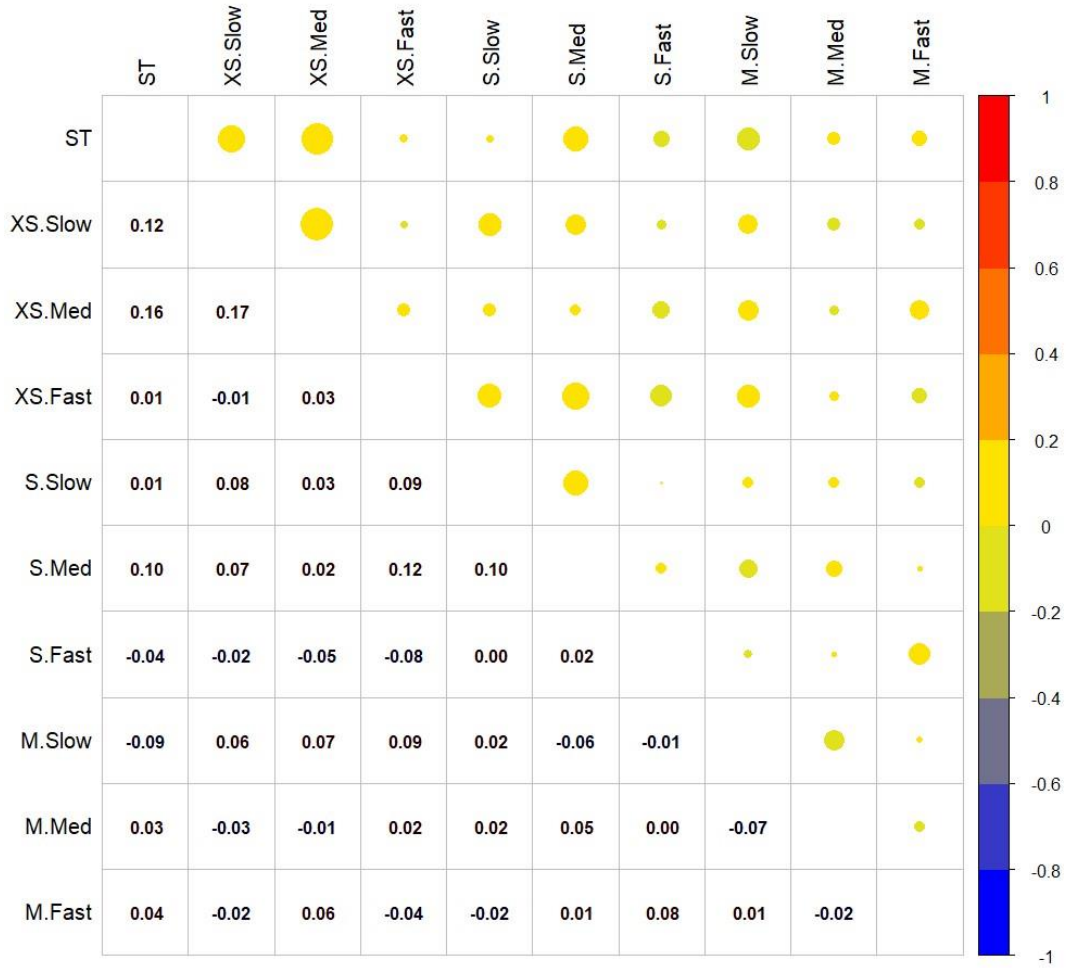
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-5 ข้อมูลสรุปการจัดกลุ่มสินค้า เมื่อแบ่งตามขนาดและความต้องการของสินค้า

ชนิดสินค้า	ขนาดสินค้า	ปริมาตร/ชิ้น (%ของปริมาตรตะกร้า)	ความต้องการสินค้า	จำนวนสินค้า	%ชนิดสินค้า
NT	XS	0.34	Fast	1051	7.28
			Medium	1221	8.46
			Slow	2589	17.93
	S	1.35	Fast	1130	7.83
			Medium	1356	9.39
			Slow	2269	15.72
	M	5.38	Fast	990	6.86
			Medium	1167	8.08
			Slow	1994	13.81
ST		1.46		671	4.65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การแบ่งกลุ่มสินค้าทั้งหมด 10 กลุ่มตามตารางที่ 4-5 ผู้จัดทำจึงได้มีการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มสินค้าด้วยการหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างแต่ละกลุ่มสินค้าจากข้อมูลจำนวนความต้องการสินค้าในระยะเวลา 1 เดือน ซึ่งจะมีค่าตามที่แสดงในรูปที่ 4-5



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4-5 ค่าสหสัมพันธ์ของการแบ่งกลุ่มสินค้าทั้ง 10 กลุ่ม

จากรูปที่ 4-5 ค่าสหสัมพันธ์ของการแบ่งกลุ่มสินค้าทั้ง 10 กลุ่มแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มสินค้าไม่ได้มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยยะสำคัญ เนื่องจากค่าสหสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มสินค้าแต่ละกลุ่มมีค่าเข้าใกล้ 0

4.2.1.2. การจัดกลุ่มสาขาของบริษัทกรณีศึกษา

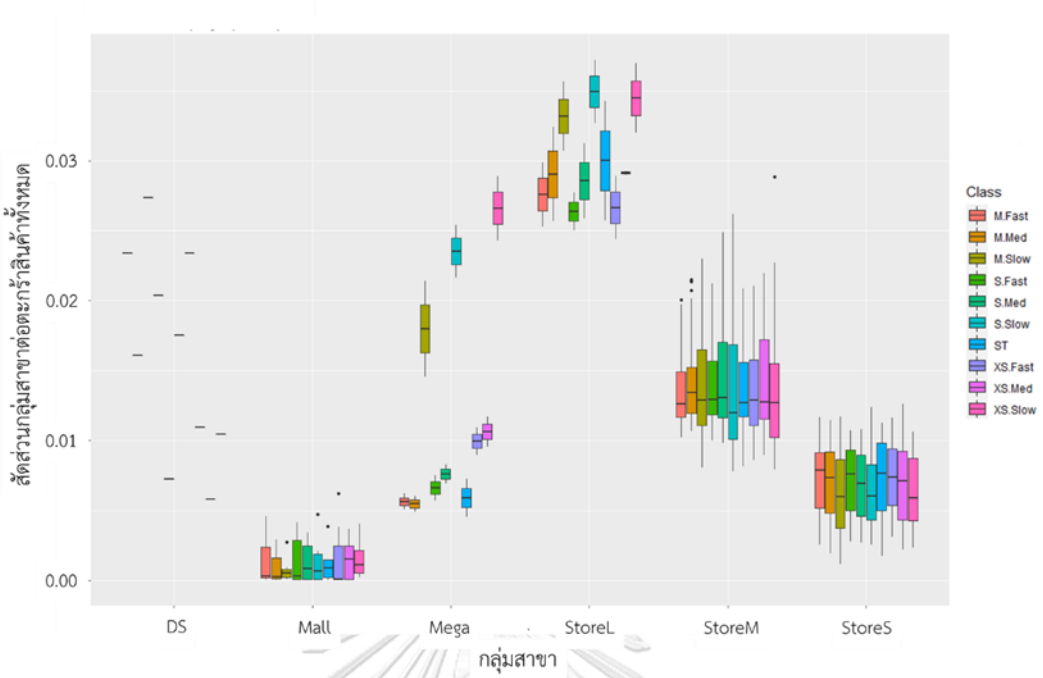
เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษามีสาขาจำนวน 102 สาขาและมีการจัดส่งสินค้าให้ลูกค้าโดยตรง แต่ละสาขาและลูกค้ามีความต้องการสินค้าที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงทำการจัดกลุ่มสาขาเพื่อหาวิเคราะห์

ความต้องการสินค้าด้วยการคำนวณสัดส่วนตะกร้า ซึ่งการแบ่งกลุ่มสาขาสามารถแบ่งออกเป็นทั้งได้ทั้งหมด 6 กลุ่ม ที่จะถูกแบ่งกลุ่มจากลักษณะสาขาและความต้องการสินค้า โดยประกอบไปด้วยกลุ่มสาขาดังต่อไปนี้

- กลุ่ม DS เป็นกลุ่มตะกร้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรง
- กลุ่ม Mall เป็นกลุ่มสาขาที่อยู่ภายในห้างสรรพสินค้า ซึ่งมีจำนวน 8 สาขา
- กลุ่ม Mega เป็นกลุ่มสาขาที่เน้นสินค้าวัสดุก่อสร้าง ซึ่งมีจำนวน 2 สาขา
- กลุ่ม StoreL เป็นกลุ่มสำหรับสาขาปกติของบริษัทกรณีศึกษา ที่มีสัดส่วนตะกร้าสินค้าขาเข้าของแต่ละสาขาต่อตะกร้าสินค้าทั้งหมด ในเฉลี่ยทุกกลุ่มสินค้าไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 ซึ่งมีจำนวน 2 สาขา
- กลุ่ม StoreM เป็นกลุ่มสำหรับสาขาปกติของบริษัทกรณีศึกษา ที่มีสัดส่วนตะกร้าสินค้าขาเข้าของแต่ละสาขาต่อตะกร้าสินค้าทั้งหมด ในเฉลี่ยทุกกลุ่มสินค้าอยู่ระหว่างร้อยละ 1 ถึงร้อยละ 2 ซึ่งมีจำนวน 39 สาขา
- กลุ่ม StoreS เป็นกลุ่มสำหรับสาขาปกติของบริษัทกรณีศึกษา ที่มีสัดส่วนตะกร้าสินค้าขาเข้าของแต่ละสาขาต่อตะกร้าสินค้าทั้งหมด ในเฉลี่ยทุกกลุ่มสินค้าต่ำกว่าร้อยละ 1 ซึ่งมีจำนวน 51 สาขา

โดยการแบ่งกลุ่มสาขาตามสัดส่วนตะกร้าสินค้าขาเข้าของแต่ละสาขาต่อตะกร้าสินค้าทั้งหมดจะแสดงในรูปที่ 4-6 และสรุปจำนวนสาขาในแต่ละกลุ่มตามตารางที่ 4-6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-6 สัดส่วนกลุ่มสาขาต่อตะกร้าสินค้าทั้งหมดแยกตามกลุ่มสินค้า

ตารางที่ 4-6 ข้อมูลการแบ่งกลุ่มสาขา

กลุ่มสาขา	จำนวนสาขา
DS	-
Mall	8
Mega	2
StoreL	2
StoreM	39
StoreS	51

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากรูปที่ 4-6 และตารางที่ 4-6 แสดงการจัดกลุ่มสาขาและจำนวนสาขาที่มีในแต่ละกลุ่ม ตามรูปที่ 4-6 แสดงให้เห็นถึงการกระจายของข้อมูลในแต่ละกลุ่มสาขาตามสัดส่วนกลุ่มสาขาต่อตะกร้าสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้า โดยการกระจายของข้อมูลมีความแตกต่างกันตามแต่ละกลุ่มสาขา

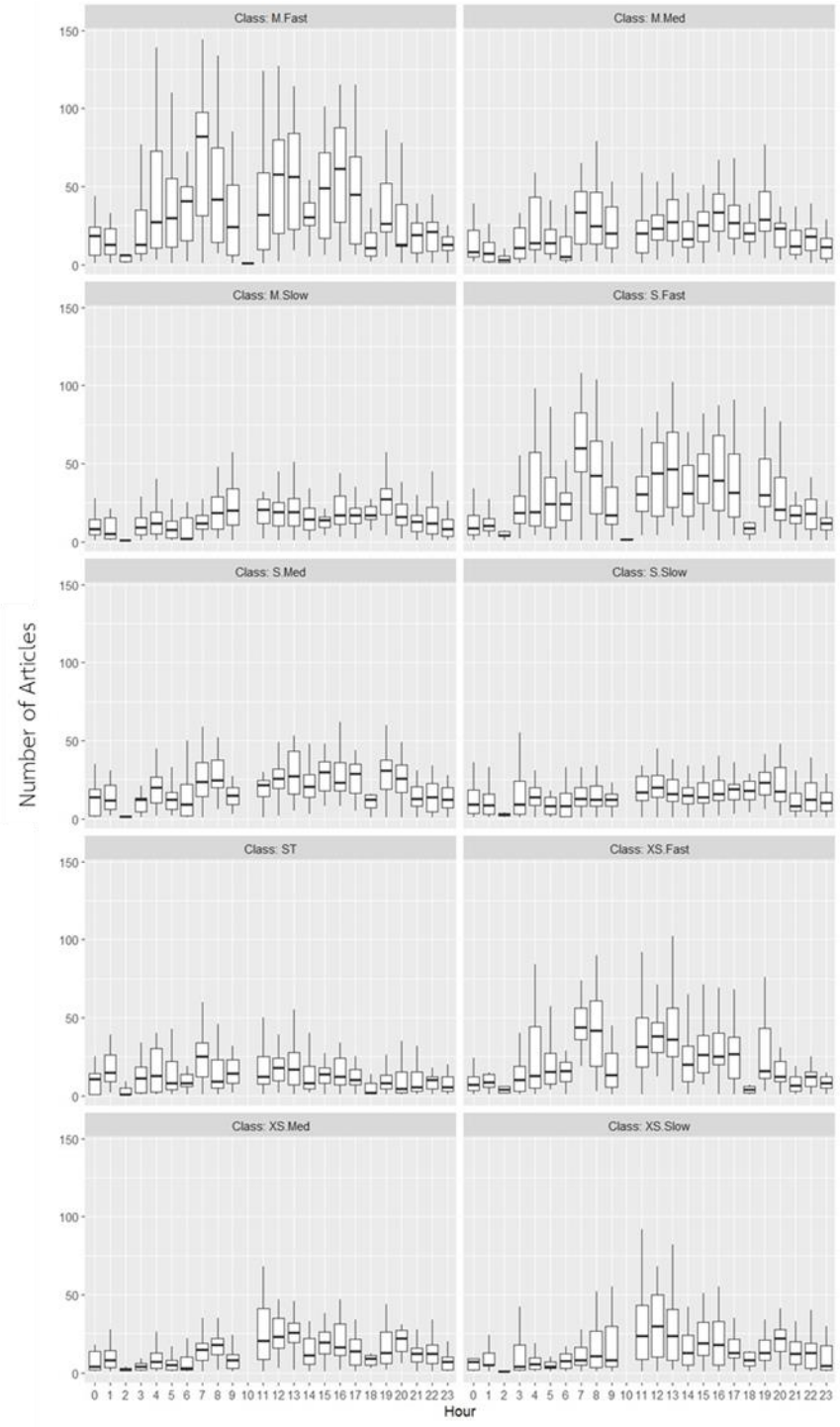
4.2.2. ข้อมูลตะกร้าสินค้า

ข้อมูลตะกร้าสินค้าจะได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสร้างรายละเอียดตะกร้าสินค้าที่ต้องการส่งเข้าไปในสถานีงาน Secondary Assorted ซึ่งจะประกอบไปด้วยข้อมูลความต้องการสินค้า ข้อมูลสาขาที่ต้องการสินค้า และข้อมูลจำนวนสินค้า

4.2.2.1 ข้อมูลความต้องการสินค้า

การสร้างข้อมูลความต้องการของสถานีงาน Secondary Assorted ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการสินค้าแยกตามแต่ละกลุ่มสินค้าทั้ง 10 กลุ่มผ่านโปรแกรม R/RStudio เพื่อหารูปแบบการแจกแจงของข้อมูลที่เหมาะสม ซึ่งได้ตัวอย่างตามรูปที่ 4-7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-7 การวิเคราะห์ปริมาณความต้องการสินค้าแยกตามกลุ่มสินค้า

การวิเคราะห์ปริมาณความต้องการสินค้าตามในรูปที่ 4-7 เป็นการวิเคราะห์จากข้อมูลสินค้าที่เข้ามายังสถานีงาน Secondary Assorted ในระยะเวลาทั้งหมด 1 เดือน พบว่าเมื่อทำการพิจารณา

ข้อมูลออกเป็นรายชั่วโมงแยกตามกลุ่มสินค้าการแจกแจงข้อมูลไม่ตรงกับรูปแบบการแจกแจงใด ๆ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ Empirical Distribution สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการสินค้า โดยตัวอย่างข้อมูลที่ได้มาจากการคำนวณสำหรับสร้างข้อมูลปริมาณความต้องการสินค้าในแบบจำลองสถานการณ์จะเป็นตามตัวอย่างในตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ตัวอย่างข้อมูลความต้องการสินค้า

	Class	Hour	diffTime	p
1	M.Fast	0	c(18, 193, 183, 75, 263, 5, 112, 59, 104, 14, 20, [...]	0.8064516
2	M.Fast	1	c(330, 65, 11, 134, 79, 47, 81, 18, 84, 17, 25, 89 [...]	0.5483871
3	M.Fast	2	c(88, 59, 26, 20, 24, 207, 22, 158, 313, 144, 100, [...]	0.1935484
4	M.Fast	3	c(119, 81, 92, 36, 23, 52, 53, 48, 33, 112, 24, 62 [...]	0.9032258
5	M.Fast	4	c(8, 82, 141, 24, 93, 143, 166, 22, 10, 47, 79, 3, [...]	0.9032258
6	M.Fast	5	c(11, 111, 205, 65, 1, 22, 33, 101, 23, 49, 39, 8, [...]	0.7096774
7	M.Fast	6	c(10, 19, 42, 28, 21, 4, 41, 19, 200, 73, 116, 35, [...]	0.7741935
8	M.Fast	7	c(33, 93, 6, 8, 26, 132, 102, 41, 35, 43, 1, 10, 1 [...]	0.8387097

ตัวอย่างข้อมูลความต้องการสินค้าตามตารางที่ 4-7 จะประกอบไปด้วยข้อมูลกลุ่มสินค้า ชั่วโมงการทำงาน ผลต่างเวลาของการเกิดขึ้นของสินค้าในหน่วยวินาทีที่ได้มาจากการรวบรวมข้อมูลผลต่างระหว่างเวลาที่เกิดสินค้าทั้งหมด และค่าความน่าจะเป็น (Probability, p) ในการเกิดกลุ่มสินค้าในแต่ละชั่วโมงที่ได้มากจากจำนวนวันที่มีกลุ่มสินค้าในแต่ละชั่วโมงหารด้วยจำนวนวันทั้งหมด ตามลำดับ โดยการสร้างข้อมูลจะเริ่มจากสุ่มค่าความน่าจะเป็นที่ได้มาจากการคำนวณจำนวนวันที่มีกลุ่มสินค้าในรายชั่วโมงต่อจำนวนวันในระยะเวลาหนึ่งเดือน โดยใช้ Bernoulli Distribution เพื่อหาโอกาสการเกิดสินค้าแต่ละประเภทในช่วงเวลาที่กำหนด ก่อนที่จะหาสุ่มผลต่างของเวลาสำหรับระยะห่างเวลาในการเกิดสินค้า (Time Between Arrival) ซึ่งได้ผลตามตารางที่ 4-8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-8 ตัวอย่างข้อมูลความต้องการของแบบจำลองสถานการณ์

Class	Hour	Day	TimeDiff	TimeArr	Rep
M.Med	0	1	97	97	1
M.Med	0	1	44	141	1
M.Med	0	1	89	230	1
M.Med	0	1	126	356	1
M.Med	0	1	49	405	1
M.Med	0	1	53	458	1
M.Med	0	1	25	483	1
M.Med	0	1	13	496	1
M.Med	0	1	206	702	1
M.Med	0	1	119	821	1
M.Slow	0	1	197	197	1
M.Slow	0	1	15	212	1
M.Slow	0	1	131	343	1
M.Slow	0	1	119	462	1
M.Slow	0	1	39	501	1
M.Slow	0	1	379	880	1
M.Slow	0	1	18	898	1
S.Fast	0	1	86	86	1
S.Fast	0	1	85	171	1

ข้อมูลความต้องการของแบบจำลองสถานการณ์มีตัวอย่างตามตารางที่ 4-8 โดยข้อมูลของกลุ่มสินค้าและชั่วโมงได้มาจากการสุ่มค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้น จากนั้นจะมีการสุ่มข้อมูลผลต่างของเวลาเพื่อนำมาคำนวณเวลาการเกิดขึ้นของสินค้าด้วยการบวกเวลาสะสมในแต่ละกลุ่มสินค้าและตามชั่วโมง ซึ่งจำนวนการสุ่มผลต่างของเวลาจะขึ้นกับเวลาสะสมที่จะต้องไม่เกินในชั่วโมงที่กำหนด การสร้างข้อมูลทั้งหมดจะประกอบด้วยข้อมูล 30 ชุดจะแต่ละชุดจะมีข้อมูลจำนวน 6 วัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2.2.2 ข้อมูลสาขาที่ต้องการสินค้า

การสร้างข้อมูลสาขาที่ต้องการสินค้าของสถานีงาน Secondary Assorted ผู้วิจัยได้แบ่งส่วนการวิเคราะห์สาขาที่ต้องการสินค้าออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การระบุกลุ่มสาขาที่ต้องการสินค้า และการระบุจำนวนสาขาหรือจำนวนลูกค้าที่ต้องการสินค้า

ส่วนแรกการระบุกลุ่มสาขาที่ต้องการสินค้า เนื่องด้วยแต่ละสินค้าสามารถมีความต้องการในหลายกลุ่มสาขา ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำวิเคราะห์หาค่าความน่าจะเป็นของการเกิดกลุ่มสาขาต่อกลุ่มตะกร้าสินค้าแยกตามรายชั่วโมง เพื่อใช้สำหรับการทำ Bernoulli Distribution ตามตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ตัวอย่างข้อมูลความน่าจะเป็นของกลุ่มสาขาต่อกลุ่มตะกร้าสินค้าแยกตามรายชั่วโมง

	Class	Group	Hour	ProbAverage
1	M.Fast	DS	0	0.51003266602937
2	M.Fast	DS	1	0.339668396120009
3	M.Fast	DS	2	0.193548387096774
4	M.Fast	DS	3	0.224011849308963
5	M.Fast	DS	4	0.126873095279167
6	M.Fast	DS	5	0.043010752688172
7	M.Fast	DS	6	0.0645161290322581
8	M.Fast	DS	7	0.032258064516129

ตัวอย่างข้อมูลความน่าจะเป็นของกลุ่มสาขาต่อกลุ่มตะกร้าสินค้าแยกตามรายชั่วโมงตามในตารางที่ 4-9 จะประกอบไปด้วยข้อมูลกลุ่มสินค้า กลุ่มสาขา ชั่วโมงงาน และค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดกลุ่มสาขาต่อกลุ่มสินค้าและชั่วโมงงาน โดยค่าความน่าจะเป็นคำนวณมาจากจำนวนข้อมูลสินค้าในกลุ่มสาขาต่อจำนวนข้อมูลสินค้าทั้งหมดในแต่ละชั่วโมง เฉลี่ยรายวันในระยะเวลา 1 เดือน เมื่อนำค่าความน่าจะเป็นที่ได้มาสร้างข้อมูลกลุ่มสาขาผ่าน Bernoulli Distribution ร่วมกับข้อมูลความต้องการของแบบจำลองสถานการณ์จะสร้างข้อมูลได้ตามตัวอย่างในตารางที่ 4-10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

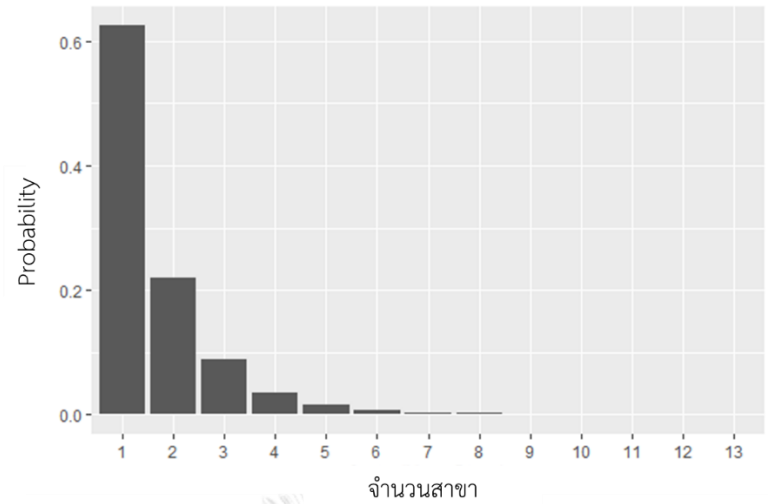
ตารางที่ 4-10 ตัวอย่างข้อมูลกลุ่มสาขาของแบบจำลองสถานการณ์

Class	Hour	Day	TimeDiff	TimeArr	Rep	Group
M.Med	0	1	97	97	1	DS
M.Med	0	1	44	141	1	DS
M.Med	0	1	89	230	1	StoreM
M.Med	0	1	126	356	1	StoreM
M.Med	0	1	49	405	1	DS
M.Med	0	1	53	458	1	StoreS
M.Med	0	1	25	483	1	StoreM
M.Med	0	1	13	496	1	DS
M.Med	0	1	206	702	1	StoreS
M.Med	0	1	119	821	1	StoreS
M.Slow	0	1	197	197	1	DS
M.Slow	0	1	15	212	1	DS
M.Slow	0	1	15	212	1	StoreM
M.Slow	0	1	15	212	1	StoreS
M.Slow	0	1	131	343	1	StoreM
M.Slow	0	1	119	462	1	StoreM
M.Slow	0	1	39	501	1	DS
M.Slow	0	1	379	880	1	StoreM
M.Slow	0	1	270	880	1	StoreS

ตัวอย่างข้อมูลกลุ่มสาขาของแบบจำลองสถานการณ์ตามตารางที่ 4-10 เป็นการนำเอาข้อมูลความต้องการของแบบจำลองสถานการณ์ตามตัวอย่างในตารางที่ 4-8 มาเพิ่มในข้อมูลกลุ่มสาขาหลักสุดท้ายของตารางที่ได้มาจากการสุ่ม

เมื่อได้ข้อมูลกลุ่มสาขาแล้วเพื่อหาข้อมูลสาขาที่ต้องการสินค้า จำเป็นต้องมีการสุ่มหาจำนวนสาขาหรือจำนวนลูกค้าภายในกลุ่มสาขาที่ได้ โดยจะมีการแยกการคำนวณออกเป็นกลุ่มสาขาของบริษัทกับกลุ่ม DS เนื่องจากกลุ่มสาขาของบริษัทจะเป็นการหาจำนวนสาขาที่เกิดขึ้นก่อนที่จะสุ่มชื่อสาขาตามจำนวนที่ได้ ส่วนกลุ่ม DS จะเป็นการหาจำนวนลูกค้า

การหาจำนวนสาขาตามกลุ่มสาขาของบริษัทจะประกอบไปด้วย 5 กลุ่มสาขา ได้แก่ Mall, Mega, StoreL, StoreM และ StoreS ทำได้โดยการวิเคราะห์จำนวนสาขาจากข้อมูลกลุ่มสาขาและกลุ่มสินค้าตามตัวอย่างในรูปที่ 4-8

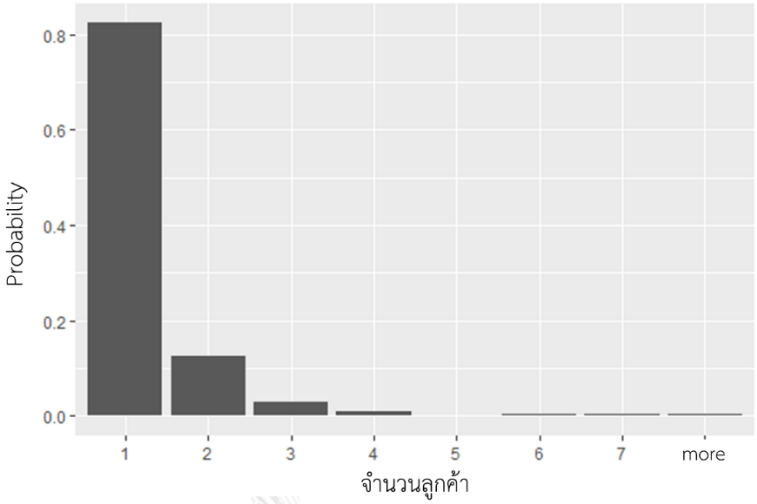


รูปที่ 4-8 ตัวอย่างความน่าจะเป็นจำนวนสาขาของกลุ่มสาขา StoreM ในกลุ่มสินค้า M.Slow

ตัวอย่างความน่าจะเป็นจำนวนสาขาตามรูปที่ 4-8 แสดงตัวอย่างค่าความน่าจะเป็นจำนวนสาขาของกลุ่มสาขา StoreM ในกลุ่มสินค้า M.Slow ซึ่งการคำนวณค่าความน่าจะเป็นได้มาจากการนับจำนวนข้อมูลสินค้าตามจำนวนสาขาในกลุ่มสาขา StoreM ต่อจำนวนข้อมูลสินค้าทั้งหมด โดยผู้วิจัยได้ทำการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของจำนวนสาขาตามจำนวนกลุ่มสาขาและกลุ่มสินค้าที่เหลือเพื่อเตรียมทำการสุ่มหาข้อมูลสาขา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ถัดมาคือจำนวนลูกค้าสำหรับกลุ่ม DS เนื่องจากข้อมูลกลุ่ม DS ต้องพิจารณาความต้องการสินค้าตามจำนวนความต้องการของลูกค้าจึงต้องวิเคราะห์แยกจากกลุ่มสาขาของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งทำได้โดยการหาค่าความน่าจะเป็นจำนวนลูกค้าตามความต้องการของสินค้าตามตัวอย่างในรูปที่ 4-9



รูปที่ 4-9 ตัวอย่างความน่าจะเป็นจำนวนคำสั่งซื้อ DS ตามความต้องการของสินค้าในกลุ่ม M.Fast

ตัวอย่างความน่าจะเป็นจำนวนคำสั่งซื้อ DS ตามรูปที่ 4-9 แสดงค่าความน่าจะเป็นจำนวนลูกค้า DS ตามความต้องการของสินค้าในกลุ่ม M.Fast ซึ่งการคำนวณค่าความน่าจะเป็นได้มาจากการนับจำนวนข้อมูลสินค้าตามจำนวนลูกค้าต่อจำนวนข้อมูลสินค้าทั้งหมด โดยข้อมูลที่ 1 ถึง 7 แสดงค่าความน่าจะเป็นของจำนวนลูกค้าที่ 1 ถึง 7 ตามลำดับ ส่วนข้อมูลที่ 8 หรือ More จะเป็นข้อมูลเฉลี่ย (Expected Number) ของจำนวนคำสั่งลูกค้าที่มากกว่า 7 หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ทำการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของจำนวนลูกค้าตามกลุ่มสินค้าที่เหลือ เพื่อเตรียมการสุ่มต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เมื่อได้ข้อมูลค่าความน่าจะเป็นสำหรับจำนวนสาขาในกลุ่มสาขาของบริษัทและจำนวนลูกค้าในกลุ่ม DS เรียบร้อยแล้ว ขั้นถัดไปคือการนำค่าความน่าจะเป็นที่ได้ไปสร้างข้อมูลสาขาสำหรับแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งจะได้ตัวอย่างตามที่แสดงในตารางที่ 4-11

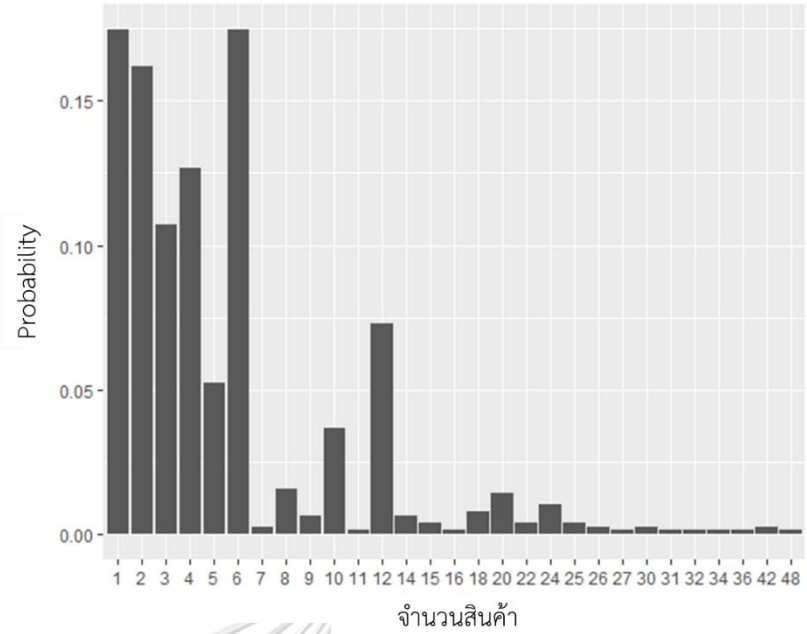
ตารางที่ 4-11 ตัวอย่างข้อมูลสาขาของแบบจำลองสถานการณ์

Class	Hour	Day	TimeDiff	TimeArr	Rep	Group	Article	NumDS_N	Store
M.Med	0	1	97	97	1	DS	1	1	DS
M.Med	0	1	44	141	1	DS	2	1	DS
M.Med	0	1	89	230	1	StoreM	3	1	S019
M.Med	0	1	89	230	1	StoreM	3	2	S098
M.Med	0	1	126	356	1	StoreM	4	1	S050
M.Med	0	1	49	405	1	DS	5	1	DS
M.Med	0	1	53	458	1	StoreS	6	1	S074
M.Med	0	1	25	483	1	StoreM	7	1	S042
M.Med	0	1	13	496	1	DS	8	1	DS
M.Med	0	1	206	702	1	StoreS	9	1	S041
M.Med	0	1	119	821	1	StoreS	10	1	S087
M.Slow	0	1	197	197	1	DS	11	1	DS
M.Slow	0	1	15	212	1	DS	12	1	DS
M.Slow	0	1	15	212	1	StoreM	12	1	S050
M.Slow	0	1	15	212	1	StoreS	12	1	S068
M.Slow	0	1	131	343	1	StoreM	13	1	S091
M.Slow	0	1	119	462	1	StoreM	14	1	S040
M.Slow	0	1	39	501	1	DS	15	1	DS
M.Slow	0	1	379	880	1	StoreM	16	1	S058

ตัวอย่างข้อมูลสาขาของแบบจำลองสถานการณ์ตามตารางที่ 4-11 เป็นการนำเอาข้อมูลจำลองสถานการณ์หลังจากการสร้างกลุ่มสาขาตามตัวอย่างในตารางที่ 4-10 มาเพิ่มในข้อมูลจำนวนสาขาหรือจำนวนลูกค้าที่เกิดขึ้น โดยในส่วนของสาขาปกติเมื่อได้จำนวนสาขาแล้วจะทำการสุ่มชื่อสาขาตามข้อมูลกลุ่มสาขาในตารางที่ 4-6 ตามจำนวนที่ได้

4.2.2.3 ข้อมูลจำนวนสินค้า

การสร้างข้อมูลจำนวนสินค้าของสถานีงาน Secondary Assorted ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนสินค้าตามข้อมูลกลุ่มสินค้าและกลุ่มสาขาจากข้อมูลภายในสถานีงาน Secondary Assorted ในระยะเวลา 1 เดือน ตามตัวอย่างในรูปที่ 4-10



รูปที่ 4-10 ตัวอย่างความน่าจะเป็นของจำนวนสินค้าในกลุ่มสาขา Mall และกลุ่มสินค้า M.Fast

ตัวอย่างความน่าจะเป็นของจำนวนสินค้าตามรูปที่ 4-10 แสดงตัวอย่างค่าความน่าจะเป็นจำนวนสินค้าในกลุ่มสาขา Mall และกลุ่มสินค้า M.Fast ซึ่งการคำนวณค่าความน่าจะเป็นได้มาจากการนับจำนวนข้อมูลสินค้าตามจำนวนสินค้าในกลุ่มสาขา Mall และกลุ่มสินค้า M.Fast ต่อจำนวนข้อมูลสินค้าทั้งหมด โดยผู้วิจัยได้ทำการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของจำนวนสินค้าตามจำนวนกลุ่มสาขาและกลุ่มสินค้าที่เหลือ เพื่อเตรียมทำการสุ่มหาข้อมูลจำนวนสินค้า

เมื่อได้ข้อมูลค่าความน่าจะเป็นของจำนวนสินค้าครบในทุกกลุ่มสาขาและกลุ่มสินค้าขั้นถัดไปคือการนำค่าความน่าจะเป็นที่ได้ไปสร้างข้อมูลจำนวนสินค้าสำหรับแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งจะได้ตัวอย่างตามที่แสดงในตารางที่ 4-12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-12 ตัวอย่างข้อมูลจำนวนสินค้าของแบบจำลองสถานการณ์

Class	Hour	Day	TimeDiff	TimeArr	Rep	Group	Article	NumDS_N	Store	NumItem
M.Med	0	1	97	97	1	DS	1	1	DS	4
M.Med	0	1	44	141	1	DS	2	1	DS	1
M.Med	0	1	89	230	1	StoreM	3	1	S019	2
M.Med	0	1	89	230	1	StoreM	3	2	S098	2
M.Med	0	1	126	356	1	StoreM	4	1	S050	1
M.Med	0	1	49	405	1	DS	5	1	DS	1
M.Med	0	1	53	458	1	StoreS	6	1	S074	4
M.Med	0	1	25	483	1	StoreM	7	1	S042	7
M.Med	0	1	13	496	1	DS	8	1	DS	1
M.Med	0	1	206	702	1	StoreS	9	1	S041	2
M.Med	0	1	119	821	1	StoreS	10	1	S087	1
M.Slow	0	1	197	197	1	DS	11	1	DS	1
M.Slow	0	1	15	212	1	DS	12	1	DS	1
M.Slow	0	1	15	212	1	StoreM	12	1	S050	1
M.Slow	0	1	15	212	1	StoreS	12	1	S068	12
M.Slow	0	1	131	343	1	StoreM	13	1	S091	1
M.Slow	0	1	119	462	1	StoreM	14	1	S040	12
M.Slow	0	1	39	501	1	DS	15	1	DS	1
M.Slow	0	1	379	880	1	StoreM	16	1	S058	1

ตัวอย่างข้อมูลจำนวนสินค้าของแบบจำลองสถานการณ์ตามตารางที่ 4-12 เป็นการนำเอาข้อมูลจำลองสถานการณ์หลังจากการข้อมูลสาขาตามตัวอย่างในตารางที่ 4-11 มาเพิ่มในข้อมูลจำนวนสินค้า

การสร้างข้อมูลตะกร้าสินค้าจะมีรายละเอียดประกอบไปด้วยข้อมูลความต้องการ ข้อมูลสาขา และข้อมูลจำนวนสินค้า เมื่อได้ข้อมูลครบทุกส่วนแล้วจะต้องดำเนินการจัดข้อมูลสินค้าลงตะกร้า ซึ่งองค์ประกอบการจัดสินค้าลงตะกร้าจะขึ้นอยู่กับข้อมูลสินค้า ข้อมูลความจุตะกร้า และ ข้อมูลสาขาภายใน Island เพื่อรวบรวมข้อมูลสินค้าลงตะกร้าและระบุ Island ที่ตะกร้าต้องไป โดยในส่วนถัดไปจะเกี่ยวกับข้อมูลสถานีงานซึ่งจะระบุข้อมูลการจัดสาขาใน Island ปัจจุบัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.3. ข้อมูลสถานีงาน

ข้อมูลสถานีงานจะเป็นส่วนที่อธิบายข้อมูลของสถานีงาน Secondary Assorted ที่จะใช้งานในแบบจำลองสถานการณ์ โดยในข้อมูลสถานีงานจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ข้อมูลภายในสถานีงาน Secondary Assorted และข้อมูลการทำงานในสถานีงาน Secondary Assorted

4.2.3.1 ข้อมูลภายในสถานีงาน Secondary Assorted

บริษัทกรณีศึกษามีการจัดทำข้อมูลสถานีงาน Secondary Assorted เพื่อใช้ในการจัดตำแหน่งตะกร้าสาขา โดยข้อมูลส่วนแรกที่ถูกสร้างจากตำแหน่งตะกร้าสาขาในปัจจุบันจะแสดงตัวอย่างตามตารางที่ 4-13

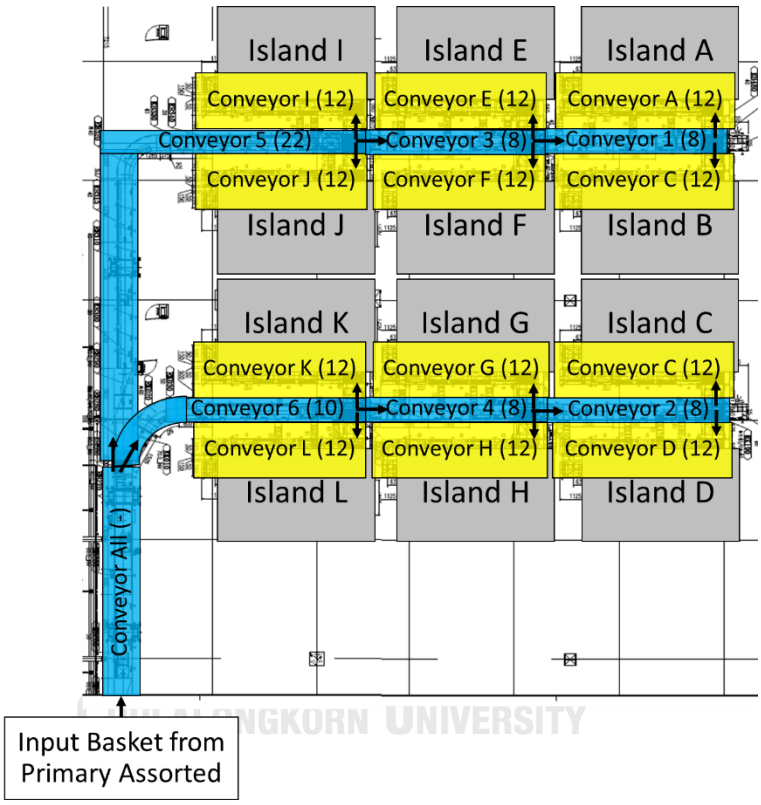
ตารางที่ 4-13 ตัวอย่างข้อมูลตำแหน่งตะกร้าในสถานีงาน Secondary Assorted

Island	Location #	Location Type	Store # / DS
A	A-001-002	Normal	S087
A	A-002-001	Soft Touch	EX99
A	A-002-002	Normal	EX99
A	A-002-003	Soft Touch	S087
A	A-003-002	Normal	S041
A	A-004-001	Soft Touch	S077
A	A-004-002	Normal	S077
A	A-004-003	Soft Touch	S041
A	A-005-002	Normal	S081
A	A-006-001	Soft Touch	S052
A	A-006-002	Normal	S052
A	A-006-003	Soft Touch	S081
A	A-007-002	Normal	M014
A	A-008-001	Soft Touch	S058
A	A-008-002	Normal	S058
A	A-008-003	Soft Touch	M014
A	A-009-002	Normal	S017
A	A-010-001	Soft Touch	S021
A	A-010-002	Normal	S021
A	A-010-003	Soft Touch	S017

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากข้อมูลสถานีงาน Secondary Assorted ที่ได้จากบริษัทกรณีศึกษา จะประกอบไปด้วยข้อมูล Islands ทั้งหมด 12 Islands ได้แก่ Island A - Island L ถัดมาคือข้อมูลแสดงตำแหน่งของตะกร้าหรือ Location ซึ่งจะระบุตำแหน่งตะกร้าภายในแต่ละ Island ข้อมูล Location Type ซึ่งจะแบ่งตามประเภทสินค้าชนิด Normal หรือ Soft Touch และสุดท้ายคือข้อมูลสาขาที่ถูกกำหนดลงแต่ละตำแหน่งในสถานีงาน โดยข้อมูลในส่วนนี้จะถูกนำไปใช้ในการจัดตะกร้าสินค้าที่จะเข้ามายังสถานีงานของแบบจำลองสถานการณ์ รวมถึงการจำลองการทำงานในสถานีงาน Secondary Assorted

นอกเหนือจากตำแหน่งตะกร้าสาขาในปัจจุบันที่จะอยู่ในการจัดการข้อมูลสถานีงาน Secondary Assorted แล้ว ข้อมูลสายพานในการลำเลียงสินค้าภายสถานีงาน Secondary Assorted ที่ใช้งานร่วมกันระหว่าง Island เป็นอีกส่วนในการจัดการข้อมูลภายในสถานีงาน โดยข้อมูลสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือจำนวนแถวคอยที่สามารถเกิดขึ้นได้บนแต่ละช่วงของสายพาน และเวลาที่ใช้ในการลำเลียงตะกร้าผ่านสายพานเข้าสู่แต่ละ Island ซึ่งจำนวนแถวคอยบนสายพานจะมีลักษณะตามรูปที่ 4-11



รูปที่ 4-11 แผนผังการไหลของตะกร้าขาเข้าและจำนวนแถวคอยในสถานีงาน Secondary Assorted

จากรูปที่ 4-11 แสดงแผนผังการไหลของตะกร้าขาเข้าและจำนวนแถวคอยในสถานีงาน Secondary Assorted สายพานจะลำเลียงตะกร้าที่ถูกส่งจากสถานีงาน Primary Assorted ผ่านสายพานลำเลียงตามลูกศร โดยแต่ละ Island จะมีการใช้สายพานลำเลียงร่วมกันตามที่แสดงในเส้นสีฟ้า สายพานที่ใช้ร่วมกันจะเริ่มจาก Conveyor All ที่เป็นสายพานที่ใช้ร่วมกันทุก Island ก่อนที่จะถูก

ส่งแยกไปยัง Conveyor 1-6 ที่เป็นสายพานร่วมสำหรับส่งตะกร้าไปยังสายพานของแยกของแต่ละ Island ประกอบด้วย Conveyor A-L ตามที่แสดงในสีเหลือง ก่อนที่ตะกร้าจะถูกส่งเข้าระบบพุททูไลท์สำหรับกระจายสินค้าลงตะกร้าสาขา ซึ่งแถวคอยของตะกร้าขาเข้าสามารถเกิดขึ้นได้บนสายพานลำเลียง โดยจำนวนสูงสุดของแถวคอยจะแบ่งช่วงและถูกแสดงตัวเลขในวงเล็บตามที่แสดง

สุดท้ายจะเป็นข้อมูลในส่วนข้อมูลเวลาที่ใช้ในการลำเลียงตะกร้าผ่านสายพานเข้าสู่แต่ละ Island เนื่องจากแต่ละ Island ความยาวของสายพานไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงมีการคำนวณระยะเวลาที่ตะกร้าต้องเคลื่อนย้ายบนสายพานในระยะทางระหว่างจุดแยกตะกร้าแรกที่ Conveyor All ตามรูปที่ 4-11 ถึงสายพานในแต่ละ Island ซึ่งจะมีความแตกต่างกันในแต่ละ Island โดยได้ผลตามตารางที่ 4-14

ตารางที่ 4-14 เวลาที่ใช้ในการลำเลียงตะกร้าผ่านสายพานเข้าสู่แต่ละ Island

Island	ความยาวสายพาน (เมตร)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	Island	ความยาวสายพาน (เมตร)	เวลาที่ใช้ (วินาที)
A	33	66	G	16.5	33
B	33	66	H	16.5	33
C	23	46	I	20	40
D	23	46	J	20	40
E	26.5	53	K	10	20
F	26.5	53	L	10	20

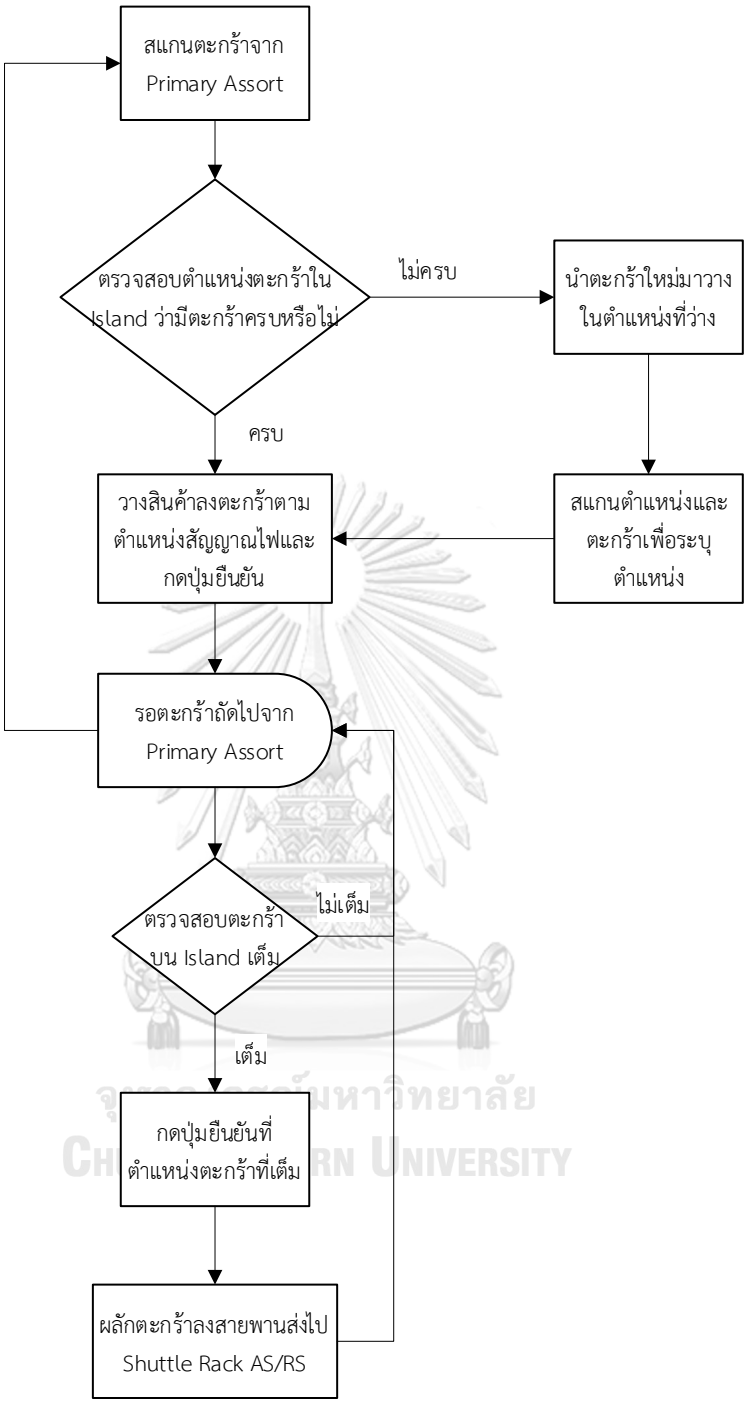
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เวลาที่ใช้ในการลำเลียงตะกร้าผ่านสายพานเข้าสู่แต่ละ Island ตามตารางที่ 4-14 คำนวณโดยใช้ความเร็วเฉลี่ยของสายพาน 30 เมตรต่อนาที เทียบกับความยาวสายพานในระยะทางจุดแยกตะกร้าแรกที่ Conveyor All ถึงสายพานในแต่ละ Island

4.2.3.2 ข้อมูลการทำงานในสถานีงาน Secondary Assorted

ข้อมูลการทำงานภายในสถานีงาน Secondary Assorted จะเริ่มจากการศึกษาการดำเนินการของพนักงาน การดำเนินงานพนักงานดำเนินงานแยกตาม Island ที่เปิดใช้งาน โดยหนึ่ง Island จะใช้พนักงานดำเนินงานหนึ่งคน ซึ่งกระบวนการทำงานของพนักงานในแต่ละ Island จะถูกแสดงในรูปที่ 4-12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



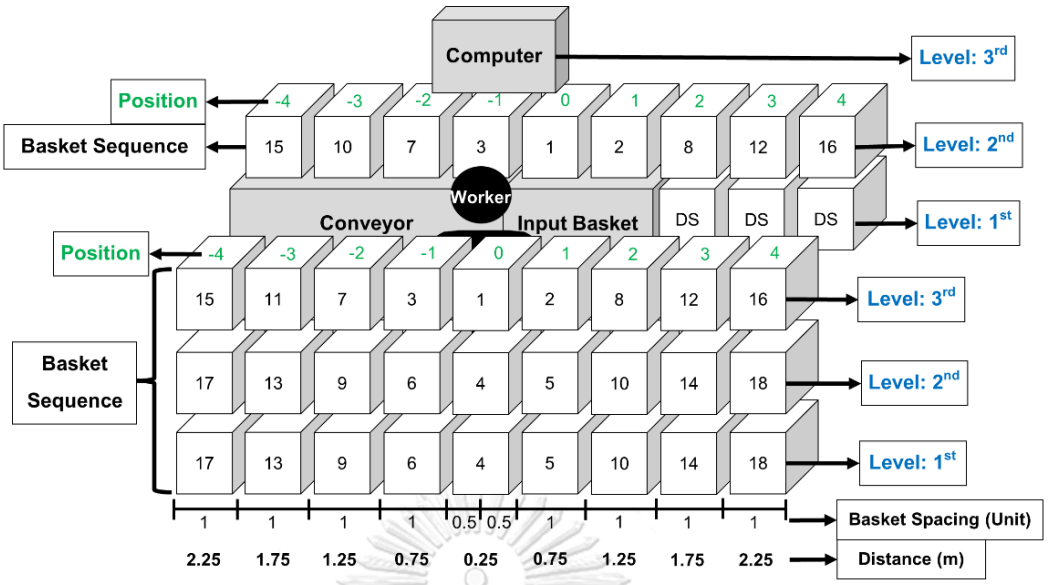
รูปที่ 4-12 แผนผังกระบวนการทำงานของพนักงานภายในแต่ละ Island

กระบวนการทำงานของพนักงานภายในแต่ละ Island ตามรูปที่ 4-12 เริ่มจากพนักงานรับตะกร้าสินค้าที่ถูกส่งผ่านสายพานจาก Primary Assorted ถึง Island และทำการสแกนบาร์โค้ดที่

ตะกร้า หลังจากนั้นพนักงานจะทำการเช็กตะกร้าสินค้าที่วางใน Island ว่ามีตะกร้าสินค้าครบหรือไม่ หากไม่จะทำการนำตะกร้าใหม่ไปวางพร้อมกับสแกนตะกร้าเพื่อระบุตำแหน่งภายใน Island เมื่อทำการติดตั้งตะกร้าเสร็จหรือตะกร้าสินค้าภายใน Island ครบตั้งแต่ต้นพนักงานจะกระจายสินค้าลงตะกร้าใน Island โดยจะวางสินค้าลงตะกร้าใน Island ตามตำแหน่งและจำนวนที่มีสัญญาณไฟกำหนด ก่อนจะกดปุ่มเพื่อยืนยันการวางสินค้า เมื่อทำการกระจายสินค้าเสร็จพนักงานจะรอตะกร้าจาก Primary Assorted ใบถัดไป ระหว่างในการวางสินค้าหากมีกรณีที่สินค้าเต็มตะกร้าภายใน Island พนักงานจะกดปุ่มยืนยันตะกร้าที่เต็ม ก่อนที่จะผลักตะกร้าลงสู่สายพานเพื่อส่งไปเก็บยัง Shuttle Rack AS/RS

ในกระบวนการทำงานของพนักงานทั้งหมดจะมีการใช้เวลาที่แตกต่างกันตามลักษณะของงานภายในกระบวนการ ซึ่งผู้วิจัยได้แยกกระบวนการทำงานสำหรับคำนวณเวลาออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือเวลาที่ใช้ในการกระจายสินค้าลงตะกร้า และส่วนที่สองคือเวลาในการส่งตะกร้าที่เต็มออกจากสถานีงานพร้อมทั้งเปลี่ยนตะกร้าใบใหม่ นอกเหนือเวลาที่ใช้จะแตกต่างตามกระบวนการทำงาน เวลาที่พนักงานใช้จะแตกต่างตามลำดับชั้นที่วางตะกร้า ฝั่งที่วางตะกร้า และระยะทางการเดินสำหรับกระจายสินค้าภายใน Island โดยตามลำดับชั้นที่วางตะกร้า และระยะทางการเดินภายใน Island จะถูกแบ่งส่วนตามในรูปที่ 4-13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-13 ข้อมูลตำแหน่งตะกร้าสินค้าภายในแต่ละ Island

จากรูปที่ 4-13 แสดงระดับชั้นวางตะกร้าสินค้าภายใน Island โดยแสดงตามตัวอักษรสีฟ้า ระดับชั้นวางจะส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานเนื่องจากในชั้นวางในระดับที่ 1 พนักงานจะต้องก้มและระดับ 3 พนักงานต้องก้าวขึ้นพื้นต่างระดับเพื่อที่จะวางสินค้า รวมถึงในกระบวนการที่ตะกร้าภายใน Island เต็มต้องทำการเปลี่ยนตะกร้าชั้นวางในระดับที่ 1 และ 3 จะต้องยกตะกร้าออกจากชั้นวางเพื่อส่งตะกร้าไปเก็บผ่านสายพานลำเลียง ซึ่งต่างจากชั้นวางในระดับที่ 2 ที่พนักงานเพียงผลักตะกร้าสู่สายพานเท่านั้น ดังนั้นระดับชั้นวางตะกร้าสินค้าภายใน Island จึงมีส่วนที่ทำให้เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานแตกต่างกัน

ฝั่งที่วางตะกร้าภายในแต่ละ Island ตามในรูปที่ 4-13 จะแบ่งออกเป็น 2 ฝั่ง ซึ่งฝั่งตะกร้าที่มีคอมพิวเตอร์ สายพานและจุดรับตะกร้าสินค้าจะเป็นฝั่งแรก ฝั่งที่สองจะเป็นฝั่งตรงกันข้ามที่จะมีเพียงตะกร้าสินค้าเท่านั้น โดยตะกร้าสินค้าที่ถูกจัดการฝั่งที่สองพนักงานจะต้องมีการหมุนตัวเพื่อทำการวางสินค้าลงตะกร้าที่อยู่ฝั่งตรงข้ามกับจุดรับตะกร้าขาเข้าและหมุนกลับมาจุดเดิมเพื่อจัดการกับตะกร้าขา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เข้าต่อ ส่งผลให้การวางสินค้าในฝั่งที่สองของ Island ใช้เวลามากกว่าฝั่งแรกในตำแหน่งตะกร้าเดียวกัน

ตำแหน่งตะกร้าสินค้าภายใน Island แสดงภายในรูปที่ 4-13 ตามกล่องที่ภายในระบุตัวอักษรสีดำ โดยตัวเลขเป็นการจัดลำดับตะกร้าตามสาขาของบริษัท ส่วน DS เป็นตะกร้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรง จากรูปผู้วิจัยได้ทำการแบ่งตำแหน่งระยะการเดินออกเป็น 9 ตำแหน่งตามตะกร้าในแนวทางเดินของพนักงานภายในสถานีงานตามตัวอักษรสีเขียว ซึ่งจุดเริ่มต้นจะถูกกำหนดอยู่ที่จุดรับตะกร้าขาเข้าและหน้าจอมอนิเตอร์ เครื่องหมายลบหน้าตัวเลขหมายถึงด้านตะกร้าที่อยู่ซ้ายเมื่อหันหน้าเข้าหน้าจอมอนิเตอร์ โดยแต่ละตำแหน่งที่กำหนดส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน เนื่องจากเวลาที่ใช้แปรผันตรงตามระยะทางเดินไปยังตำแหน่งตะกร้าที่วางอยู่

จากข้อมูลตำแหน่งตะกร้าสินค้าภายในแต่ละ Island ผู้วิจัยได้คำนวณเวลาที่ใช้ตามกระบวนการทำงาน ระดับชั้นวาง ฝั่งที่วางตะกร้า และระยะทางในตำแหน่งของตะกร้าสินค้า โดยใช้ข้อมูลเวลาจากเวลามาตรฐาน (Standard Time) ในคลังสินค้า [32] ซึ่งจะได้ระยะเวลาในกระบวนการทำงานแสดงตามตารางที่ 4-15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4-15 ฐานนิยมของเวลาที่ใช้ในกระบวนการทำงานภายในสถานีงาน Secondary Assorted ของฝั่งวางตะกร้าที่มีคอมพิวเตอร์

	เวลาที่ใช้ในกระบวนการ (วินาที)					
กระบวนการ	กระจายสินค้าลงตะกร้า			ส่งตะกร้าเต็มออกจากสถานีงานและเปลี่ยนตะกร้าใบใหม่		
Level / Position	1	2	3	1	2	3
0	8	5	8	14	8	14
1	9	6	9	14	8	14
2	10	7	10	14	8	14
3	11	8	11	14	8	14
4	12	9	12	14	8	14
-1	9	6	9	14	8	14
-2	10	7	10	14	8	14
-3	11	8	11	14	8	14
-4	12	9	12	14	8	14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4-15 แสดงฐานนิยมของเวลาที่ใช้ในกระบวนการทำงานภายในสถานีงานของฝั่งวางตะกร้าที่มีคอมพิวเตอร์ ซึ่งคำนวณมาจากการรวมเวลามาตรฐานของกิจกรรมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ โดยกระบวนการกระจายสินค้าลงตะกร้าประกอบไปด้วยการสแกนตะกร้าขาเข้า หยิบ

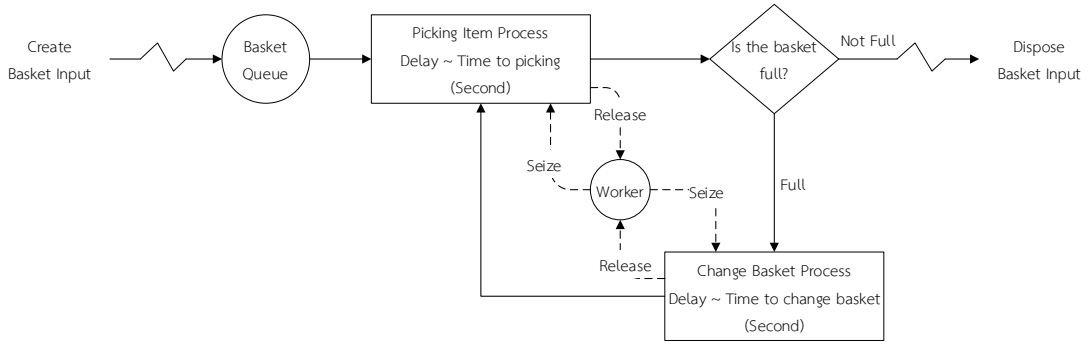
สินค้า การเดินนำสินค้าไปวาง การกดปุ่มยืนยันสินค้า และการยกตะกร้าสินค้าขาเข้าเปล่าออก อีกส่วนคือกระบวนการส่งตะกร้าเต็มออกจากสถานีงานและเปลี่ยนตะกร้าใบใหม่ที่มีขั้นตอนประกอบไปด้วยการกดปุ่มยืนยันสำหรับเปลี่ยนตะกร้า การผลักตะกร้าออกจากชั้นวางหรือยกตะกร้าออกจากชั้นวาง การนำตะกร้าใบใหม่มาวาง และการยืนยันตำแหน่งตะกร้าใบใหม่

ข้อมูลในตารางที่ 4-15 เป็นตารางข้อมูลเวลาฐานนิยมที่แสดงเพียงเวลาของฝั่งวางตะกร้าที่มีคอมพิวเตอร์เท่านั้น ส่วนฝั่งตรงข้ามจะมีเวลาเพิ่มขึ้นเนื่องจากการหมุนตัวไปกลับของพนักงาน โดยจะเพิ่มเวลา 1 วินาทีเมื่อเทียบกับระยะการหมุนตัวของพนักงานทั้งไปและกลับ

การนำข้อมูลเวลาการทำงานมาใช้งาน เมื่อได้ข้อมูลเวลาฐานนิยมแล้ว ผู้จัดทำได้เลือกใช้การแจกแจงแบบสามเหลี่ยม (Triangular Distribution) ในการสุ่มข้อมูลเวลาที่เกิดขึ้น โดยกำหนดค่าเวลาสูงสุดเป็นสองเท่าของค่าข้อมูลเวลาฐานนิยม และกำหนดค่าเวลาสูงสุดเป็นครึ่งหนึ่งของค่าข้อมูลเวลาฐานนิยม ก่อนที่จะทำการสุ่มข้อมูลเวลาสำหรับการทำงานของพนักงานในแต่ละการจัดการสินค้า

สุดท้ายคือการสร้างแบบจำลองการทำงานในสถานีงาน Secondary Assorted โดยอาศัยข้อมูลกระบวนการทำงานและข้อมูลเวลาที่ใช้ภายในกระบวนการทำงาน ซึ่งผู้วิจัยสร้างแบบจำลองการทำงานผ่านโปรแกรม R/Rstudio โดยมีรูปแบบแผนผังการทำงานตามรูปที่ 4-14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-14 แผนผังขั้นตอนการจำลองการทำงานในสถานีงาน Secondary Assorted

จากรูปที่ 4-14 แผนผังขั้นตอนการจำลองการทำงานในสถานีงาน Secondary Assorted กระบวนการทำงานของแบบจำลองจะเริ่มจากตะกร้าขาเข้าถูกส่งเข้ามาที่สถานีงาน Secondary Assorted ผ่านสายพานที่จะมีการนับลำดับคิวงานที่ค้างอยู่เมื่อถึงลำดับงานก่อนเข้าสู้กระบวนการหยิบสินค้า ซึ่งมีพนักงานเป็นทรัพยากรในแต่ละ Island ในกรณีที่ตะกร้าสินค้าเต็มจะเข้าสู่กระบวนการผลักตะกร้าสินค้าและเปลี่ยนตะกร้าใบใหม่ โดยจะมีการส่งข้อมูลตะกร้าขาออก ก่อนที่จะจบหนึ่งรอบกระบวนการที่ตะกร้าเข้ามา

4.3. การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการกระจายข้อมูลตะกร้าสินค้า

จากการวิเคราะห์และสร้างข้อมูลตะกร้าสินค้าที่ในหัวข้อที่ 4.2.2. เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของข้อมูลที่ได้สร้างขึ้นมา จึงได้ทำการตรวจสอบโดยการเปรียบเทียบความถูกต้องของการกระจายข้อมูลระหว่างข้อมูลจริงกับข้อมูลที่สถูกสร้างขึ้นมาสำหรับใช้ในแบบจำลอง

การทดสอบทำความถูกต้องและแม่นยำของการกระจายข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบผ่านโปรแกรม R/RStudio โดยเปรียบเทียบด้วยกันทั้งหมด 2 ส่วน ส่วนแรกทำการทดสอบด้วยวิธี Welch’s Two Sample T-Test หรือ T-Test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างข้อมูลของค่าเฉลี่ยข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับที่เกิดขึ้นบนระบบจริง ที่ระดับนัยสำคัญ (α) ที่ 0.05 โดยกำหนดสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

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

โดย μ_1 = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์

μ_2 = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ส่วนที่สองผู้วิจัยได้ใช้วิธี Kolmogorov-Smirnov Test หรือ KS-Test เปรียบเทียบข้อมูลที่สร้างกับข้อมูลจริงผ่านโปรแกรม R/RStudio ที่ระดับนัยสำคัญ (α) ที่ 0.05 โดยกำหนดสมมติฐานดังนี้

$$H_0: P = P_0$$

$$H_1: P \neq P_0$$

โดย P = ลักษณะการกระจายข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์

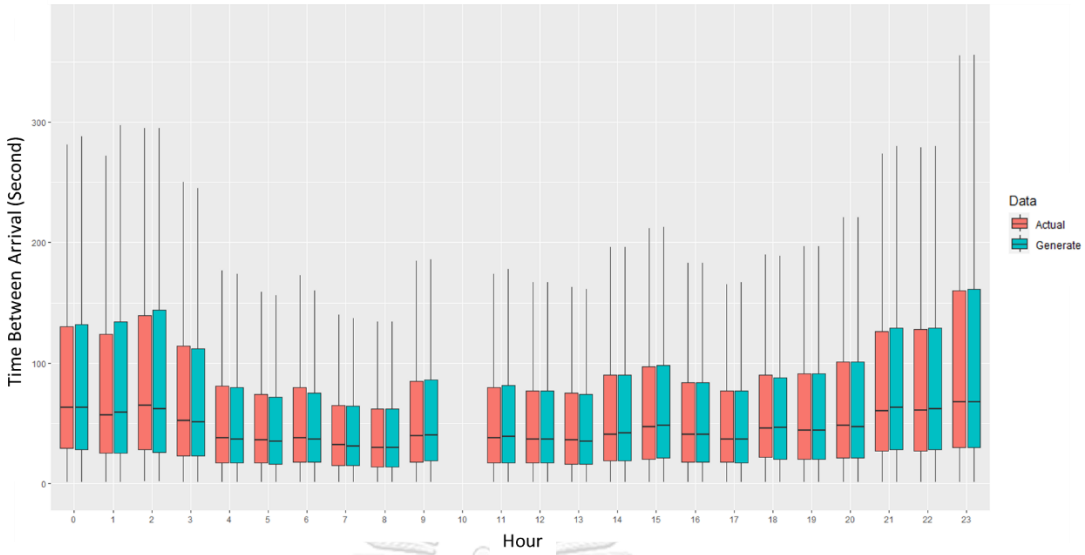
P_0 = ลักษณะการกระจายข้อมูลจริง

โดยการทดสอบจะแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ การทดสอบความถูกต้องของข้อมูลความต้องการสินค้า การทดสอบความถูกต้องของข้อมูลสาขาที่ต้องการสินค้า และการทดสอบความถูกต้องของข้อมูลจำนวนสินค้า

4.3.1. การทดสอบความถูกต้องของข้อมูลความต้องการสินค้า

ข้อมูลความต้องการสินค้าเป็นข้อมูลที่ได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลสินค้าที่เข้ามายังสถานีงาน Secondary Assorted ในระยะเวลาทั้งหมด 1 เดือน โดยข้อมูลที่สร้างขึ้นมาจากผลต่างเวลาของการเกิดขึ้นของสินค้าในหน่วยวินาที ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบผลต่างเวลาระหว่างข้อมูลจริงกับข้อมูลแบบจำลองในรายชั่วโมงที่เกิดขึ้น ซึ่งผลการทดสอบการลักษณะการกระจายข้อมูลแสดงในรูปที่ 4-15 และตารางที่ 4-16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-15 การกระจายของความต้องการสินค้าจากข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลอง

ตารางที่ 4-16 การทดสอบข้อมูลความต้องการสินค้าระหว่างข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลอง

ชั่วโมง	p-value	
	T-Test	KS-Test
0	0.92539	0.99725
1	0.34694	0.65635
2	0.93050	0.99978
3	0.51634	1.00000
4	0.42164	0.99422
5	0.30743	0.78909
6	0.06575	0.35352
7	0.43083	0.99868
8	0.95809	1.00000
9	0.24999	0.91615
10	0.01163	1.00000
11	0.24836	0.57873

ชั่วโมง	p-value	
	T-Test	KS-Test
12	0.74540	1.00000
13	0.84298	0.99983
14	0.75456	0.98406
15	0.54204	0.93990
16	0.57913	0.98836
17	0.49803	0.91128
18	0.44015	0.90936
19	0.80478	1.00000
20	0.99705	1.00000
21	0.22508	0.44983
22	0.53630	0.99998
23	0.96651	1.00000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

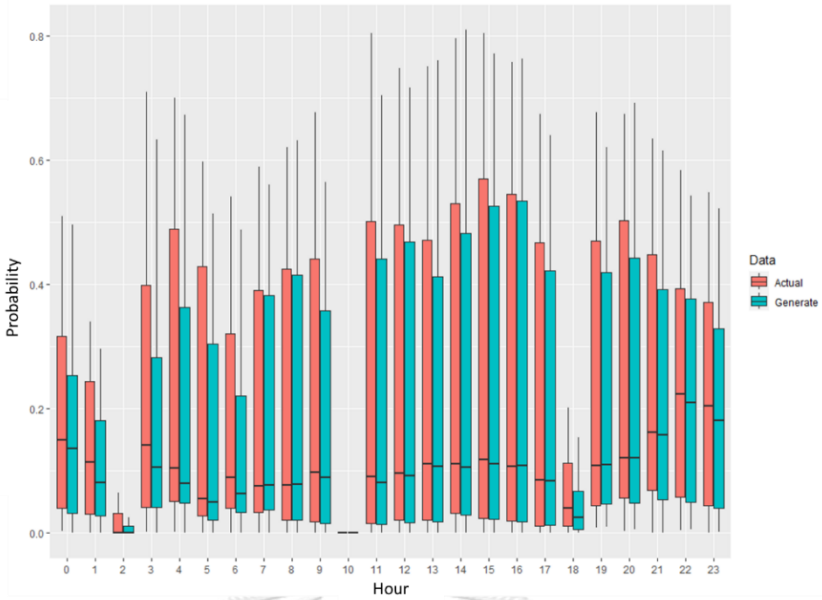
จากในรูปที่ 4-15 แสดงให้เห็นว่าลักษณะการกระจายของข้อมูลความต้องการสินค้าระหว่างข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลองมีลักษณะใกล้เคียงกัน และจากตารางที่ 4-16 พบว่า ค่า p-value ของความต้องการสินค้าทุกชั่วโมงมีค่ามากกว่า 0.05 ยกเว้นการทดสอบค่าเฉลี่ยในชั่วโมงที่ 10 เนื่องจากมีปริมาณข้อมูลที่จากช่วงเวลาเปลี่ยนรอบการทำงาน ดังนั้นภาพรวมของการทดสอบจึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H0 ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลความต้องการสินค้าที่สร้างขึ้นมาสำหรับแบบจำลองสามารถใช้แทนข้อมูลความต้องการสินค้าจริงได้

4.3.2. การทดสอบความถูกต้องของข้อมูลสาขาที่ต้องการสินค้า

ข้อมูลสาขาที่ต้องการสินค้าของสถานีงาน Secondary Assorted ผู้วิจัยได้แบ่งส่วนการวิเคราะห์และสร้างข้อมูลสาขาที่ต้องการสินค้าออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลการระบุกลุ่มสาขาที่ต้องการสินค้า และข้อมูลการระบุจำนวนสาขาหรือจำนวนลูกค้าที่ต้องการสินค้า จึงต้องมีการการทดสอบความถูกต้องทั้งสองส่วน

ส่วนแรกข้อมูลการระบุกลุ่มสาขาที่ต้องการสินค้า ข้อมูลส่วนนี้สร้างขึ้นมาจากค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดกลุ่มสาขาต่อกลุ่มสินค้าและชั่วโมงงาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดกลุ่มสาขาระหว่างข้อมูลจริงกับข้อมูลแบบจำลองในรายชั่วโมงที่เกิดขึ้น ซึ่งผลการทดสอบการลักษณะการกระจายข้อมูลแสดงในรูปที่ 4-16 และตารางที่ 4-17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-16 การกระจายของค่าความน่าจะเป็นกลุ่มสินค้าจากข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลอง

ตารางที่ 4-17 การทดสอบข้อมูลค่าความน่าจะเป็นกลุ่มสินค้าของข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลอง

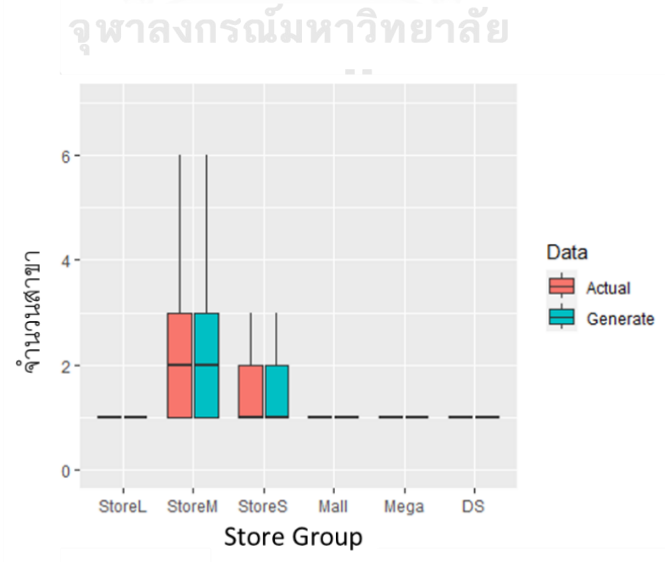
ชั่วโมง	p-value		ชั่วโมง	p-value	
	T-Test	KS-Test		T-Test	KS-Test
0	0.31273	0.51170	12	0.74823	0.98665
1	0.08681	0.02730	13	0.86331	0.99899
2	0.06130	0.00351	14	0.84632	0.99942
3	0.31330	0.81328	15	0.82431	0.99910
4	0.51947	0.92844	16	0.96543	0.99906
5	0.29813	0.50960	17	0.65633	0.98665
6	0.17646	0.26495	18	0.00536	0.04515
7	0.99569	0.99937	19	0.80640	0.98665
8	0.80116	0.91688	20	0.74837	0.98637
9	0.33670	0.51301	21	0.50753	0.92758
10	0.16005	0.24370	22	0.63853	0.98665
11	0.55056	0.66230	23	0.49998	0.81328

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากรูปที่ 4-16 แสดงให้เห็นว่าลักษณะการกระจายของข้อมูลค่าความน่าจะเป็นของกลุ่มสาขาระหว่างข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลองมีลักษณะใกล้เคียงกัน และจากตารางที่ 4-17 พบว่า ค่า p-value ของกลุ่มสาขาในแต่ละชั่วโมงเกือบทั้งหมดมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แต่จะมีข้อมูลบางส่วนที่มีค่า p-value น้อยกว่า 0.05 เนื่องจากข้อมูลในช่วงนั้นมีปริมาณน้อย ซึ่งเป็นมาจากการเปลี่ยน Wave สินค้า รวมถึงช่วงเวลาในการทำ Wave DS จึงส่งผลให้ค่า p-value ต่ำกว่าระดับที่กำหนดและไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_1 แต่เนื่องด้วยปริมาณข้อมูลที่น้อยเมื่อเทียบกับสัดส่วนปริมาณข้อมูลทั้งหมด

ส่วนที่สองข้อมูลการระบุจำนวนสาขาหรือจำนวนลูกค้าที่ต้องการสินค้า โดยข้อมูลส่วนนี้สร้างขึ้นมาจากการคำนวณจำนวนสาขาหรือจำนวนลูกค้าที่เกิดขึ้นต่อสินค้า ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบจำนวนสาขาหรือจำนวนลูกค้าที่เกิดขึ้นต่อสินค้าระหว่างข้อมูลจริงกับข้อมูลแบบจำลองแยกตามกลุ่มสาขา ซึ่งผลการทดสอบการลักษณะการกระจายข้อมูลแสดงในรูปที่ 4-17 และตารางที่ 4-18

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-17 การกระจายของจำนวนสาขาตามกลุ่มสาขาจากข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลอง

ตารางที่ 4-18 การทดสอบจำนวนสาขาแยกตามกลุ่มสาขาจากข้อมูลจริงและจากแบบจำลอง

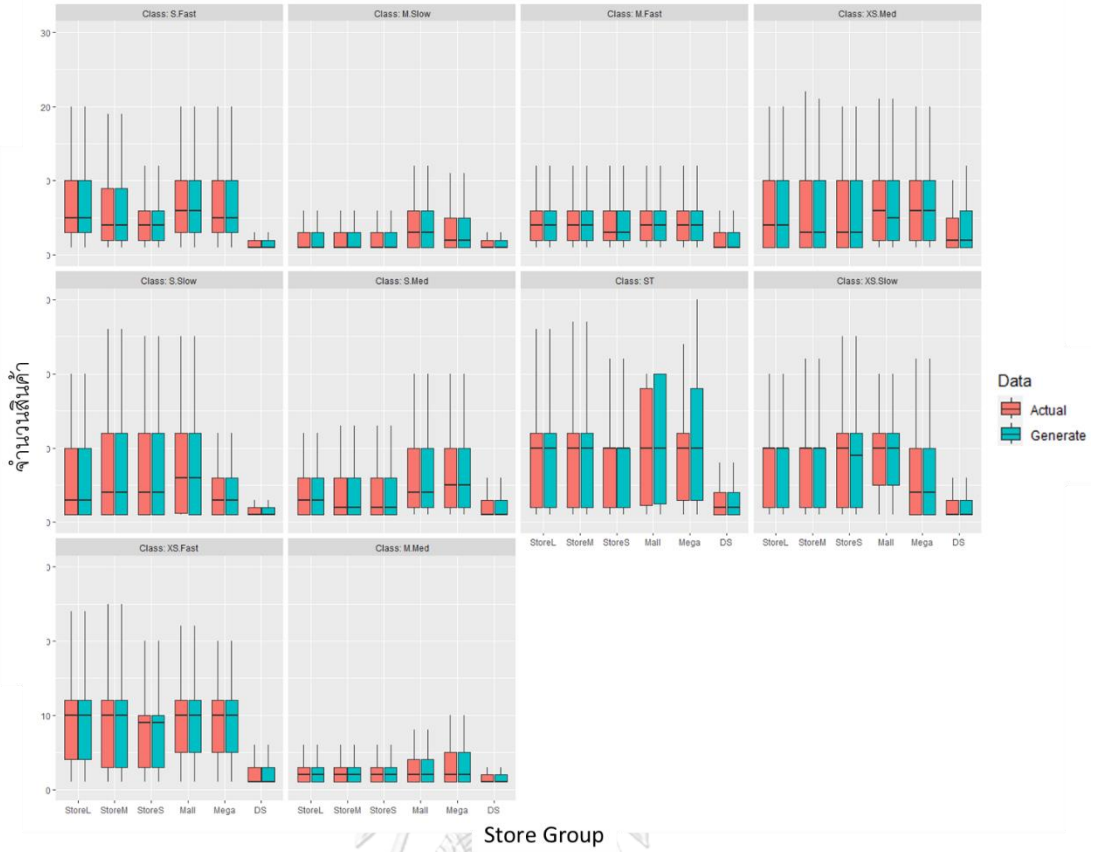
กลุ่มสาขา	p-value	
	T-Test	KS-Test
DS	0.18751	0.68915
Mall	0.44953	1.00000
Mega	0.67043	0.99998
StoreL	0.10729	0.56059
StoreM	0.20936	0.65361
StoreS	0.13515	0.39319

จากรูปที่ 4-17 แสดงให้เห็นว่าลักษณะการกระจายของข้อมูลจำนวนสาขาตามกลุ่มสาขาระหว่างข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลองมีลักษณะใกล้เคียงกัน และจากตารางที่ 4-18 พบว่า ค่า p-value ของจำนวนสาขาในทุกกลุ่มสาขามีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลจำนวนสาขาตามกลุ่มสาขาที่สร้างขึ้นมาสำหรับแบบจำลองสามารถใช้แทนข้อมูลสาขาจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3.3. การทดสอบความถูกต้องของข้อมูลจำนวนสินค้า

ข้อมูลจำนวนสินค้าเป็นข้อมูลการที่วิเคราะห์และสร้างขึ้นมาจากการคำนวณความน่าจะเป็นของจำนวนสินค้าในแต่ละสินค้าต่อสาขา ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของจำนวนสินค้าระหว่างข้อมูลจริงกับข้อมูลแบบจำลองแยกตามกลุ่มสินค้าและกลุ่มสาขา ซึ่งผลการทดสอบการลักษณะการกระจายข้อมูลแสดงในรูปที่ 4-18 และตารางที่ 4-19



รูปที่ 4-18 การกระจายของจำนวนสินค้าตามกลุ่มสินค้าและกลุ่มสาขาจากข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-19 การทดสอบจำนวนสินค้าจากข้อมูลจริงและจากแบบจำลอง

กลุ่มสาขา / กลุ่มสินค้า	p-value											
	DS		Mall		Mega		StoreL		StoreM		StoreS	
	T-Test	KS-Test	T-Test	KS-Test	T-Test	KS-Test	T-Test	KS-Test	T-Test	KS-Test	T-Test	KS-Test
M.Fast	0.73387	1.00000	0.97471	1.00000	0.99579	0.99999	0.66621	0.99546	0.81451	1.00000	0.49021	0.99971
M.Med	0.83161	1.00000	0.82718	1.00000	0.73130	1.00000	0.70379	1.00000	0.75873	1.00000	0.73400	1.00000
M.Slow	0.93315	1.00000	0.41447	0.99884	0.93552	1.00000	0.96571	1.00000	0.84938	0.99542	0.95610	1.00000
S.Fast	0.93908	1.00000	0.78108	1.00000	0.97159	1.00000	0.86896	1.00000	0.26989	0.99938	0.89990	1.00000
S.Med	0.92416	1.00000	0.53077	0.99996	0.71824	1.00000	0.24707	0.98760	0.98448	1.00000	0.79923	1.00000
S.Slow	0.94279	1.00000	0.95338	1.00000	0.84329	1.00000	0.86914	1.00000	0.78895	1.00000	0.96963	1.00000
ST	0.52456	1.00000	0.80332	1.00000	0.56061	1.00000	0.94815	1.00000	0.62772	1.00000	0.77409	1.00000
XS.Fast	0.84745	1.00000	0.63505	1.00000	0.90132	1.00000	0.60992	0.93567	0.87782	1.00000	0.73004	0.99848
XS.Med	0.86738	1.00000	0.39066	0.99887	0.49288	1.00000	0.85401	1.00000	0.67935	0.99831	0.63854	1.00000
XS.Slow	0.89619	1.00000	0.55639	1.00000	0.90672	1.00000	0.88366	0.98903	0.65999	1.00000	0.92465	0.99931

จากรูปที่ 4-18 แสดงให้เห็นว่าลักษณะการกระจายของข้อมูลจำนวนสินค้าตามกลุ่มสินค้าและกลุ่มสาขาระหว่างข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลองมีลักษณะใกล้เคียงกัน และจากตารางที่ 4-19 พบว่า ค่า p-value ของจำนวนสินค้าในทุกกลุ่มมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลจำนวนสินค้าที่สร้างขึ้นมาสำหรับแบบจำลองสามารถใช้แทนข้อมูลจำนวนสินค้าจริง

4.4. การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลองสถานการณ์

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์จำเป็นจะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของข้อมูล 2 ส่วน ประกอบไปด้วย การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองสถานการณ์ และการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์ โดยการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลองสถานการณ์จะใช้ KS-Test เปรียบเทียบข้อมูลที่สร้างกับข้อมูลจริง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และกำหนดสมมติฐาน เช่นเดียวกับหัวข้อที่ 4.3.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.4.1. การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองสถานการณ์

การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำข้อมูลนำเข้าแบบจำลองสถานการณ์ของสถานีงาน Secondary Assorted ทำได้โดยเปรียบเทียบจำนวนตะกร้าขาเข้าระหว่างข้อมูลจริงและข้อมูลที่สร้างขึ้นมาสำหรับแบบจำลองจากข้อมูลตะกร้าสินค้า

การนับจำนวนตะกร้าสินค้าของแบบจำลองเพื่อใช้สำหรับการตรวจสอบจะกำหนดข้อมูลในจัดการตะกร้าสินค้าให้เหมือนกับการทำงานในปัจจุบันของข้อมูลจริง ได้แก่ การกำหนด Island สำหรับแต่ละสาขาของบริษัท เปอร์เซ็นต์ความจุสูงสุดของตะกร้าที่บรรจุสินค้า ซึ่งจะได้เลขตะกร้าตามตัวอย่างในรูปที่ 4-19

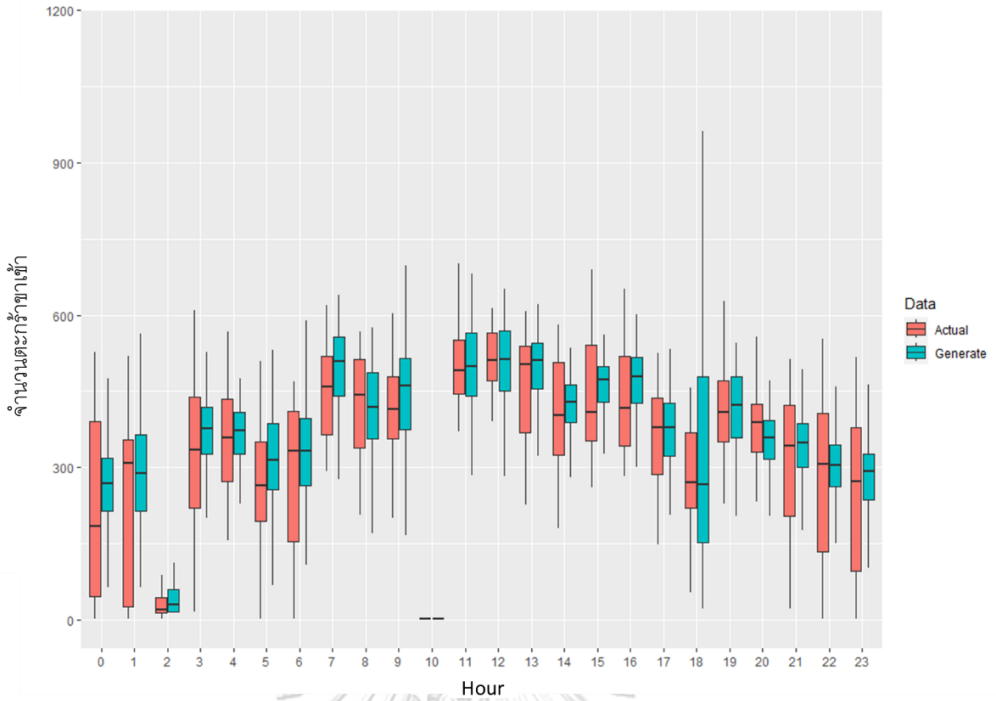
Class	Hour	Day	TimeDiff	TimeArr	Rep	Group	Article	NumDS_N	Store	NumItem	PercentVol	Island	BasketNum
S.Slow	20	6	14	73253	1	StoreM	15101	1	S048	12	1.35	C	51223
S.Slow	20	6	53	73239	1	StoreS	15100	1	S094	1	1.35	B	51218
S.Slow	20	6	14	73253	1	StoreM	15101	3	S037	1	1.35	F	51224
M.Fast	20	6	19	73267	1	StoreS	15029	1	S059	1	5.38	D	51226
M.Fast	20	6	29	73248	1	StoreM	15028	1	S050	6	5.38	A	51219
S.Slow	20	6	14	73253	1	StoreL	15101	1	S017	12	1.35	A	51222
S.Slow	20	6	14	73253	1	StoreM	15101	2	S021	10	1.35	A	51222
M.Fast	20	6	19	73267	1	StoreM	15029	1	S024	4	5.38	E	51227
S.Slow	20	6	28	73281	1	StoreM	15102	3	S040	12	1.35	D	51230
M.Fast	20	6	19	73267	1	StoreM	15029	2	S097	10	5.38	B	51225
M.Fast	20	6	37	73304	1	DS	15030	1	53	1	5.38	H	51235
S.Slow	20	6	18	73299	1	StoreM	15103	2	S051	6	1.35	D	51233
S.Slow	20	6	28	73281	1	StoreM	15102	2	S071	1	1.35	A	51228
S.Slow	20	6	18	73299	1	StoreM	15103	3	S019	3	1.35	C	51232

รูปที่ 4-19 ตัวอย่างการจัดเตรียมข้อมูลตะกร้าขาเข้าสำหรับแบบจำลองสถานการณ์

ตัวอย่างการจัดเตรียมข้อมูลตะกร้าขาเข้าในรูปที่ 4-19 ได้มาจากการนำเอาข้อมูลตะกร้าสินค้ามากำหนดข้อมูล Island และข้อมูลปริมาตรสินค้ามาใช้ในการจัดการ ซึ่งข้อมูล Island จะถูกกำหนดตามข้อมูลการทำงานในปัจจุบัน ในส่วนข้อมูลปริมาตรจะเป็นไปตามกลุ่มสินค้าเพื่อใช้ในการคำนวณจำนวนสินค้าที่สามารถบรรจุได้ภายในตะกร้า ข้อมูลทั้ง 2 ส่วนจะเป็นตัวกำหนดตะกร้าขาเข้าโดยสินค้าแบบเดียวกันไปยัง Island ที่เหมือนกันจะถูกจัดลงตะกร้าใบเดียวกันที่ความจุไม่เกิน 70% ของปริมาตรตะกร้า ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นเลขตะกร้าที่แสดงดังรูปที่ 4-19

จากข้อมูลเลขตะกร้าที่ได้จากการคำนวณในแบบจำลอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบจำนวนตะกร้าขาเข้าระหว่างข้อมูลจริงกับข้อมูลแบบจำลองตามรายชั่วโมง ซึ่งผลการทดสอบการลักษณะการกระจายข้อมูลแสดงในรูปที่ 4-20 และตารางที่ 4-20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-20 การกระจายของจำนวนตะกร้าขาเข้าแยกตามชั่วโมงจากข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลอง

ตารางที่ 4-20 จำนวนตะกร้าขาเข้าแยกตามชั่วโมงข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลอง

ชั่วโมง	p-value	
	T-Test	KS-Test
0	0.00035	0.00020
1	0.00014	0.02213
2	0.03166	0.57367
3	0.00112	0.00119
4	0.33593	0.14247
5	0.05142	0.06965
6	0.07111	0.08899
7	0.10330	0.11318
8	0.85066	0.11598
9	0.12051	0.10735
10	0.39100	1.00000
11	0.10912	0.97871

ชั่วโมง	p-value	
	T-Test	KS-Test
12	0.31297	0.58288
13	0.13512	0.14848
14	0.31255	0.06577
15	0.00151	0.00742
16	0.02030	0.01865
17	0.64501	0.29327
18	0.40111	0.44811
19	0.53495	0.74878
20	0.77338	0.12089
21	0.00044	0.02496
22	0.00961	0.00319
23	0.00039	0.00487

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากรูปที่ 4-20 แสดงให้เห็นว่าลักษณะการกระจายของจำนวนตะกร้าแยกตามชั่วโมงระหว่างข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลองมีลักษณะใกล้เคียงกัน และจากตารางที่ 4-20 พบว่า ค่า p-value ส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แต่จะมีข้อมูลบางส่วนที่มีค่า p-value น้อยกว่า 0.05 ทำให้ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_1 เนื่องจากเป็นข้อมูลในช่วงการทำ DS ซึ่งมีวิธีการทำงานที่แตกต่างจากกระบวนการสาขาปกติ ซึ่งมีข้อมูลจำกัดในการสร้างข้อมูลในแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งข้อมูล DS นับเป็นข้อมูลส่วนน้อยเมื่อเทียบข้อมูลในช่วงนั้นมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณข้อมูลทั้งหมด จึงเลือกใช้นี้เป็นข้อมูลขาเข้าของแบบจำลองสถานการณ์

4.4.2. การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์

การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์ของสถานีงาน Secondary Assorted ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบจำนวนตะกร้าที่ออกจากสถานีงานระหว่างข้อมูลจริงและข้อมูลที่สร้างขึ้นมาผ่านแบบจำลองสถานการณ์จากการจำลองการทำงานในปัจจุบัน

ข้อมูลตะกร้าขาออกจากสถานงานที่ถูกสร้างขึ้นมาจากแบบจำลองสถานการณ์เป็นข้อมูลตะกร้าสินค้าของแต่ละสาขาหรือของลูกค้า ที่ได้บรรจุสินค้าตามความจุที่กำหนดที่ 70% ของปริมาตรตะกร้าหรือครบจำนวนตามคำสั่งซื้อลูกค้า ก่อนที่จะถูกผลักออกจากสถานีงานและส่งไปจัดเก็บใน Shuttle Rack AS/RS เพื่อรอการจัดส่ง ซึ่งข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองจะเป็นไปตามตัวอย่างในรูปที่ 4-21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

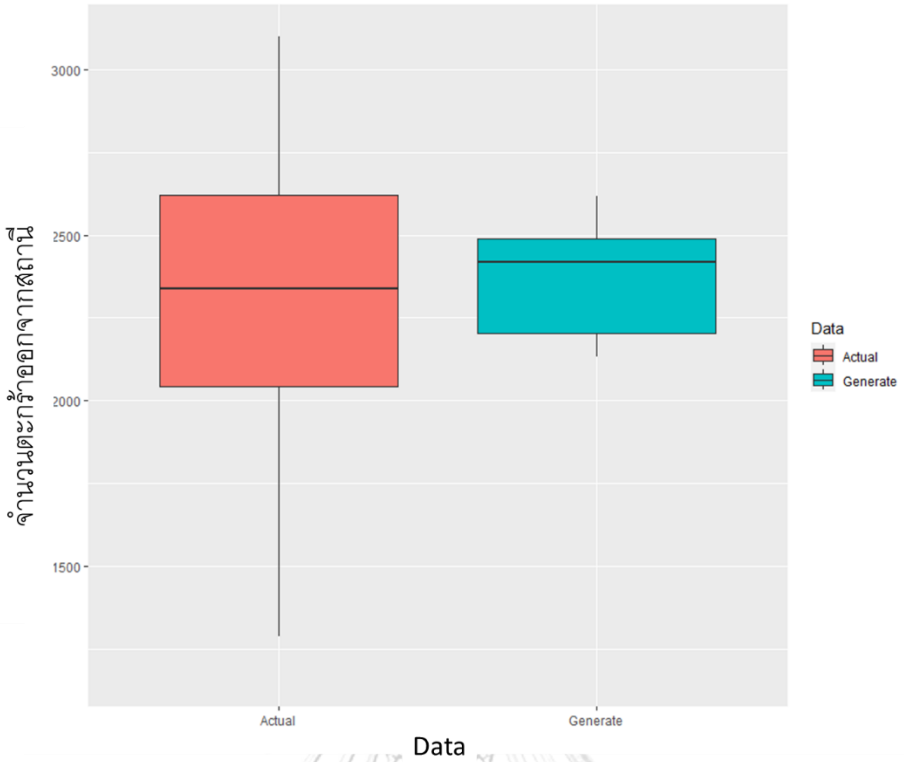
Island	Description	Item.Type	Basket	Level	Side	Position	Capacity	Basket.Nu	Rep	Day	Hour
A	A-009-002	N	S017	2	1	0	70	1	1	1	3
A	A-009-002	N	S017	2	1	0	68.7	2	1	1	4
A	A-009-002	N	S017	2	1	0	66.04	3	1	1	4
A	A-009-002	N	S017	2	1	0	69.94	4	1	1	4
A	A-009-002	N	S017	2	1	0	68.63	5	1	1	5
A	A-009-002	N	S017	2	1	0	67.95	6	1	1	7
A	A-009-002	N	S017	2	1	0	65.91	7	1	1	7
A	A-009-002	N	S017	2	1	0	68.77	8	1	1	7
A	A-009-002	N	S017	2	1	0	68.81	9	1	1	8
A	A-009-002	N	S017	2	1	0	69.82	10	1	1	8
A	A-009-002	N	S017	2	1	0	65.03	11	1	1	9
A	A-009-002	N	S017	2	1	0	68.65	12	1	1	9
A	A-009-002	N	S017	2	1	0	68.61	13	1	1	9
A	A-009-002	N	S017	2	1	0	69.66	14	1	1	11
A	A-009-002	N	S017	2	1	0	69.94	15	1	1	11

รูปที่ 4-21 ตัวอย่างข้อมูลตะกร้าขาออกจาก Secondary Assorted จากแบบจำลองสถานการณ์

ตัวอย่างข้อมูลตะกร้าขาออกจาก Secondary Assorted จากแบบจำลองสถานการณ์ตามรูปที่ 4-21 แสดงข้อมูลตำแหน่งตะกร้าภายใน Island ความจุตะกร้าที่ถูกผลักออกจากสถานีงาน เลขลำดับตะกร้าที่ถูกผลัก ชุดข้อมูล และวันเวลาของข้อมูล ซึ่งจากข้อมูลส่วนนี้สามารถนำไปคำนวณหาจำนวนตะกร้าสินค้าที่ถูกส่งออกจากสถานีงาน Secondary Assorted

จากจำนวนตะกร้าสินค้าที่ถูกส่งออกจากสถานีงาน Secondary Assorted ในแบบจำลอง ผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบจำนวนตะกร้าขาออกระหว่างข้อมูลจริงกับข้อมูลแบบจำลองตามรายวัน เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูลจริง ซึ่งผลการทดสอบการลักษณะการกระจายข้อมูลแสดงในรูปที่ 4-22

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-22 การกระจายของจำนวนตะกร้าขาออกรายวันจากข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลอง

จากรูปที่ 4-22 แสดงลักษณะการกระจายของข้อมูลจำนวนตะกร้าขาออกรายวันของข้อมูลจริงและข้อมูลแบบจำลองมีลักษณะใกล้เคียงกัน จากการทำ T-test พบว่าค่า p-value จะมีค่าเท่ากับ 0.25845 และจากการทำ KS-Test พบว่าค่า p-value จะมีค่าเท่ากับ 0.58490 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ดังนั้นจึงถือได้ว่า แบบจำลองสถานการณ์มีความถูกต้องและแม่นยำที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อเสร็จสินสิ้นกระบวนการในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ รวมถึงการตรวจสอบแบบจำลอง ขั้นตอนถัดไปคือการนำแบบจำลองสถานการณ์ไปทดสอบในสถานการณ์ที่ถูกกำหนดไว้ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ผล ซึ่งทั้งหมดจะถูกอธิบายในส่วนถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5

แบบจำลองสถานการณ์และการวิเคราะห์ผลการจำลองสถานการณ์

ในบทนี้จะกล่าวถึงการกำหนดและการศึกษานโยบายสำหรับแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อทำการวิเคราะห์ผลการจำลองสถานการณ์สำหรับหารูปแบบนโยบายการดำเนินงานที่เหมาะสมของบริษัทกรณีศึกษา

5.1. การกำหนดนโยบายสำหรับแบบจำลองสถานการณ์

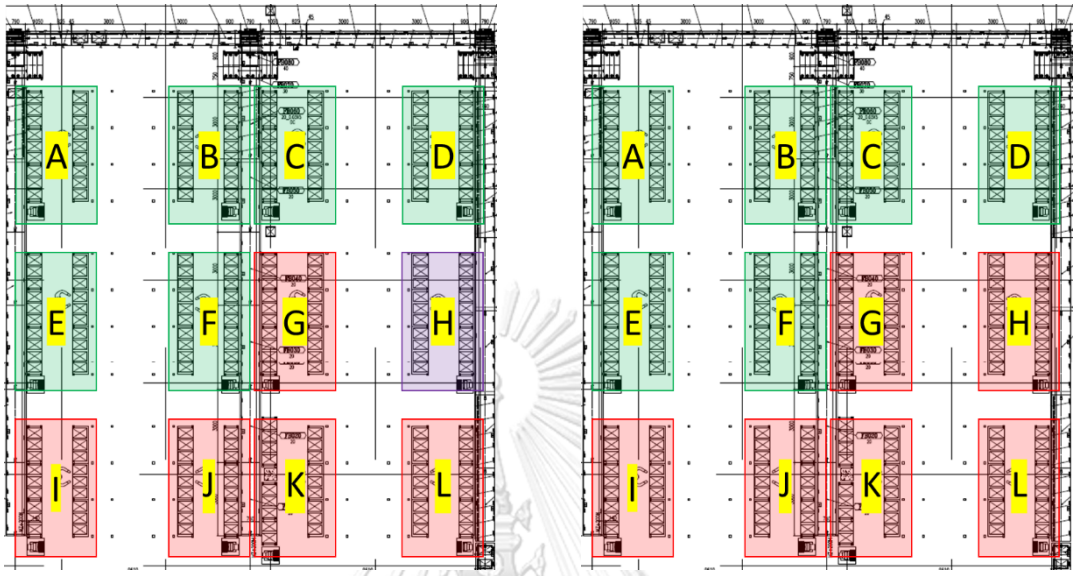
ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อหานโยบายที่เหมาะสมในการจัดการระบบพุททูไลท์ ซึ่งการกำหนดนโยบายสำหรับแบบจำลองสถานการณ์ของระบบพุททูไลท์จะสามารถแบ่งได้เป็น 8 หัวข้อดังต่อไปนี้

5.1.1. รูปแบบนโยบายจำนวนสถานีงานที่เปิดใช้งาน

ข้อมูลในปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษามีจำนวนสาขาที่ต้องดำเนินการจัดส่ง 108 สาขา โดยแต่ละสาขาจะประกอบไปด้วยตะกร้าสินค้า Normal และ Soft Touch ทำให้ต้องมีตำแหน่งวางตะกร้าภายในสถานีงานอย่างน้อย 216 ตะกร้า เนื่องด้วยแต่ละ Island ภายในสถานีงานมีตำแหน่งการวางตะกร้าสูงสุดเพียง 39 ตำแหน่ง ทำให้ต้องมีการเปิดใช้งาน Island อย่างน้อยที่สุด 6 Islands จึงจะเพียงพอต่อจำนวนสาขาในปัจจุบัน

นอกเหนือจากตะกร้าสาขาอีกส่วนที่ต้องนำมาพิจารณาร่วมในการพิจารณาจำนวนสถานีงานที่จะเปิดใช้งานคือตะกร้า DS ในปัจจุบันภายในสถานีงานที่มีตะกร้าสาขาจะมีตะกร้า DS จำนวน 3 ตะกร้าต่อ Island และจะมีอีกหนึ่ง Island ที่จะเปิดใช้งานเพิ่มเป็น Island ที่ 7 ซึ่งจะมีเพียงแต่ตะกร้า DS เท่านั้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดจำนวนสถานีงานที่เปิดใช้งานใหม่ให้สอดคล้องกับจำนวนตะกร้าสาขา โดยการรูปแบบจำนวนสถานีงานที่กำหนดใหม่เทียบกับปัจจุบันจะเป็นไปตามรูปที่ 5-1



ก) นโยบายปัจจุบัน (IN0) ข) นโยบายใหม่ (IN1)

รูปที่ 5-1 จำนวนการเปิดสถานีงานในปัจจุบันเทียบกับตามนโยบายใหม่

จากรูปที่ 5-1 ก) จำนวนการเปิดสถานีงานในนโยบายปัจจุบันจะเปิดที่ 7 Islands ซึ่งจะประกอบไปด้วยตะกร้าสาขากับตะกร้า DS ใน Island A-F และตะกร้า DS ใน Island H ส่วนนโยบายใหม่ตามรูปที่ 5-1 ข) จะเปิดใช้งาน Island จากความจำเป็นตามจำนวนสาขา ดังนั้นจึงจะเปิดการใช้งานเพียง 6 Islands คือ Island A-F ที่ประกอบไปด้วยตะกร้าสาขากับตะกร้า DS เท่านั้น โดยการจัดการภายใน Island ของนโยบายปัจจุบันและนโยบายใหม่จะมีการจัดการที่เหมือนกัน

การกำหนดนโยบายจะสามารถสรุปข้อมูลนโยบายได้ตามตารางที่ 5-1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

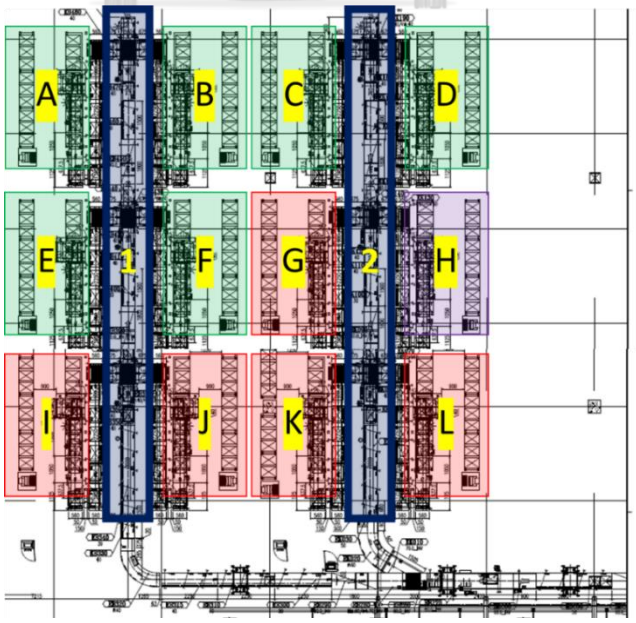
ตารางที่ 5-1 รูปแบบนโยบายจำนวนสถานีงาน

กรณี	จำนวน Island สำหรับสาขา	จำนวน Island สำหรับ DS	จำนวน Island รวม
IN0	6	1	7
IN1	6	0	6

ตามตารางที่ 5-1 ผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบนโยบายจำนวนสถานีงานที่เปิดใช้งานแทนด้วย IN โดยนโยบายในปัจจุบันแทนด้วย IN0 และนโยบายใหม่ตามจำนวนสาขาแทนด้วย IN1

5.1.2. รูปแบบนโยบายตำแหน่งสถานีงานที่เปิดใช้งาน

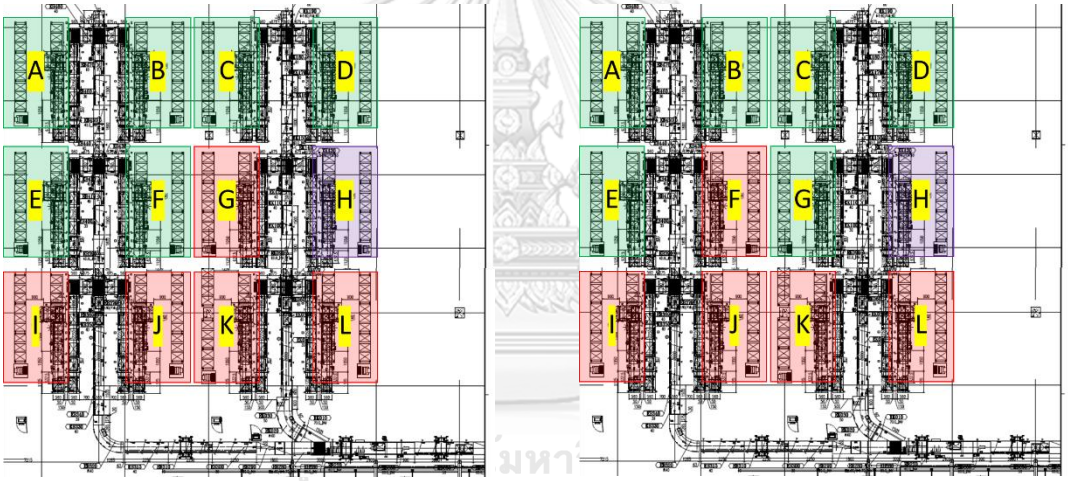
จากการศึกษาข้อมูลเพื่อหารูปแบบนโยบายตำแหน่งสถานีงานที่เปิดใช้งาน พบว่าในปัจจุบันรูปแบบการเปิดใช้งานสถานีงานสำหรับ Island ตะกร้าสาขาจะเรียงตามลำดับ Island โดยเริ่มจาก Island A ไล่ลงไปตามจำนวนที่เปิด ส่วน Island สำหรับตะกร้า DS จะอยู่ Island หลังจาก Island ตะกร้าสาขา ซึ่งการจัดวางตำแหน่งสถานีงานที่เปิดใช้งานในปัจจุบันจะเป็นไปตามรูปที่ 5-2



รูปที่ 5-2 ตำแหน่งสถานีงานที่เปิดใช้งานในปัจจุบันและสายพานที่ลำเลียงตะกร้าขาเข้าสถานี

ตามรูปที่ 5-2 การจัดวางตำแหน่งสถานีงานที่เปิดใช้งานในปัจจุบันจะมี Island สำหรับตะกร้าสาขาที่ใช้สายพานร่วมกันในฝั่งเส้นสายพานที่ 1 จำนวน 4 Islands ส่วนในสายพานเส้นที่ 2 จะมี Island สำหรับตะกร้าสาขาจำนวน 2 Islands บวกกับ Island สำหรับตะกร้า DS ส่งผลให้สายพานเส้นที่ 1 มีจำนวนการบล็อกกิ้งมากกว่าสายพานเส้นที่ 2 เนื่องจำนวน Island สำหรับตะกร้าสาขา ที่ไม่สมดุลระหว่างสายพานทั้ง 2 สาย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอรูปแบบนโยบายตำแหน่งสถานีงานที่เปิดใช้งาน โดยการปรับปรุงตำแหน่งสถานีงานให้สมดุลทั้ง 2 ซึ่งจะได้ตำแหน่งสถานีงานตามในรูปที่ 5-3



ก) นโยบายปัจจุบัน (IP0) ข) นโยบายใหม่ (IP1)

รูปที่ 5-3 ตำแหน่งสถานีงานที่เปิดใช้งานในปัจจุบันเทียบกับตามนโยบายใหม่

จากรูปที่ 5-3 ก) แสดงตำแหน่งสถานีงานที่เปิดใช้งานในปัจจุบันโดยจะเรียงลำดับ Island ที่เปิดใช้งานตามลำดับเป็น Island A-F ส่วนรูปที่ 5-3 ข) แสดงตำแหน่งสถานีงานที่ด้วยนโยบายใหม่ โดยคำนึงถึงความสมดุลของตะกร้าขาเข้าในแต่ละสายพานด้วยการเปิด Island G แทน Island F ซึ่งจะส่งผลให้สายพานทั้ง 2 สายมีจำนวน Island สำหรับตะกร้าสาขาเท่ากัน ส่วนIsland สำหรับตะกร้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

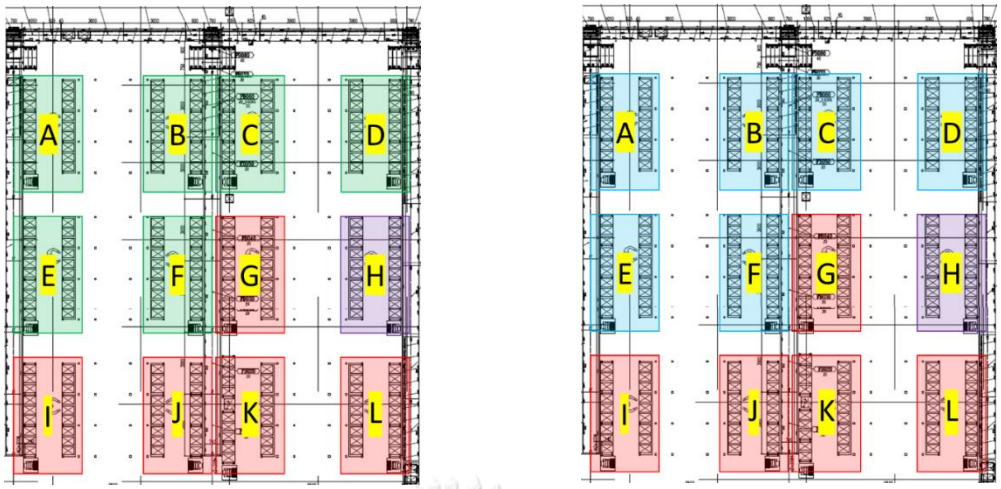
DS จะอยู่ในตำแหน่งเดิม เนื่องจากสินค้า DS เกิดเฉพาะช่วงเวลาที่มีตะกร้าขาเข้าสำหรับจำนวนสาขาต่ำ

ผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบนโยบายตำแหน่งสถานีงานที่เปิดใช้งานแทนด้วย IP โดยในนโยบายปัจจุบันและนโยบายใหม่แทนด้วย IP0 และ IP1 ตามลำดับ ซึ่งการจัดการภายใน Island ของนโยบายปัจจุบันและนโยบายใหม่จะมีการจัดการที่เหมือนกันต่างกันเพียงตำแหน่งสถานีงานเท่านั้น

5.1.3. รูปแบบนโยบายในการจัดการตะกร้าสินค้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรง

การกำหนดรูปแบบนโยบายในการจัดการตะกร้าสินค้าสำหรับจัดส่งลูกค้า โดยตรงปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาเลือกใช้การจัดการตะกร้า DS ร่วมกับตะกร้าสาขาจำนวน 6 Islands โดยมีตะกร้า DS 3 ตะกร้าต่อ Island และอีก 1 Island ที่มีเพียงตะกร้า DS ซึ่งการมีตะกร้า DS เข้าสู่ Island ตะกร้าสาขาเป็นส่วนให้เพิ่มโอกาสในการเกิดบล็องกิ้งจากจำนวนตะกร้าขาเข้า ดังนั้นผู้วิจัยจะเสนอรูปนโยบายที่จะช่วยลดจำนวนตะกร้าขาเข้าใน Island ตะกร้าสาขาด้วยการจัดการตะกร้าสินค้า DS ตามรูปที่ 5-4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ก) นโยบายปัจจุบัน (DS0) ข) นโยบายใหม่ (DS1)

รูปที่ 5-4 สถานีงานที่มีตะกร้าสินค้า DS

จากรูปที่ 5-4 ก) แสดงนโยบายปัจจุบันที่ภายใน Island A-F มีตะกร้าสาขาอยู่ร่วมกับตะกร้า DS 3 ตะกร้าต่อ Island และ Island H ที่เป็นตะกร้า DS ส่วนนโยบายใหม่ถูกแสดงในรูปที่ 5-4 ข) ที่ Island A-F จะมีเพียงตะกร้าสาขา โดยตะกร้า DS ในนโยบายใหม่จะอยู่ Island H เท่านั้น

ผู้วิจัยจึงกำหนดได้นโยบายในการจัดการตะกร้าสินค้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรงแทนด้วย DS โดยนโยบายในปัจจุบันและนโยบายใหม่แทนด้วย DS0 และ DS1 ตามลำดับ ซึ่งการจัดการภายใน Island ร่วมถึงตำแหน่งของตะกร้าสาขาของนโยบายปัจจุบันและนโยบายใหม่จะเป็นแบบเดียวกัน

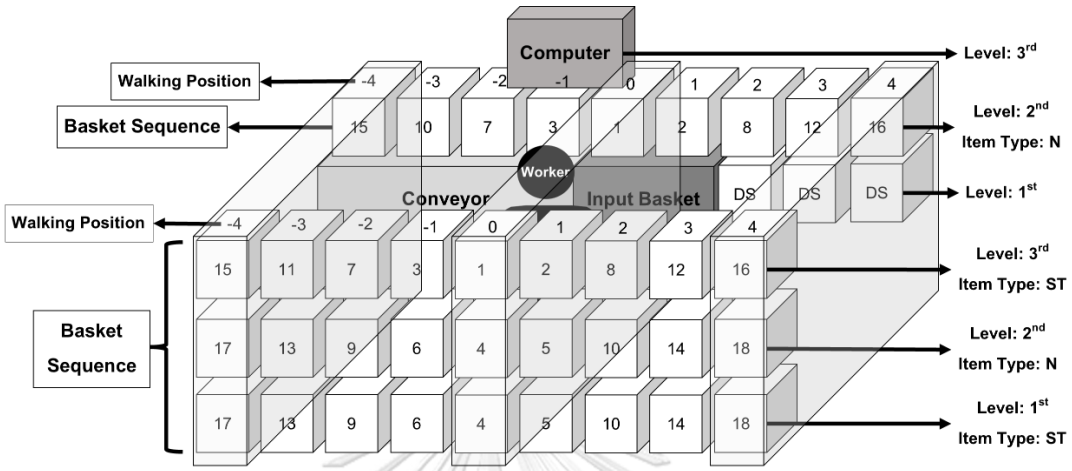
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1.4. รูปแบบนโยบายในการจัดตะกร้าสินค้าปกติและสินค้าแตกได้ง่าย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าตำแหน่งการวางตะกร้าส่งผลต่อระยะการเดินของพนักงาน [12] การจัดตำแหน่งตะกร้าจึงถือว่ามีความสำคัญ

ในปัจจุบันสถานีงาน Secondary Assorted มีการจัดการตะกร้าสาขาภายในแต่ละ Island จากปริมาณจำนวนสินค้าขาเข้าในแต่ละสาขา โดยแต่ละสาขาจะประกอบไปด้วยตะกร้าสินค้า Normal

และ Soft Touch แต่เนื่องจากการจัดปริมาณสินค้ารวมทำให้ต้องจัดทั้งตะกร้าสินค้า Normal และ Soft Touch อยู่ในระนาบเดียวกันตามรูปที่ 5-5

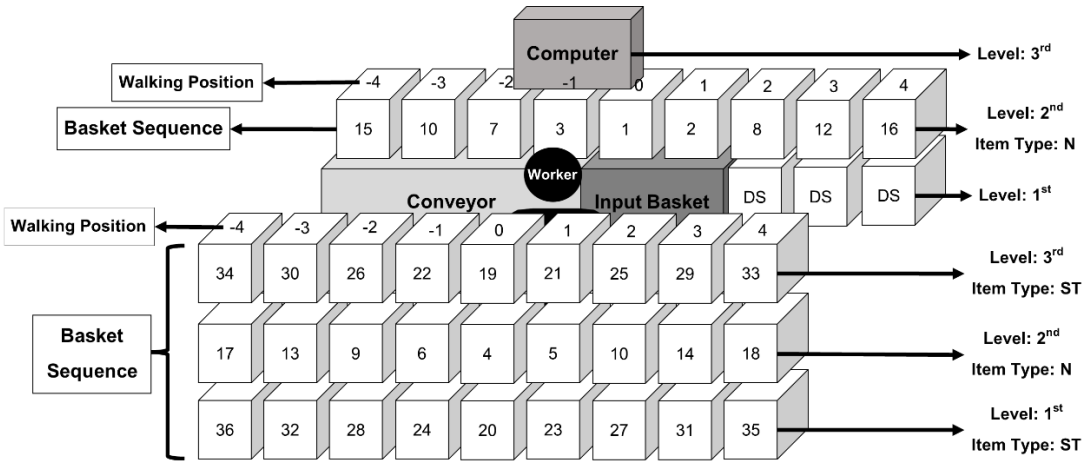


รูปที่ 5-5 ผังตะกร้าภายในแต่ละ Island ที่ใช้ในปัจจุบัน (BP0)

ตามรูปที่ 5-5 ที่แสดงตัวอย่างผังตะกร้าภายในแต่ละ Island ที่ใช้ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่ารูปแบบนโยบายทำให้ตะกร้าสินค้า Normal และ Soft Touch อยู่ในระนาบเดียวกัน เนื่องจากการคำนวณปริมาณสินค้าของแต่ละสาขาร่วมกันระหว่างสินค้า Normal และ Soft Touch จึงทำให้ผลลัพธ์ที่ได้เป็นลำดับสาขาที่มีปริมาณสินค้าสูงสุดไปต่ำสุดสำหรับนำไปจัดเรียงตำแหน่งตะกร้าภายใน Island ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอรูปแบบนโยบายในการจัดตะกร้าสินค้าภายในสถานีงาน โดยทำการแยกการคำนวณจำนวนสินค้า Normal และ Soft Touch ของแต่ละสาขา ก่อนที่จะนำมาเรียงจัดลงตำแหน่งตะกร้าภายในแต่ละ Island ตามรูปที่ 5-6



รูปที่ 5-6 ผังตะกร้าภายในแต่ละ Island ที่ใช้ในนโยบายใหม่ (BP1)

จากรูปที่ 5-6 ผังตะกร้าภายในแต่ละ Island ที่ใช้ในนโยบายใหม่จะถูกใช้ในการระบุตำแหน่งตะกร้าสาขาที่แยกการการคำนวณจำนวนสินค้า Normal และ Soft Touch โดยเรียงลำดับตะกร้าที่มีสินค้าที่มียอดสูงสุดจัดลงในตำแหน่งแรกและไล่ลงตามลำดับจนถึงตะกร้าที่มีสินค้าที่มียอดต่ำสุดในตำแหน่งสุดท้าย

โดยผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบนโยบายในการจัดตะกร้าสินค้าปกติและสินค้าแตกได้ง่ายแทนด้วย BP โดยนโยบายในปัจจุบันและนโยบายใหม่แทนด้วย BP0 และ BP1 ตามลำดับ

Chulalongkorn University

5.1.5. รูปแบบนโยบายในการจัดตำแหน่งตะกร้าสาขา

การกำหนดรูปแบบนโยบายในการจัดตำแหน่งตะกร้าสาขาได้มาจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้กล่าวไปในหัวข้อก่อนหน้านี้ว่าตำแหน่งการวางตะกร้าส่งผลต่อระยะการเดินของพนักงาน [12] และจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยจึงได้ทำการกำหนดรูปแบบนโยบายโดยแทนด้วย BL ออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

- การจัดตำแหน่งตะกร้าในรูปแบบปัจจุบัน หรือ BL0 เป็นการนำรูปแบบตำแหน่งตะกร้าภายในระบบพุททูไลท์ในแต่ละ Island จากตำแหน่งจริงในปัจจุบันมาใช้ในแบบที่จำลองสถานการณ์
- การจัดตำแหน่งตะกร้าจากจำนวนปริมาณสินค้า หรือ BL1 เป็นการจัดเรียงสาขาของบริษัทกรณีที่อยู่ภายในแต่ละ Island ตามจำนวนสินค้า โดยจะจัดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยตามลำดับ
- การจัดตำแหน่งตะกร้าจากจำนวนตะกร้าขาเข้า หรือ BL2 เป็นการจัดเรียงสาขาของบริษัทกรณีที่อยู่ภายในแต่ละ Island ตามจำนวนตะกร้าขาเข้า โดยจะจัดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยตามลำดับ
- การจัดตำแหน่งตะกร้าโดยการสุ่ม หรือ BL3 เป็นการสุ่มลำดับสาขาของบริษัทกรณีที่อยู่ภายในแต่ละ Island

การจัดตำแหน่งตะกร้าสาขาในนโยบาย BL1-3 เมื่อได้ลำดับในแต่ละนโยบายจะทำการจัดสาขาลงผังตำแหน่งตะกร้าภายใน Island ที่เป็นรูปแบบปัจจุบันตามรูปที่ 5-5 ที่ยังคงระนาบตะกร้าสินค้า Normal และ Soft Touch ให้อยู่ในระดาบเดียวกัน

Chulalongkorn University

5.1.6. รูปแบบนโยบายในการจัดกลุ่มตะกร้าสาขาสำหรับสถานีงาน

การกำหนดรูปแบบนโยบายในการจัดกลุ่มตะกร้าสาขาสำหรับสถานีงานจะใช้รูปแบบนโยบายเดียวกับนโยบายในการจัดตำแหน่งตะกร้าสาขาโดยแทนด้วย BG ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ดังนี้

- การจัดกลุ่มตะกร้าในรูปแบบปัจจุบัน หรือ BG0 เป็นการนำรูปแบบการจัดกลุ่มตะกร้าภายในระบบพุททูไลท์ของทุก Island ในปัจจุบันมาใช้ในแบบที่จำลองสถานการณ์

- การจัดกลุ่มตะกร้าจากจำนวนปริมาณสินค้า หรือ BG1 เป็นการจัดเรียงสาขาของบริษัทกรณีทั้งหมดตามจำนวนสินค้า โดยจะจัดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยตามลำดับ
- การจัดกลุ่มตะกร้าจากจำนวนตะกร้าขาเข้า หรือ BG2 เป็นการจัดเรียงสาขาของบริษัทกรณีทั้งหมดจำนวนตะกร้าขาเข้า โดยจะจัดเรียงจากจำนวนมากไปน้อยตามลำดับ
- การจัดกลุ่มตะกร้าโดยการสุ่ม หรือ BG3 เป็นการสุ่มลำดับสาขาของบริษัทกรณีทั้งหมด

การจัดกลุ่มตะกร้าสาขาสำหรับ Island ในนโยบาย BG1-3 หลังจากที่ได้ลำดับสาขาแล้วจะทำการจัดกลุ่มสาขาจากไล่ลำดับตาม Island ที่เปิดใช้งานใน โดยวนจนครบจำนวนสาขาตามลำดับสถานการณ์ปัจจุบัน

5.1.7. รูปแบบนโยบายปริมาตรความจุของตะกร้าสินค้า

การจัดการนโยบายปริมาตรความจุของตะกร้าสินค้าในปัจจุบันตะกร้าสินค้าของบริษัทกรณีศึกษากำหนดความจุตะกร้าที่บรรจุสินค้าอยู่ที่ 70% ของความจุตะกร้า ซึ่งปริมาตรความจุตะกร้าในการลำเลียงสินค้าจะส่งผลต่อปริมาณตะกร้าสินค้าขาเข้าที่มีอิทธิผลต่อการบล็อกกิ้งของระบบ อีกทั้งเมื่อพิจารณาถึงตะกร้าที่ออกจากสถานีงานความจุตะกร้าก็ส่งผลต่อจำนวนตะกร้าที่ออกด้วยเช่นกัน โดยจำนวนตะกร้าขาออกจะมีผลต่อเวลาในการทำงานภายในระบบพุททูไลท์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะปรับปริมาตรความจุของตะกร้าสินค้าเพื่อทดสอบปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานภายในระบบพุททูไลท์ของบริษัทกรณีศึกษา โดยกำหนดให้นโยบายความจุตะกร้าที่บรรจุสินค้าแทนด้วย BC ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ระดับ ดังนี้

- ความจุตะกร้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน หรือ BC0 เป็นการใช้ความจุตะกร้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยจะอยู่ที่ 70% ของปริมาตรตะกร้า

- ความจุตะกร้าที่ลดลง หรือ BC1 โดยจะใช้ความจุตะกร้าอยู่ที่ 50% ของปริมาตรตะกร้า
- ความจุตะกร้าที่เพิ่มขึ้น หรือ BC2 โดยจะใช้ความจุตะกร้าอยู่ที่ 90% ของปริมาตรตะกร้า

5.1.8. รูปแบบนโยบายที่คำนึงถึงความสามารถของพนักงาน

การกำหนดรูปแบบนโยบายที่คำนึงถึงความสามารถของพนักงาน เนื่องจากความสามารถในการทำงานของพนักงานไม่เท่ากัน จากการสังเกตการทำงานของพนักงานภายในบริษัทกรณีศึกษาจะมีพนักงานที่สามารถทำงานได้เร็วกว่าพนักงานทั่วไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดรูปแบบนโยบายที่คำนึงถึงความสามารถของพนักงานโดยกำหนดให้พนักงานที่มีความสามารถอยู่ใน Island ที่เกิดการบล็อกกิ้งสูงสุด

โดยผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบนโยบายที่คำนึงถึงความสามารถของพนักงานแทนด้วย WS ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ระดับ ดังนี้

- การทำงานปกติที่ไม่ได้คำนึงถึงความสามารถของพนักงานแทนด้วย WS0
- การทำงานที่เพิ่มความสามารถของพนักงานแทนด้วย WS1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการกำหนดรูปแบบนโยบายทั้งหมดของระบบพุททูไลท์สำหรับแบบจำลองสถานการณ์สามารถสรุปได้ตามตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 สรุปรูปแบบนโยบายทั้งหมดของระบบพุททูไลท์สำหรับแบบจำลองสถานการณ์

ลำดับ	นโยบาย	รหัสกรณี
1	จำนวนสถานีงานที่เปิดใช้งาน: IN	
	● เปิดจำนวนสถานีงาน 7 สถานี	IN0
	● เปิดจำนวนสถานีงาน 6 สถานี	IN1
2	ตำแหน่งสถานีงานที่เปิดใช้งาน: IP	
	● เปิด Island เรียงตามลำดับ	IP0
	● เปิด Island โดยคำนึงถึงจำนวนที่สมดุลบนสายพาน	IP1
3	การจัดการตะกร้าสินค้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรง: DS	
	● มีตะกร้าสินค้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรงใน Island ตะกร้าสาขา	DS0
	● ไม่มีตะกร้าสินค้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรงใน Island ตะกร้าสาขา	DS1
4	การจัดตะกร้าสินค้าปกติและสินค้าแตกได้ง่าย: BP	
	● ตะกร้าสินค้าปกติและสินค้าแตกได้ง่ายจำเป็นต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน	BP0
	● ตะกร้าสินค้าปกติและสินค้าแตกได้ง่ายไม่จำเป็นต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน	BP1
5	การจัดตำแหน่งตะกร้าสาขา: BL	
	● การจัดตำแหน่งตะกร้าในรูปแบบปัจจุบัน	BL0
	● การจัดตำแหน่งตะกร้าจากจำนวนปริมาณสินค้า	BL1
	● การจัดตำแหน่งตะกร้าจากจำนวนตะกร้าขาเข้า	BL2
	● การจัดตำแหน่งตะกร้าโดยการสุ่ม	BL3
6	การจัดกลุ่มตะกร้าสาขาสำหรับสถานีงาน: BG	
	● การจัดกลุ่มตะกร้าในรูปแบบปัจจุบัน	BG0
	● การจัดกลุ่มตะกร้าจากจำนวนปริมาณสินค้า	BG1
	● การจัดกลุ่มตะกร้าจากจำนวนตะกร้าขาเข้า	BG2
	● การจัดกลุ่มตะกร้าโดยการสุ่ม	BG3
7	ปริมาตรความจุของตะกร้าสินค้า: BC	
	● ความจุตะกร้า 70% ของปริมาตรตะกร้า	BC0
	● ความจุตะกร้า 50% ของปริมาตรตะกร้า	BC1
	● ความจุตะกร้า 90% ของปริมาตรตะกร้า	BC2
8	ความสามารถของพนักงาน: WS	
	● การทำงานปกติที่ไม่ได้คำนึงถึงความสามารถของพนักงาน	WS0
	● การทำงานที่เพิ่มความสามารถของพนักงาน	WS1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อพิจารณาถึงจำนวนนโยบายที่ทำการศึกษาทั้งหมด 8 นโยบายตามตารางที่ 5-2 ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะทำการทดลองด้วยการทดลองทีละปัจจัย (One Factor At a Time, OFAT) เพื่อดูผลเมื่อทำการปรับนโยบายในแต่ละปัจจัยเปรียบเทียบกับสถานการณ์ A00 ที่เป็นปกติที่บริษัทกรณีศึกษาใช้ในปัจจุบัน ซึ่งจะได้รูปแบบสถานการณ์ตามตารางที่ 5-3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5-3 สถานการณ์ที่ใช้ทดสอบในแบบจำลอง

สถานการณ์	นโยบาย							
	จำนวนสถานีงานที่เปิดใช้งาน	ตำแหน่งสถานีงานที่เปิดใช้งาน	การจัดการตะกร้าสินค้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรง	การจัดตะกร้าสินค้าปกติและสินค้าแตกได้ง่าย	การจัดตำแหน่งตะกร้าสาขา	การจัดกลุ่มตะกร้าสาขาสำหรับสถานีงาน	ปริมาตรความจุของตะกร้าสินค้า	ความสามารถของพนักงาน
A00	IN0	IP0	DS0	BP0	BL0	BG0	BC0	WS0
A01	IN1	IP0	DS0	BP0	BL0	BG0	BC0	WS0
A02	IN0	IP1	DS0	BP0	BL0	BG0	BC0	WS0
A03	IN0	IP0	DS1	BP0	BL0	BG0	BC0	WS0
A04	IN0	IP0	DS0	BP1	BL0	BG0	BC0	WS0
A05	IN0	IP0	DS0	BP0	BL1	BG0	BC0	WS0
A06	IN0	IP0	DS0	BP0	BL2	BG0	BC0	WS0
A07	IN0	IP0	DS0	BP0	BL3	BG0	BC0	WS0
A08	IN0	IP0	DS0	BP0	BL1	BG1	BC0	WS0
A09	IN0	IP0	DS0	BP0	BL2	BG2	BC0	WS0
A10	IN0	IP0	DS0	BP0	BL3	BG3	BC0	WS0
A11	IN0	IP0	DS0	BP0	BL0	BG0	BC1	WS0
A12	IN0	IP0	DS0	BP0	BL0	BG0	BC2	WS0
A13	IN0	IP0	DS0	BP0	BL0	BG0	BC0	WS1
A14	นโยบายร่วม							

จากตารางที่ 5-3 ที่แสดงสถานการณ์ที่ใช้ทดสอบในแบบจำลอง จะเริ่มจากสถานการณ์ A00 ที่เป็นนโยบายปกติที่บริษัทกรณีศึกษาใช้ในปัจจุบัน ส่วน A01-A13 เป็นการทำ OFAT ของแต่ละนโยบายตามที่แสดงในตารางช่องสีเขียว โดยในนโยบายการจัดกลุ่มตะกร้าสาขาสำหรับสถานีงานหรือ BG จะทำให้ต้องมีการจัดตำแหน่งตะกร้าภายใน Island หรือ BL ใหม่เสมอตามช่องสีน้ำเงิน ซึ่งจะใช้แนวทางนโยบายในการจัด BL เป็นนโยบายเดียวกับ BG และสุดท้ายคือสถานการณ์ A14 ในช่องสีเหลืองจะเป็นสถานการณ์ที่เลือกนำเอานโยบายที่ได้จากการทดสอบ A00-A13 มาใช่ร่วมกันจากการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้

5.2. การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์

การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ ผู้วิจัยทำการจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรม R/RStudio ซึ่งทำการจำลองเป็นระยะเวลา 6 วัน จำนวน 30 Replications โดยวิเคราะห์ผลจำนวนการบล็อกกิ้งของระบบ จำนวนสินค้าที่ทำการหยิบ จำนวนการหยิบสินค้า เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน และพลังงานที่ใช้ในกิจกรรม

จากการวิเคราะห์ผลในสถานการณ์ A00-A13 จะได้ผลการวิเคราะห์ส่วนต่าง ๆ ตามตารางที่ 5-4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5-4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานผลการวิเคราะห์ในสถานการณ์ A00-A13

สถานการณ์	จำนวนการบล็อกกิ้ง (ครั้ง)		จำนวนสินค้าที่ทำการหยิบ (ชิ้น)		จำนวนการหยิบสินค้า (ครั้ง)		เวลาในการดำเนินงาน (วินาที)		พลังงานที่ใช้ในกิจกรรม (กิโลแคลอรี่)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
A00	0.416	0.048	397.207	9.575	69.482	1.193	667.148	11.734	47.027	1.093
A01	0.421	0.051	397.206	9.580	69.482	1.193	667.204	11.801	47.478	0.994
A02	0.423	0.047	397.541	9.563	69.482	1.193	667.983	11.629	47.041	1.085
A03	0.411	0.049	397.217	9.573	69.479	1.194	667.244	11.700	49.307	1.262
A04	0.411	0.043	397.213	9.569	69.482	1.193	663.415	11.875	47.138	1.121
A05	0.412	0.045	397.219	9.572	69.482	1.193	664.572	11.852	46.989	1.154
A06	0.417	0.043	397.209	9.567	69.482	1.193	663.671	11.651	46.949	1.107
A07	0.475	0.049	397.202	9.563	69.482	1.193	707.113	12.342	48.978	1.238
A08	0.415	0.051	397.199	9.564	69.482	1.193	664.697	11.694	46.966	1.144
A09	0.429	0.051	397.202	9.560	69.479	1.186	663.370	11.347	46.926	1.173
A10	0.497	0.054	397.212	9.563	69.508	1.193	721.379	12.465	49.666	1.241
A11	0.301	0.040	397.201	9.562	66.394	1.125	615.158	10.760	42.647	0.931
A12	0.618	0.051	397.334	9.572	76.352	1.346	770.930	14.121	56.156	1.482
A13	0.360	0.041	397.221	9.570	69.482	1.193	608.757	10.672	47.027	1.093

จากตารางที่ 5-4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ในสถานการณ์ A00-A13 ที่เกิดขึ้นในรายชั่วโมงของแบบจำลองสถานการณ์ โดยประกอบไปด้วยจำนวนครั้งที่เกิดการบล็อกกิ้ง จำนวนชิ้นสินค้า จำนวนครั้งในการหยิบสินค้า เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน และพลังงานที่ใช้ในกิจกรรม ซึ่งจากผลที่ได้พบว่าในสถานการณ์ A11 ให้ผลในส่วนจำนวนครั้งที่เกิดการบล็อกกิ้งในระบบ จำนวนครั้งในการหยิบสินค้า และพลังงานที่ใช้ในกิจกรรมที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับทุกสถานการณ์ในแบบจำลอง และในสถานการณ์ A13 ให้ผลในส่วนเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานดีกว่าสถานการณ์อื่น ๆ ตามช่องสีเขียว

ดังนั้นการกำหนดนโยบายสถานการณ์ A14 สำหรับแบบจำลองจึงจะใช้นโยบายร่วมระหว่างสถานการณ์ A11 และสถานการณ์ A13 ที่จะเป็นการปรับนโยบายโดยใช้รูปแบบนโยบายปริมาตรความจุของตะกร้าสินค้าที่บรรจุสินค้า 90% ของความจุตะกร้า ร่วมกับการใช้รูปแบบนโยบายที่คำนึงถึงความสามารถของพนักงาน ตามที่แสดงในตารางที่ 5-5 และทำการวิเคราะห์ผลที่จะได้ผลลัพธ์ในส่วนต่าง ๆ ตามตารางที่ 5-6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5-5 นโยบายสถานการณ์ A14 ที่ใช้ทดสอบในแบบจำลอง

สถานการณ์	นโยบาย							
	จำนวนสถานีงานที่เปิดใช้งาน	ตำแหน่งสถานีงานที่เปิดใช้งาน	การจัดการตะกร้าสินค้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรง	การจัดตะกร้าสินค้าปกติและสินค้าแตกได้ง่าย	การจัดตำแหน่งตะกร้าสาขา	การจัดกลุ่มตะกร้าสาขาสำหรับสถานีงาน	ปริมาตรความจุของตะกร้าสินค้า	ความสามารถของพนักงาน
A14	IN0	IP0	DS0	BP0	BL0	BG0	BC1	WS1

ตารางที่ 5-6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานผลการวิเคราะห์ในสถานการณ์ A14

สถานการณ์	จำนวนการบล็อกกิ้ง (ครั้ง)		จำนวนสินค้าที่ทำการหยิบ (ชิ้น)		จำนวนการหยิบสินค้า (ครั้ง)		เวลาในการดำเนินงาน (วินาที)		พลังงานที่ใช้ในกิจกรรม (กิโลแคลอรี่)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
A14	0.253	0.039	397.203	9.563	66.394	1.125	561.453	9.806	42.647	0.931

จากการทำนโยบายสถานการณ์ A14 ในตารางที่ 5-5 จะได้ผลตามตารางที่ 5-6 ที่แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานผลการวิเคราะห์ เพื่อเปรียบเทียบกับผลร่วมกับในตารางที่ 5-4 ที่แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการวิเคราะห์ในสถานการณ์ A00-A13 ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ผลโดยแสดงการเปรียบเทียบระหว่างสถานการณ์ A00 ในปัจจุบันกับสถานการณ์ A14 ที่ให้ผลดีที่สุดในทุกสถานการณ์และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way Analysis of Variance, One-way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละนโยบายผ่านโปรแกรม Minitab และ R/RStudio โดยกำหนดให้ระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05 ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \ldots = \mu_{14}$$

$H_1: \mu_0 \neq \mu_1 \neq \mu_2 \neq \ldots \neq \mu_{14}$ อย่างน้อย 1 คู่

เมื่อได้ผลการทำการวิเคราะห์ One-way ANOVA ในกรณีที่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ผลต่อด้วยการทำวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) แบบ HSD หรือ Tukey's Honestly Significant Different ที่เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประชากร โดยกำหนดให้ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และมีสมมติฐานดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

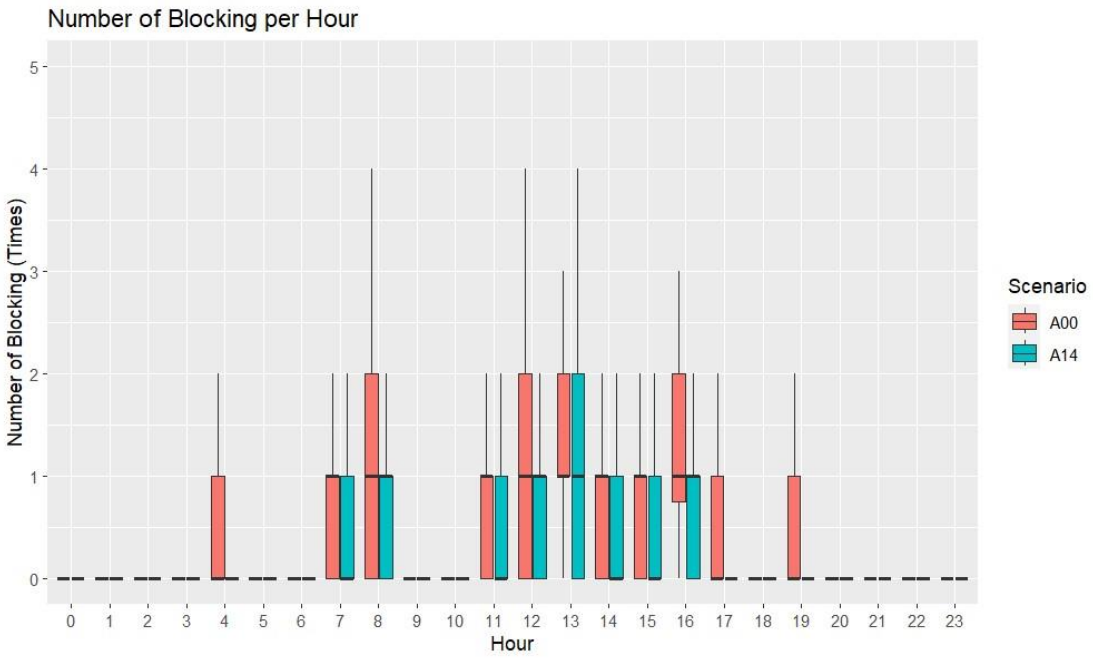
$$H_0: \mu_i = \mu_j$$

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

โดยการวิเคราะห์ทั้งหมดจะทำการวิเคราะห์แยกตามหัวข้อ 5 หัวข้อดังต่อไปนี้

5.2.1 การวิเคราะห์จำนวนการบล็อกกิ้งของระบบ

การเปรียบเทียบจำนวนการบล็อกกิ้งของระบบระหว่างสถานการณ์ A00 ในปัจจุบันกับสถานการณ์ A14 ในรายชั่วโมงได้ผลตามรูปที่ 5-7



รูปที่ 5-7 ตัวอย่างจำนวนการบล็อกกิ้งรายชั่วโมงของระบบในสถานการณ์ A00 และ A14

ตัวอย่างจำนวนการบล็อกกิ้งรายชั่วโมงของระบบในสถานการณ์ A00 และ A14 ตามรูปที่ 5-7 แสดงให้เห็นถึงจำนวนครั้งของการบล็อกกิ้งที่เกิดขึ้นภายในระบบพุททูไลท์ที่มีความแตกต่างกันทั้งในแต่ละชั่วโมงการทำงานและแตกต่างในแต่ละสถานการณ์ที่ทำการทดสอบ เพื่อทดสอบความแตกต่างของแต่ละสถานการณ์ ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ One-way ANOVA ของจำนวนการบล็อกกิ้งของระบบรายชั่วโมงในสถานการณ์ A00-A14 ซึ่งได้ผลตามตารางที่ 5-7

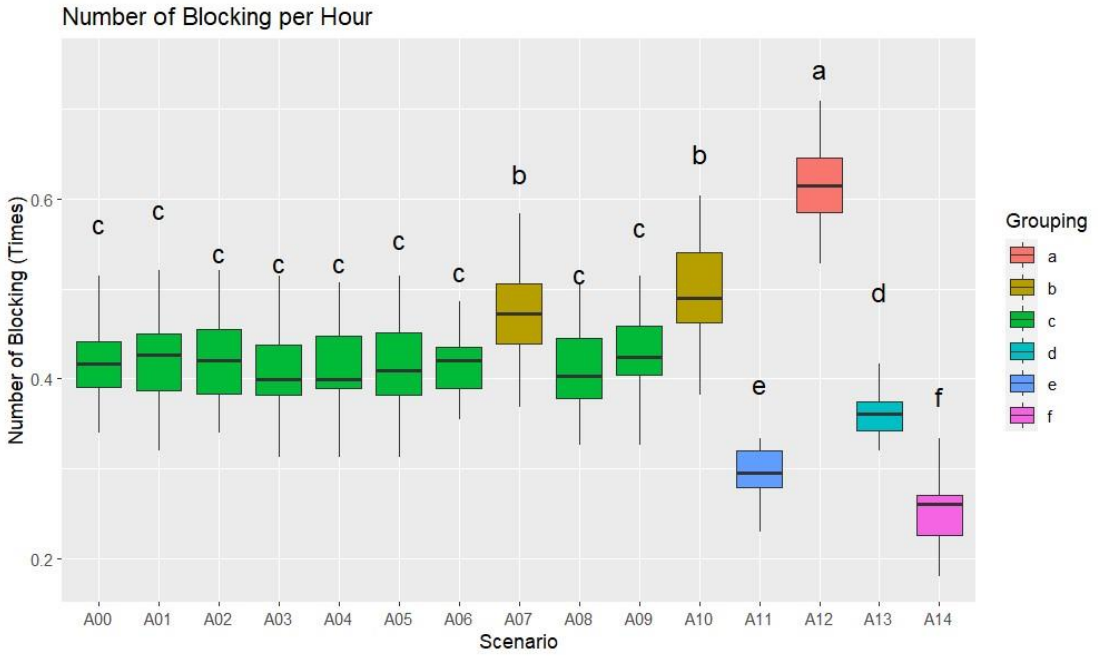
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5-7 การวิเคราะห์ One-way ANOVA ของจำนวนการบล็อกกิ้งระบบ

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Scenario	14	2.8235	0.201676	91.35	0.000
Error	435	0.9604	0.002208		
Total	449	3.7839			

จากผลการวิเคราะห์จำนวนการบล็อกกิ้งของระบบด้วย One-way ANOVA ในตารางที่ 5-7 พบว่าค่า p-value มีน้อยกว่า 0.05 ซึ่งเป็นการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หรือค่าเฉลี่ยจำนวนการบล็อกกิ้งของระบบในสถานการณ์ A00-A14 ไม่ได้เท่ากันทั้งหมด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำ Tukey's Honestly Significant Different เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างสถานการณ์ โดยได้ผลการทำตามรูปที่ 5-8



รูปที่ 5-8 ผลการวิเคราะห์ Tukey's Test จำนวนการบล็อกกิ้งของระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

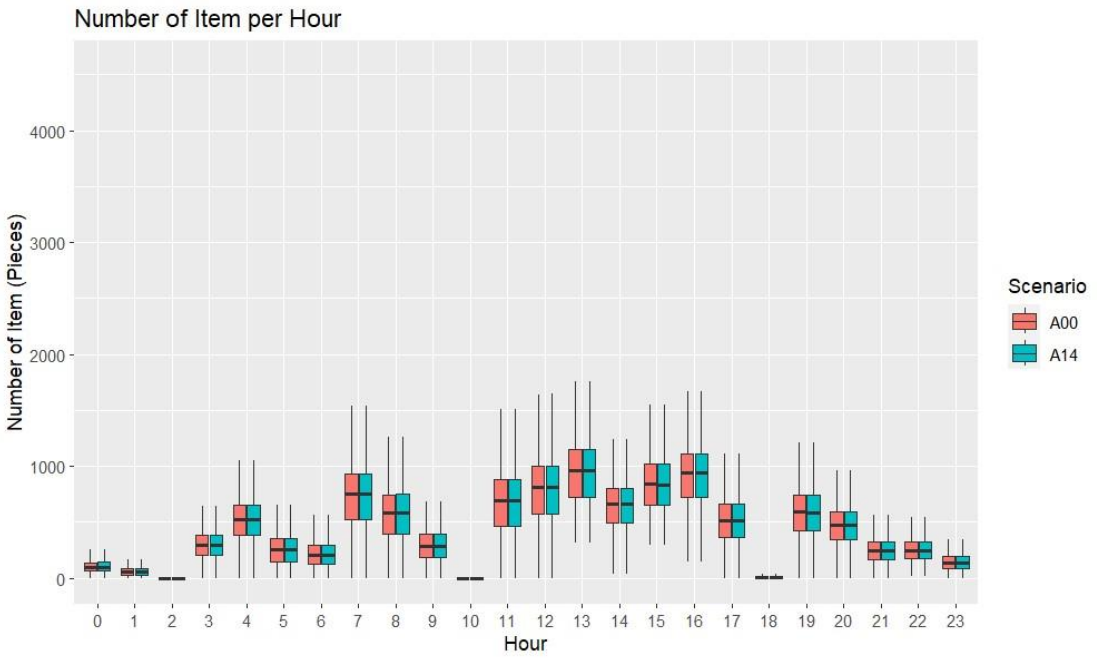
จากรูปที่ 5-8 แสดงผลการวิเคราะห์ Tukey's Test จำนวนการบล็อกกิ้งของระบบในรายชั่วโมง จะเห็นได้ว่าจำนวนการบล็อกกิ้งในสถานการณ์ A00-A14 สามารถแบ่งได้ออกเป็น 6 กลุ่มตามจำนวนมากไปน้อยเรียงตามกลุ่ม a ไป f ตามลำดับ ลำดับแรกกลุ่มที่จำนวนการบล็อกกิ้งสูงสุดกลุ่ม a เกิดขึ้นในสถานการณ์ A12 เป็นผลมาจากนโยบายการลดปริมาตรความจุสินค้าต่อตะกร้า ส่งผลให้จำนวนตะกร้าขาเข้าเพิ่มมากขึ้น มีโอกาสที่ทำให้เกิดการบล็อกกิ้งสูงขึ้น ลำดับถัดมาคือกลุ่ม b ประกอบไปด้วยสถานการณ์ A07 และ A10 ที่เป็นการทำนโยบายการสุ่มตำแหน่งและการจัดกลุ่มตะกร้าสาขาตามลำดับ เนื่องจากเป็นการจัดการที่ไม่ได้คำนึงถึงปริมาณงานส่งผลให้มีโอกาสที่จะเกิดแถวคอยที่

กระจุกตัวใน Island หนึ่งในบางช่วงเวลาส่งผลให้เพิ่มโอกาสในการบล็อกกิ้งเกิดขึ้น กลุ่มถัดไปกลุ่ม c ประกอบไปด้วยสถานการณ์ A00-A06 และ A08-09 การปรับนโยบายเหล่านี้ไม่ได้ส่งผลต่อบล็อกกิ้งที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากจำนวนตะกร้าสินค้าที่เข้าสถานีงานใกล้เคียงกันและมีการจัดการตำแหน่งตะกร้าสาขาภายใน Island ที่ช่วยสำหรับในการดำเนินงาน กลุ่ม d เกิดขึ้นในสถานการณ์ A13 ที่เป็นนโยบายที่คำนึงถึงความสามารถของพนักงาน เมื่อจัดพนักงานที่มีความสามารถลงใน Island ที่มีงานและปริมาณในการบล็อกกิ้งมากที่สุดจะสามารถลดจำนวนการเกิดการบล็อกกิ้งโดยเฉลี่ยลงได้ อีกกลุ่มที่ทำให้การบล็อกกิ้งลดลงคือกลุ่ม e เกิดขึ้นในสถานการณ์ A11 ที่เป็นผลมาจากนโยบายการเพิ่มปริมาตรความจุสินค้าต่อตะกร้า ทำให้จำนวนตะกร้าขาเข้าเพิ่มลดลง มีโอกาสที่ทำให้เกิดการบล็อกกิ้งต่ำลง สุดท้ายคือกลุ่ม f ซึ่งเป็นนโยบายร่วมในสถานการณ์ A14 ทำให้บล็อกกิ้งลดลง เนื่องจากเป็นการรวมนโยบายทั้งสองที่ช่วยให้บล็อกกิ้งลดลงในการทำงานจากสถานการณ์ A11 และ A13 ทั้งจำนวนตะกร้าขาเข้าที่ลดลงและจัดพนักงานที่มีความสามารถลงใน Island ที่มีการบล็อกกิ้งมากที่สุด

5.2.2 การวิเคราะห์จำนวนสินค้าที่ทำการหยิบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การเปรียบเทียบจำนวนสินค้าที่ทำการหยิบของระบบระหว่างสถานการณ์ A00 ในปัจจุบันกับสถานการณ์ A14 ในรายชั่วโมงได้ผลตามรูปที่ 5-9



รูปที่ 5-9 ตัวอย่างจำนวนสินค้าที่ทำการหยิบรายชั่วโมงของระบบในสถานการณ์ A00 และ A14

ตัวอย่างจำนวนสินค้าที่ทำการหยิบรายชั่วโมงของระบบในสถานการณ์ A00 และ A14 ตามรูปที่ 5-9 แสดงให้เห็นถึงจำนวนสินค้าที่ถูกจัดการบนระบบพุททูไลท์ โดยจากรูปจำนวนสินค้าในสถานการณ์ A00 และ A14 จะมีปริมาณใกล้เคียงกันในแต่ละชั่วโมง เนื่องจากปริมาณความต้องการสินค้าที่เข้าไปในระบบพุททูไลท์นั้นมีปริมาณเท่ากัน เพื่อทำการยืนยันผลผู้วิจัยจึงทำการทดสอบความแตกต่างของแต่ละสถานการณ์ด้วยการวิเคราะห์ One-way ANOVA ของจำนวนสินค้าที่ทำการหยิบรายชั่วโมงในสถานการณ์ A00-A14 ได้ผลตามตารางที่ 5-8

ตารางที่ 5-8 การวิเคราะห์ One-way ANOVA ของจำนวนสินค้าที่ทำการหยิบ

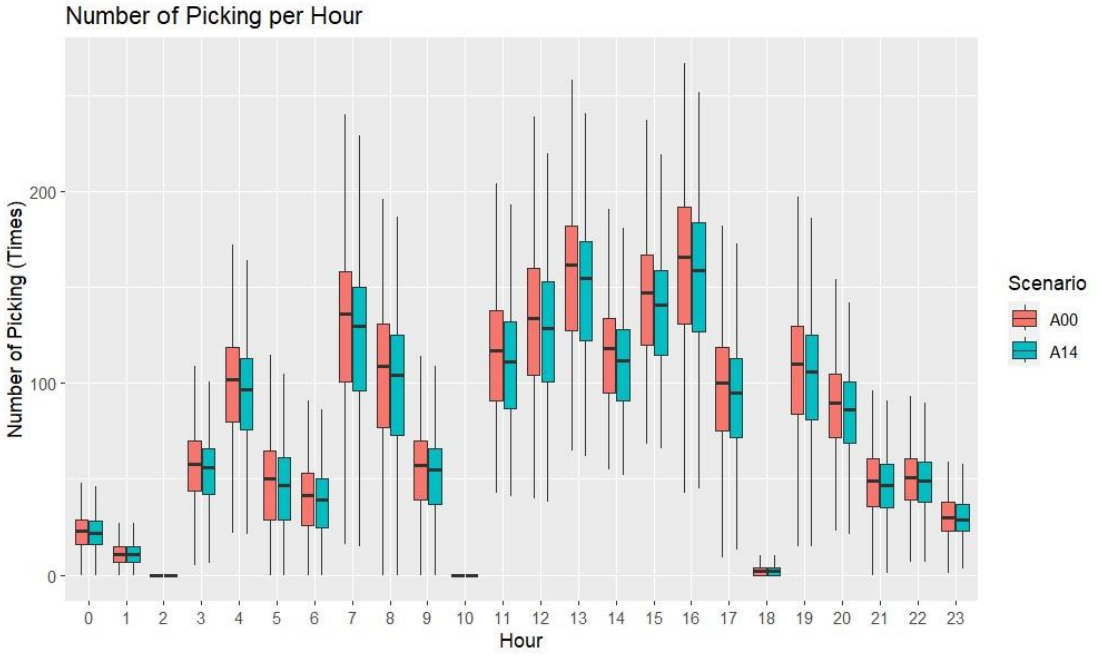
Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Scenario	14	3.4	0.2416	0.00	1.000
Error	435	39820.0	91.5402		
Total	449	39823.4			

จากผลการวิเคราะห์จำนวนสินค้าที่ทำการหยิบในรายชั่วโมงตามแต่ละสถานการณ์ด้วย One-way ANOVA ในตารางที่ 5-7 พบว่าค่า p-value มีมากกว่า 0.05 ทำให้ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หรือค่าเฉลี่ยจำนวนสินค้าที่ทำการหยิบในแต่ละชั่วโมงภายในสถานการณ์ A00-A14 นั้นเท่ากัน ซึ่งจำนวนสินค้าที่ทำการหยิบในสถานการณ์ A00-A14 มีผลมาจากจำนวนสินค้าขาเข้าในแต่ละชั่วโมง จึงส่งผลให้สถานการณ์ A00-A14 มีค่าเฉลี่ยจำนวนสินค้าที่ทำการหยิบในรายชั่วโมงไม่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

5.2.3 การวิเคราะห์จำนวนการหยิบสินค้า

การเปรียบเทียบจำนวนการหยิบสินค้าของระบบระหว่างสถานการณ์ A00 ในปัจจุบันกับสถานการณ์ A14 ในรายชั่วโมงได้ผลตามรูปที่ 5-10



รูปที่ 5-10 ตัวอย่างจำนวนการหยิบสินค้ารายชั่วโมงของระบบในสถานการณ์ A00 และ A14

ตัวอย่างจำนวนการหยิบสินค้ารายชั่วโมงของระบบในสถานการณ์ A00 และ A14 ตามรูปที่ 5-10 แสดงให้เห็นถึงจำนวนครั้งการหยิบสินค้าของพนักงานภายในระบบพุททูไลท์ตามแต่ละชั่วโมง จากรูปจะเห็นได้ว่าจำนวนครั้งการหยิบมีความแตกต่างกันในแต่ละชั่วโมงการทำงาน และในสถานการณ์ที่ทำการทดสอบโดยสถานการณ์ A14 จะมีจำนวนครั้งในการหยิบน้อยกว่าสถานการณ์ที่ A00 ในทุกชั่วโมงงาน ดังนั้นเพื่อทดสอบความแตกต่างของแต่ละสถานการณ์ ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ One-way ANOVA ของจำนวนครั้งการหยิบสินค้ารายชั่วโมงในสถานการณ์ A00-A14 ซึ่งได้ผลตามตารางที่ 5-9

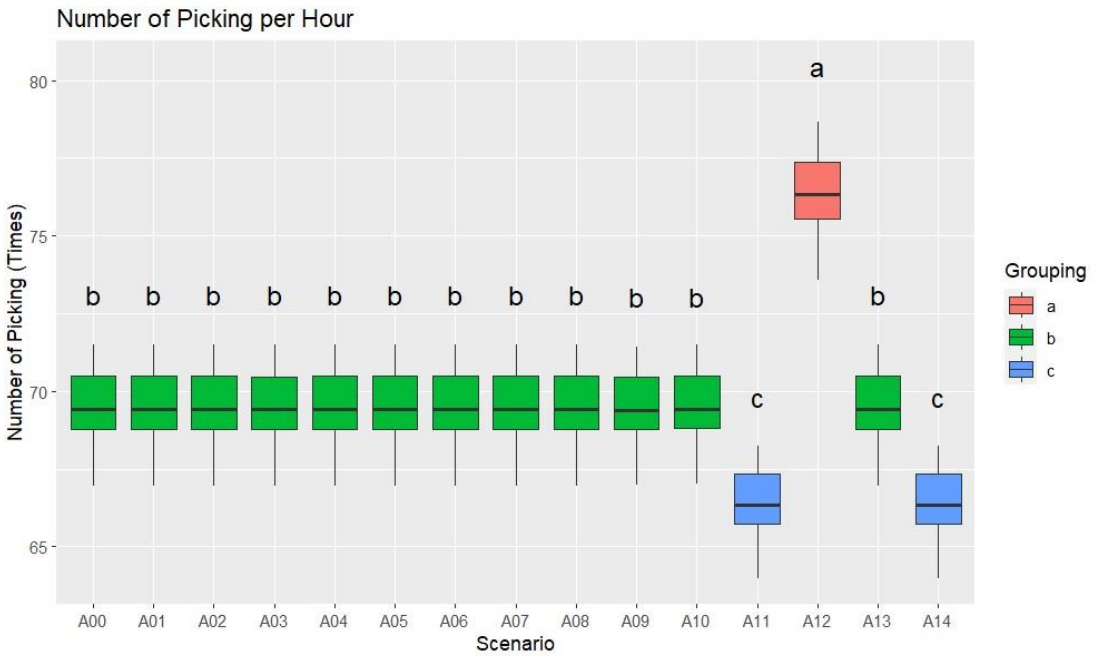
ตารางที่ 5-9 การวิเคราะห์ One-way ANOVA ของจำนวนครั้งการหยิบสินค้า

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Scenario	14	1987.0	141.927	99.42	0.000
Error	435	621.0	1.428		
Total	449	2607.9			

จากผลการวิเคราะห์จำนวนครั้งการหยิบสินค้ารายชั่วโมงด้วย One-way ANOVA ในตารางที่ 5-9 พบว่าค่า p-value มีน้อยกว่า 0.05 ซึ่งเป็นการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หรือค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งการหยิบสินค้าในสถานการณ์ A00-A14 ไม่ได้เท่ากันทั้งหมด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำ Tukey's Honestly Significant Different เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างสถานการณ์ โดยได้ผลการทำตามรูปที่ 5-11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



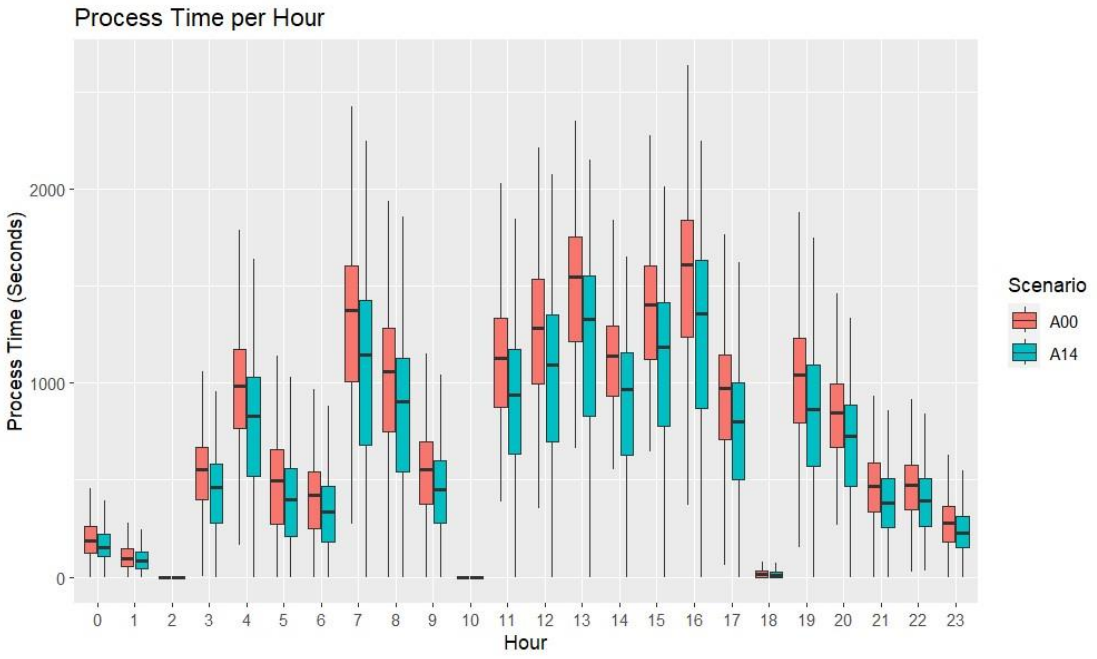
รูปที่ 5-11 ผลการวิเคราะห์ Tukey's Test จำนวนการหยิบสินค้า

จากรูปที่ 5-11 แสดงผลการวิเคราะห์ Tukey's Test จำนวนครั้งในการหยิบสินค้า จะเห็นได้ว่าจำนวนครั้งในการหยิบสินค้าในสถานการณ์ A00-A14 สามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 กลุ่มตามจำนวนมากไปน้อยเรียงตามกลุ่ม a ไป c ตามลำดับ โดยในกลุ่ม a จะเป็นกลุ่มที่มีจำนวนครั้งในการหยิบสินค้าที่มาก ซึ่งเกิดกับสถานการณ์ A12 เป็นผลมาจากนโยบายการลดปริมาตรความจุสินค้าต่อตะกร้าส่งผลให้มีตะกร้าขาเข้ามากขึ้น พนักงานจึงต้องหยิบสินค้าในจำนวนครั้งเพิ่มขึ้นตาม กลุ่มถัดไปกลุ่ม b จะเป็นกลุ่มที่มีจำนวนครั้งในการหยิบสินค้าที่อยู่ตรงกลาง จะประกอบไปด้วยสถานการณ์ A00-A10 และ A13 ซึ่งเป็นสถานการณ์ไม่ได้ปรับนโยบายในเรื่องของปริมาตรความจุสินค้า จำนวนครั้งในการหยิบสินค้าจึงมีค่าใกล้เคียงกัน และสุดท้ายกลุ่ม c จะเป็นกลุ่มที่มีจำนวนครั้งในการหยิบสินค้าน้อย ประกอบไปด้วยสถานการณ์ A11 และ A13 เป็นผลมาจากนโยบายที่ตรงข้ามกับสถานการณ์ A12 ที่ทำการเพิ่มปริมาตรความจุสินค้าต่อตะกร้าแทน เมื่อเพิ่มปริมาตรความจุสินค้าต่อตะกร้าจะทำให้จำนวนตะกร้าขาเข้าลดน้อยลง จำนวนครั้งในการหยิบสินค้าของพนักงานก็จะลดลงตาม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2.4 การวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน

การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานภายในระบบระหว่างสถานการณ์ A00 ในปัจจุบันกับสถานการณ์ A14 ในรายชั่วโมงได้ผลตามรูปที่ 5-12



รูปที่ 5-12 ตัวอย่างเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานรายชั่วโมงของระบบในสถานการณ์ A00 และ A14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

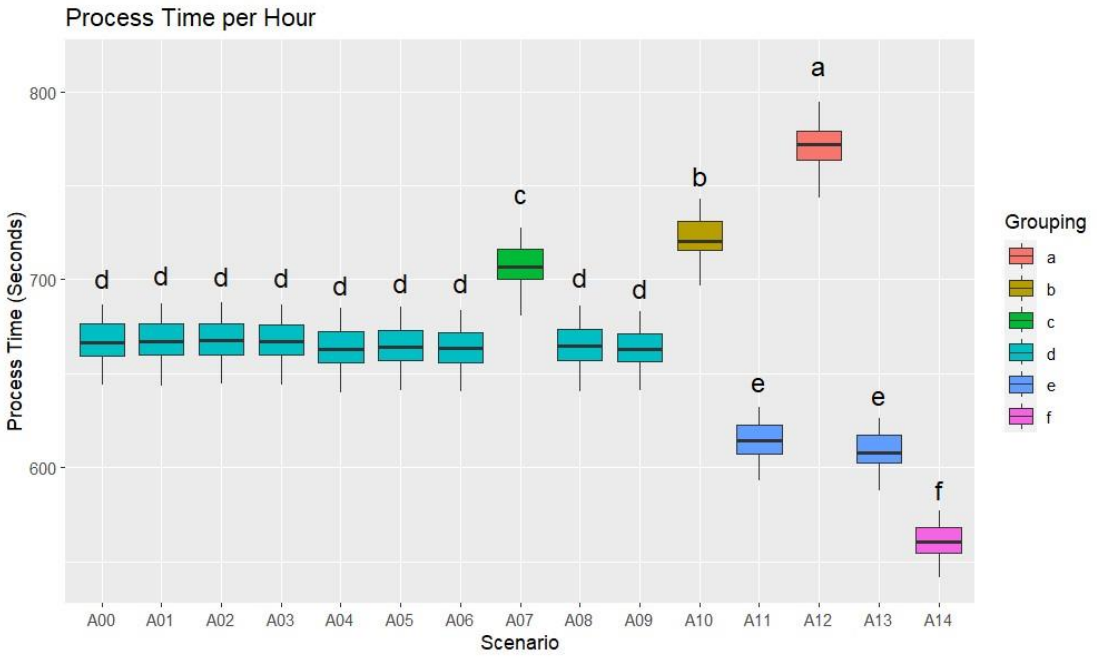
ตัวอย่างเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานรายชั่วโมงของระบบในสถานการณ์ A00 และ A14 ตามรูปที่ 5-12 แสดงให้เห็นถึงเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานของพนักงานภายในสถานีงานระบบพุททูไลท์ตามแต่ละชั่วโมง จากรูปจะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานในแต่ละชั่วโมงการทำงานมีความแตกต่างกัน และในสถานการณ์ที่ทำการทดสอบโดยสถานการณ์ A14 จะใช้เวลาน้อยกว่าสถานการณ์ที่ A00 ในทุกชั่วโมงงาน ดังนั้นเพื่อทดสอบความแตกต่างของแต่ละสถานการณ์ ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ One-way ANOVA ของเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานรายชั่วโมงในสถานการณ์ A00-A14 ซึ่งได้ผลตามตารางที่ 5-10

ตารางที่ 5-10 การวิเคราะห์ One-way ANOVA ของเวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Scenario	14	977200	69800.0	507.09	0.000
Error	435	59878	137.6		
Total	449	1037078			

จากผลการวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานรายชั่วโมงด้วย One-way ANOVA ในตารางที่ 5-10 พบว่าค่า p-value มีน้อยกว่า 0.05 ซึ่งเป็นการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หรือค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานในสถานการณ์ A00-A14 ไม่ได้เท่ากันทั้งหมด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำ Tukey's Honestly Significant Different เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างสถานการณ์ โดยได้ผลการทำตามรูปที่ 5-13



รูปที่ 5-13 ผลการวิเคราะห์ Tukey's Test เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน

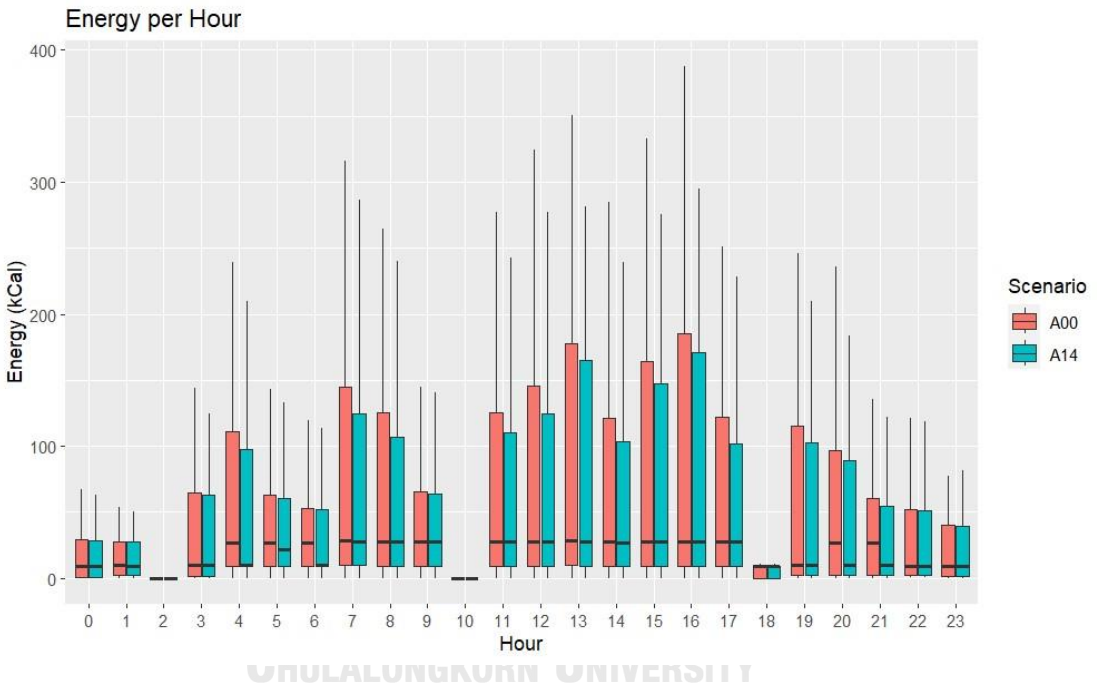
จากรูปที่ 5-13 แสดงผลการวิเคราะห์ Tukey’s Test เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานในรายชั่วโมง จะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานในสถานการณ์ A00-A14 สามารถแบ่งได้ออกเป็น 6 กลุ่มตามจำนวนมากไปน้อยเรียงตามกลุ่ม a ไป f ตามลำดับ เริ่มจากกลุ่ม a จะเป็นกลุ่มที่ใช้เวลาในการดำเนินงานมากที่สุด ซึ่งเกิดกับสถานการณ์ A12 เป็นผลมาจากนโยบายการลดปริมาตรความจุสินค้าต่อตะกร้า ส่งผลให้พนักงานต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนตะกร้าสินค้าภายในสถานีงานมากขึ้น รวมถึงพนักงานต้องใช้เวลาในการยกตะกร้าออกจากสายพานขาเข้าเนื่องจากจำนวนตะกร้าขาเข้าที่มากขึ้น กลุ่มถัดมาเป็นกลุ่ม b ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ A10 และกลุ่ม c ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ A07 โดยทั้ง 2 กลุ่มเป็นการใช้นโยบายการจัดกลุ่มตะกร้าสาขาสำหรับสถานีงานและนโยบายในการจัดตำแหน่งตะกร้าสาขาแบบสุ่ม ตามลำดับ ทำให้เห็นว่าการจัดกลุ่มและจัดตำแหน่งของตะกร้าสาขาภายในสถานีงานส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานภายในสถานี ที่เป็นผลมาจากระยะการเดินที่มากขึ้นของพนักงานจากการสุ่มตำแหน่งที่เกิดขึ้น กลุ่มต่อไปเป็นกลุ่ม d ประกอบไปด้วย A00-A06 และ A08-A09 ในกลุ่มนี้แสดงให้เห็นว่าการนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการจัดตำแหน่งตะกร้าสินค้าในรูปแบบที่ต้องการจะปรับปรุง นโยบายตำแหน่งสถานีงานที่เปิดใช้งาน และนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการจัด DS ไม่ได้ส่งผลเวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน เนื่องจากตำแหน่งตะกร้าสินค้าและสถานีงานที่ทำการปรับปรุงตามนโยบายใหม่มีความใกล้เคียงกับนโยบายเดิม จำนวนสั่งซื้อ DS มีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับคำสั่งซื้อของสาขาจึงไม่ได้ส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน ในส่วนของกลุ่ม e จะประกอบไปด้วยสถานการณ์ A11 ที่เป็นนโยบายการเพิ่มปริมาตรความจุสินค้าต่อตะกร้าทำให้จำนวนตะกร้าขาเข้าและออกลดลง พนักงานจึงใช้เวลาลดลงในการทำงาน และสถานการณ์ A13 ที่เป็นนโยบายที่คำนึงถึงความสามารถของพนักงาน เมื่อจัดพนักงานที่มีความสามารถลงใน Island ที่มีงานมากที่สุดจะสามารถลดเวลาโดยเฉลี่ยลงได้ กลุ่มสุดท้ายคือกลุ่ม f ที่เป็นสถานการณ์ A14 ที่เป็นนโยบายร่วมทำให้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานน้อยที่สุดเนื่องจากเป็นการรวมนโยบายทั้งสองที่ช่วยให้ลดเวลาในการทำงานจากสถานการณ์ A11 และ A13

5.2.5 การวิเคราะห์พลังงานที่ใช้ในกิจกรรม

การเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ในกิจกรรมภายในระบบระหว่างสถานการณ์ A00 ในปัจจุบันกับสถานการณ์ A14 ในรายชั่วโมงได้ผลตามรูปที่ 5-14



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 5-14 ตัวอย่างพลังงานที่ใช้ในกิจกรรมรายชั่วโมงของระบบในสถานการณ์ A00 และ A14

ตัวอย่างพลังงานที่ใช้ในกิจกรรมรายชั่วโมงของระบบในสถานการณ์ A00 และ A14 ตามรูปที่ 5-14 แสดงให้เห็นถึงพลังงานที่ใช้ในกิจกรรมของพนักงานที่ทำงานภายในสถานีงานระบบพุททูไลท์ตามแต่ละชั่วโมง จากรูปจะเห็นได้ว่าพลังงานที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานมีความแตกต่างกัน และในสถานการณ์ที่ทำการทดสอบโดยรวมสถานการณ์ A14 จะใช้พลังงานใกล้เคียงหรือน้อยกว่าสถานการณ์ที่ A00 ในทุกชั่วโมงงาน ดังนั้นเพื่อทดสอบความแตกต่างของแต่ละสถานการณ์ ผู้วิจัยจึง

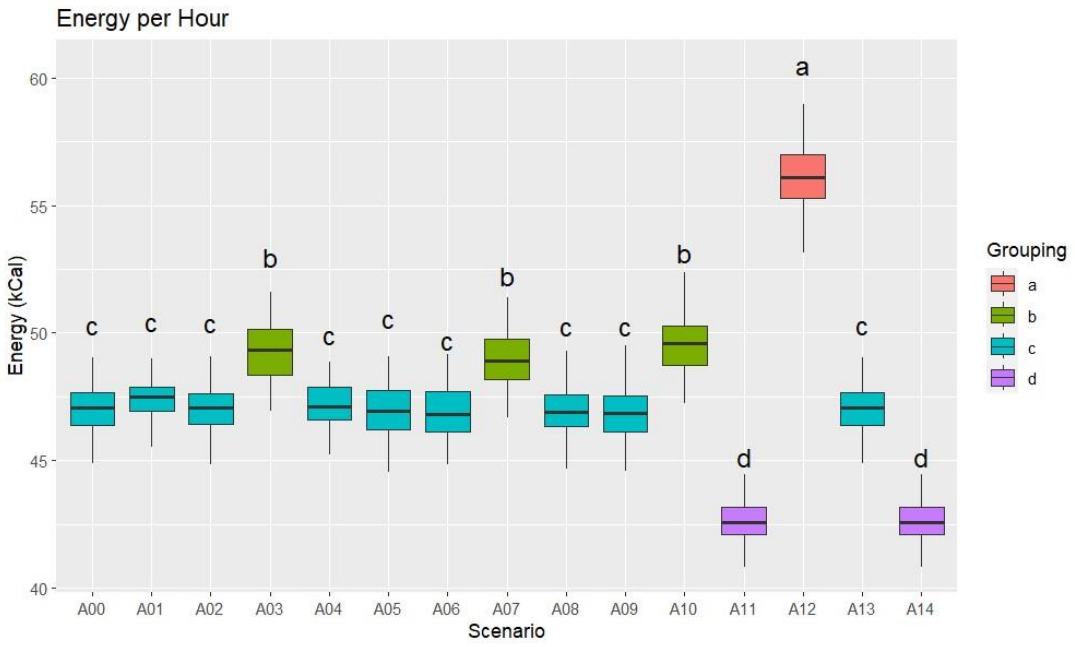
ได้ทำการวิเคราะห์ One-way ANOVA ของพลังงานที่ใช้ในกิจกรรมรายชั่วโมงในสถานการณ์ A00-A14 ซึ่งได้ผลตามตารางที่ 5-11

ตารางที่ 5-11 การวิเคราะห์ One-way ANOVA ของพลังงานที่ใช้ในกิจกรรม

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Scenario	14	4024.3	287.451	219.46	0.000
Error	435	569.8	1.310		
Total	449	4594.1			

จากผลการวิเคราะห์พลังงานที่ใช้ในกิจกรรมรายชั่วโมงด้วย One-way ANOVA ในตารางที่ 5-11 พบว่าค่า p-value มีน้อยกว่า 0.05 ซึ่งเป็นการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หรือค่าเฉลี่ยพลังงานที่ใช้ในกิจกรรมในสถานการณ์ A00-A14 ไม่ได้เท่ากันทั้งหมด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำ Tukey's Honestly Significant Different เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างสถานการณ์ โดยได้ผลการทำตามรูปที่ 5-15



รูปที่ 5-15 ผลการวิเคราะห์ Tukey's Test พลังงานที่ใช้ในกิจกรรม

จากรูปที่ 5-15 แสดงผลการวิเคราะห์ Tukey’s Test พลังงานที่ใช้ในกิจกรรมในรายชั่วโมง จะเห็นได้ว่าพลังงานที่ใช้ในกิจกรรมในสถานการณ์ A00-A14 สามารถแบ่งได้ออกเป็น 4 กลุ่มตามจำนวนมากไปน้อยเรียงตามกลุ่ม a ไป d ตามลำดับ ลำดับแรกกลุ่มที่ใช้พลังงานในกิจกรรมสูงสุดกลุ่ม a เกิดขึ้นในสถานการณ์ A12 เป็นผลมาจากนโยบายการลดปริมาตรความจุสินค้าต่อตะกร้า ส่งผลให้พนักงานต้องยกตะกร้าสินค้าเปล่าขาเข้าและเปลี่ยนตะกร้าสินค้าสาขาภายในสถานีงานมากขึ้น ทำให้พนักงานต้องใช้พลังงานมากขึ้น ถัดมาเป็นกลุ่ม b ประกอบด้วยสถานการณ์ A03, A07 และ A10 โดยสถานการณ์ A03 เป็นการปรับนโยบายในการจัดการตะกร้าสินค้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรงที่แยกตะกร้า DS ออกจาก Island สาขาปกติ ซึ่งทำให้การลำเลียงสินค้าตะกร้าขาเข้าสถานีงานของ Island สาขาปกติและ Island DS แยกจากกันทั้งหมด ส่งผลให้ปริมาณตะกร้าขาเข้าเพิ่มขึ้นจึงส่งผลต่อให้พลังงานที่ใช้ในกิจกรรมเพิ่มขึ้นตาม ส่วนสถานการณ์ A07 และ A10 เนื่องจากเป็นการสุ่มตำแหน่งตะกร้าสาขาและจัดกลุ่มตะกร้าสาขาตามลำดับ ส่งผลให้พนักงานต้องมีการเดินภายในสถานีงานที่มากกว่าปกติ ดังนั้นพลังงานที่ใช้ในกิจกรรมจึงมากขึ้นตาม ลำดับถัดมาเป็นกลุ่ม c ประกอบไปด้วยสถานการณ์ A00-A02, A04-A06, A08-09 และ A13 การปรับนโยบายเหล่านี้ไม่ได้ส่งผลต่อพลังงานที่ใช้ในกิจกรรม เนื่องจากจำนวนตะกร้าสินค้าที่เข้าสถานีงานและตำแหน่งตะกร้าสาขาภายใน Island ในแต่ละสถานการณ์ใกล้เคียงกัน กลุ่มสุดท้ายคือกลุ่ม d ประกอบไปด้วยสถานการณ์ A11 และ A14 ทั้ง 2 สถานการณ์มีการใช้นโยบายการเพิ่มปริมาตรความจุสินค้าต่อตะกร้า ส่งผลให้พนักงานต้องยกตะกร้าสินค้าเปล่าขาเข้าและเปลี่ยนตะกร้าสินค้าสาขาภายในสถานีงานลดลง ดังนั้นการใช้พลังงานที่ในกิจกรรมของพนักงานจึงลดลง

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองตามสถานการณ์ทั้งหมดที่ได้ทำการทดสอบแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์จำนวนการบล็อกกิ้งของระบบ จำนวนสินค้าที่ทำการหยิบ จำนวนการหยิบสินค้า เวลาที่ใช้ใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การดำเนินงาน และพลังงานที่ใช้ในกิจกรรมจากการทำแบบจำลองสถานการณ์ตามแต่ละนโยบายที่กำหนด ดังนั้นในบทถัดจะเป็นกล่าวถึงการสรุปผลการดำเนินการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้กล่าวถึงการสรุปผลการวิจัยการศึกษาการออกแบบสถานีงานพุททูไลท์ของศูนย์กระจายสินค้าวัสดุตกแต่งบ้าน รวมถึงข้อเสนอแนะที่มาได้มาจากการวิจัย และการทำแบบจำลองสถานการณ์

6.1. สรุปผลการวิจัย

บริษัทกรณีศึกษาได้นำเอาระบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับใช้ทั้งในการจัดเก็บและกระจายสินค้ามาใช้งานภายในคลังสินค้า โดยนำเอาระบบพุททูไลท์ที่เป็นระบบอาศัยการทำงานร่วมกับพนักงานและถูกออกแบบมาใช้ในการกระจายสินค้าขนาดเล็กของสินค้ากลุ่ม PT และ FT สำหรับสาขาของบริษัทและสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรง ระบบแบ่งกลุ่มสาขาและลูกค้าออกเป็นสถานีงานเรียกว่า Island ซึ่งมีการใช้สายพานลำเลียงตะกร้าสินค้าขาเข้าและออกร่วมกัน

การศึกษาระบบการทำงานพบว่าอัตราการหยิบสินค้าเฉลี่ยต่อพนักงานต่อชั่วโมง ต่ำกว่าที่บริษัทตั้งเป้าเอาไว้ที่ 535 ชิ้นต่อ Island ต่อชั่วโมง จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่ามีการบล็อกกิ้งเกิดขึ้นบนสายพานลำเลียงตะกร้าภายในสถานีงาน ที่เป็นผลมาจากจำนวนครั้งในการหยิบสินค้าและจำนวนตะกร้าสินค้าขาเข้าไม่สมดุลกันในแต่ละ Island ซึ่งการบล็อกกิ้งทำให้อัตราการหยิบสินค้าลดลง ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาออกแบบการจัดกลุ่ม จำนวนพนักงาน และตำแหน่งการจัดวางตะกร้าบรรจุสินค้าที่เหมาะสมภายในสถานีงานพุททูไลท์ของศูนย์กระจายสินค้าวัสดุตกแต่งบ้านกรณีศึกษา เพื่อเพิ่มอัตราการหยิบสินค้า โดยการทำแบบจำลองสถานการณ์ของระบบพุททูไลท์

เนื่องจากความหลายหลากของข้อมูลสินค้าที่มีความแตกต่างของลักษณะสินค้าและลักษณะความต้องการ ผู้วิจัยจึงประยุกต์หลักการพาเรโตแล้วจำแนกสินตามขนาดออกเป็น 3 ประเภทและ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตามลักษณะความต้องการอีก 3 ประเภท เมื่อรวมกับสินค้าที่แตกหักได้ง่ายอีก 1 กลุ่มจะทำให้กลุ่มสินค้าในงานวิจัยนี้มีรวมเป็นทั้งหมด 10 กลุ่ม นอกจากที่ข้อมูลความต้องการสินค้าเองก็แตกต่างตามประเภทสาขา โดยสามารถแยกสาขาได้ออกเป็น 6 กลุ่มตามลักษณะจริง ซึ่งรวมกลุ่มสำหรับการจัดส่งลูกค้าโดยตรงด้วย ก่อนที่จะหาการกระจายของความต้องการสินค้าทั้ง 10 กลุ่มต่อแต่ละกลุ่มสาขารายชั่วโมง ถัดจากข้อมูลความต้องการคือการวิเคราะห์กระบวนการทำงานของระบบพุททูไลท์ โดยทำการเก็บข้อมูลขั้นตอนการทำงานของพนักงาน แผนผังสถานีงาน ตำแหน่งการวางตะกร้า สายพาน ลำเลียงและอัตราเร็วที่ใช้งาน เพื่อรวบรวมและนำไปสร้างแบบจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรม R/Rstudio

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เสร็จสิ้น หลังจากนั้นจึงได้ทำการกำหนดนโยบายที่จะใช้ภายในแบบจำลองสถานการณ์ โดยผู้วิจัยได้ทำการกำหนดรูปแบบนโยบายได้ดังนี้

1. รูปแบบนโยบายจำนวนสถานีงานที่เปิดใช้งาน (IN) โดยปรับปรุงการเปิดสถานีงานอ้างอิงตามจำนวนตะกร้าสาขาของบริษัทกรณีศึกษา
2. รูปแบบนโยบายตำแหน่งสถานีงานที่เปิดใช้งาน (IP) โดยปรับปรุงตำแหน่งการเปิดสถานีงานให้มีจำนวนสมดุลตามเส้นทางของสายพาน
3. รูปแบบนโยบายในการจัดการตะกร้าสินค้าสำหรับจัดส่งลูกค้าโดยตรง (DS) โดยปรับปรุงด้วยการทำการแยก Island สำหรับตะกร้าสาขาและ Island ตะกร้า DS ออกจากกัน
4. รูปแบบนโยบายในการจัดตะกร้าสินค้าปกติและสินค้าแตกได้ง่าย (BP) โดยปรับปรุงตำแหน่งการวางตะกร้าสินค้า Normal และ Soft Touch ในแต่ละสาขาของบริษัทกรณีศึกษาไม่ต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน ด้วยการแยกการคำนวณจำนวนสินค้า Normal

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และ Soft Touch ของแต่ละสาขา ก่อนที่จะนำมาเรียงจัดลงตำแหน่งตะกร้าภายในแต่ละ Island

5. รูปแบบนโยบายในการจัดตำแหน่งตะกร้าสาขา (BL) โดยจะปรับปรุงรูปแบบการวางตำแหน่งตะกร้าภายใน Island
6. รูปแบบนโยบายในการจัดกลุ่มตะกร้าสาขาสาหรับสถานีงาน (BG) โดยจะปรับปรุงรูปแบบการจัดกลุ่มสาขา Island
7. รูปแบบนโยบายปริมาตรความจุของตะกร้าสินค้า (BC) โดยการปรับปรุงขนาดความจุตะกร้า
8. รูปแบบนโยบายที่คำนึงถึงความสามารถของพนักงาน (WS) โดยปรับปรุงด้วยการเพิ่มพนักงานที่มีความสามารถในการทำงานลง Island ที่มีการบล็อกกิ้งสูงสุด

หลังจากที่ได้กำหนดนโยบาย ผู้วิจัยได้ทำการพิจารณารูปแบบที่จะใช้ทดสอบภายในแบบจำลองสถานการณ์ด้วยการทำการทดลองทีละปัจจัย ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบแบบจำลองของระบบพุททูไลท์ด้วยการจำลองสถานการณ์ต่อเนื่อง 6 วัน จำนวน 30 Replications ซึ่งผลลัพธ์ที่นำมาพิจารณาจะประกอบไปด้วย 5 ส่วนมีดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. การวิเคราะห์จำนวนการบล็อกกิ้งของระบบ
2. การวิเคราะห์จำนวนสินค้าที่ทำการหยิบ
3. การวิเคราะห์จำนวนการหยิบสินค้า
4. การวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน
5. การวิเคราะห์พลังงานที่ใช้ในกิจกรรม

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบสถานการณ์ พบว่าการปรับปรุงด้วยนโยบาย BC2 ทำให้ผลลัพท์จำนวนการบล็อกกิ้งของระบบ จำนวนครั้งการหยิบสินค้าและพลังงานที่ใช้ในกิจกรรมน้อยที่สุดในทุกการทดสอบ และการปรับปรุงด้วยนโยบาย WS1 ทำให้ได้เวลาในการดำเนินงานน้อยที่สุดในทุกการทดสอบ ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้ทำการทดสอบเพิ่มอีก 1 สถานการณ์ โดยใช้การปรับปรุงนโยบายร่วมระหว่างนโยบาย BC2 และ WS1 ก่อนที่จะทำการสรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบ

สรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบสถานการณ์ทั้งหมดจะเห็นได้ว่านโยบายที่เกี่ยวข้องกับการจัดกลุ่มและจัดตำแหน่งตะกร้าบรรจุสินค้าภายในสถานีงานพุททูไลท์ในรูปแบบต่าง ๆ รวมถึงรูปแบบในการจัดการสถานีงานไม่ได้ส่งผลช่วยลดการบล็อกกิ้งภายในระบบพุททูไลท์ของบริษัทกรณีศึกษา แต่ก็ไม่สามารถปฏิเสธได้ว่าการจัดกลุ่มและจัดตำแหน่งตะกร้าไม่ได้มีผลกระทบต่อการบล็อกกิ้งที่เห็นได้จากผลในรูปแบบนโยบายที่ทำการสุ่มตำแหน่งตะกร้าที่ทำให้การบล็อกกิ้งสูงขึ้นรวมถึงพนักงานต้องใช้พลังเพิ่มขึ้นในการทำงานอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการให้ความสนใจไปที่นโยบายในเรื่องความจุตะกร้าสินค้าที่ใช้ในการลำเลียงสินค้าขาเข้าและออกจากสถานีงานกับนโยบายการคำนึงถึงความสามารถพนักงานจะส่งผลที่ดีต่อจำนวนการบล็อกกิ้ง จำนวนครั้งในการหยิบสินค้า เวลาในการดำเนินงานรวมถึงพลังงานที่พนักงานใช้ในกิจกรรมมากกว่าการจัดตำแหน่งตะกร้าในสถานีงานที่ไม่ได้ให้ผลที่แตกต่างจากในปัจจุบัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2. ข้อจำกัดงานวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยจนถึงกระบวนการสรุปผลมีข้อจำกัดที่เกิดขึ้นภายในงานวิจัยดังต่อไปนี้

- งานวิจัยนี้ได้รับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองระบบพุททูไลท์อยู่เพียง 2 ส่วน ได้แก่ข้อมูลตะกร้าสินค้าขาเข้าสถานีงาน Secondary Assorted และข้อมูลสินค้าที่ผ่านการทำงานบนสถานีงาน Secondary Assorted
- การทำงานของอุปกรณ์ที่นอกเหนือจากระบบพุททูไลท์ แต่มีส่วนที่ทำงานต่อเนื่องหรือเกี่ยวข้องกัน อันได้แก่ สถานีงาน Primary Assorted, ASRS Shuttle Rack และสายพานลำเลียง จะถูกจำกัดให้มีค่าการทำงานที่คงที่เสมอ
- การกำหนดแบ่งรอบการจัดการสินค้า และรอบการทำงานของพนักงาน ภายใต้ระบบพุททูไลท์ถูกกำหนดให้เป็นไปตามการจัดของคลังสินค้าโดยรวมทั้งหมดจากข้อจำกัดของข้อมูล

6.3. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาระบบพุททูไลท์ของบริษัทกรณีศึกษาในงานวิจัยฉบับนี้ พบว่ายังมีข้อจำกัดในอีกหลายส่วนภายในการทำแบบจำลองสถานการณ์สำหรับการออกแบบระบบพุททูไลท์ ซึ่งสามารถขยายประเด็นที่จะใช้ศึกษาและต่อยอดงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบพุททูไลท์ได้ในอนาคต โดยในส่วนของประเด็นต่าง ๆ สามารถสรุปออกเป็นข้อเสนอแนะได้ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.3.1. การจัดการข้อมูลด้วยการขยายขอบเขตงานวิจัยให้ครอบคลุมสถานีงาน Primary Assorted

เนื่องด้วยข้อมูลสำหรับงานวิจัยฉบับนี้ที่ได้รับมาจากบริษัทกรณีศึกษาทำให้การศึกษาจำกัดอยู่ในส่วนสถานีงาน Secondary Assorted จากในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ มีการเสนอการปรับปรุงนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการตะกร้าขาเข้าของสินค้า ซึ่งสามารถช่วยการทำงานภายในระบบพุททูไลท์ แต่จากขั้นตอนการทำงานก่อนเข้าของระบบพุททูไลท์ของบริษัทกรณีศึกษาจะต้องผ่านการจัดสินค้าลงตะกร้าเพื่อแยกตะกร้าสินค้าตาม Island ที่สถานีงาน Primary Assorted ทำให้จำนวน

ตะกร้าขาเข้าของระบบพุททูไลท์นอกเหนือจากที่ขึ้นกับการจัดกลุ่ม Island จะขึ้นกับการทำงานของสถานีงาน Primary Assorted ทั้งตามจำนวนสถานีงานที่เปิดใช้และนโยบายที่ใช้งาน ดังนั้นในอนาคตการพิจารณาระบบพุททูไลท์ที่อยู่ในสถานีงาน Secondary Assorted ร่วมกับการทำงานของสถานีงาน Primary Assorted อาจจะเป็นอีกส่วนที่น่าสนใจในการศึกษา

6.3.2. การบริหารจัดการอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาในงานวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นปรับปรุงสถานีงาน Secondary Assorted โดยอนุมานว่าอุปกรณ์จัดเก็บและขาถ่ายวัสดุอื่น ๆ ทำงานภายใต้สภาวะปัจจุบัน อย่างไรก็ดีบริษัทกรณีศึกษาสามารถปรับความเร็ว และประสิทธิภาพ รวมถึงลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น สายพานลำเลียง และ Shuttle Rack AS/RS เป็นต้น

ภายในระบบพุททูไลท์ของบริษัทกรณีศึกษาใช้สายพานในการลำเลียงสินค้าเข้าและออกจากสถานีงาน โดยในปัจจุบันอัตราเร็วของสายพานทั้งขาเข้าและออกถูกกำหนดไว้คงที่ ซึ่งอัตราเร็วของสายพานส่งผลต่อจำนวนตะกร้าที่จะสามารถลำเลียงเข้าสถานีงาน หากอัตราเร็วเพิ่มขึ้นจำนวนตะกร้าที่ลำเลียงบนสายพานจะใช้เวลาน้อยลงหรือก็คือตะกร้าจะถูกส่งเข้า Island ในแต่ละสถานีงานได้เร็วขึ้น อาจจะส่งผลให้อัตราการหยิบสินค้าเพิ่มขึ้นตาม อย่างไรก็ตามการเพิ่มอัตราเร็วของสายพานอาจจะก่อให้เกิดผลเสียในด้านการบล็อกกิ้งที่เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากจำนวนตะกร้าสินค้าที่ถูกลำเลียงเข้า Island มากขึ้น ความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายต่อสินค้าโดยเฉพาะสินค้าที่มีความเปราะบางในกลุ่มสินค้า Soft Touch นอกเหนือจากนั้นยังต้องมีการจัดจำนวนสถานีงาน Primary Assorted ที่เหมาะสมสำหรับปริมาณตะกร้าขาเข้าที่จะใช้กับอัตราเร็วที่ได้ทำการปรับปรุงและจำนวนชั้นวางของ Shuttle Rack AS/RS ที่ต้องคำนึงถึงอัตราเร็วสายพานสำหรับตะกร้าขาออกสำหรับการจัดเก็บตะกร้าด้วยเช่นกัน รวมถึงระบบเซ็นเซอร์บนสายพานลำเลียงสำหรับระบุตำแหน่งจากอ่านบาร์โค้ดบนตะกร้าสินค้าที่ต้องคำนึงถึงความเร็วในการเคลื่อนที่ของตะกร้าที่เซ็นเซอร์สามารถทำงานได้ ซึ่งใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจุบันจำนวนการเปิดสถานีงาน Primary Assorted จำนวนชั้นวางของ Shuttle Rack AS/RS และระบบเซ็นเซอร์บนสายพานเป็นส่วนที่บริษัทกรณีศึกษามีการใช้งานอยู่จึงมีจำนวนหรือค่าที่ถูกกำหนดไว้คงที่ ดังนั้นการปรับปรุงอัตราเร็วของสายพานลำเลียงจึงต้องพิจารณาร่วมกับส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องนอกเหนือจากสถานีงาน Secondary Assorted

6.3.3. การกำหนดสาขาในรอบการทำงาน

งานวิจัยฉบับนี้ยังขาดข้อมูลที่จะนำมาดำเนินการในนโยบายการกำหนดสาขาในรอบการทำงาน ในปัจจุบันการแบ่งสาขาตามรอบการทำงานถูกกำหนดไว้ให้คงที่ หากมีการปรับนโยบายโดยการกระจายสาขาให้มีความสมดุลความต้องการสินค้าในแต่ละรอบการทำงาน ซึ่งอาจจะช่วยกระจายปริมาณสินค้าและตะกร้าขาเข้าในระหว่างรอบการทำงานได้ไม่ให้กระจุกตัวในบางช่วงเวลาได้ ซึ่งส่งผลต่อการบล็อกกิ้งของระบบพุททูไลท์ แต่การปรับปรุงการกำหนดสาขาในรอบการทำงานต้องมีการพิจารณาร่วมกับการทำงานในส่วนอื่น ๆ เช่น สถานีงาน U-pick ที่ทำหน้าที่ในการกระจายสินค้าที่มีหน่วยการหยิบเป็นกล่อง และการเบิกสินค้าที่เป็นพาเลทจาก AS/RS Storage ที่จะมีการดำเนินงานตามรอบการทำงานเช่นเดียวกับสถานีงาน Secondary Assorted เนื่องจากการกำหนดสาขาของรอบการทำงานนั้นใช้สำหรับทั้งคลังสินค้าในการส่งสินค้า ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงจึงจำเป็นที่จะต้องพิจารณาร่วมกับทั้งคลังสินค้า นอกหนือจากสินค้าที่ผ่านระบบพุททูไลท์ อีกทั้งยังต้องพิจารณาในเรื่องของการขนส่งสินค้าที่จะต้องวางแผนในการเดินรถใหม่จากการปรับปรุง

บรรณานุกรม

[1] สิริทิพย์ ฉลอง, "ธุรกิจโมเดิร์นเทรดวัสดุก่อสร้าง," ศูนย์วิจัยธนาคารออมสิน, https://www.gsbresearch.or.th/wp-content/uploads/2018/12/IN_moderntrade_construction_12_61_detail.pdf, 2562.

[2] สิริทิพย์ ฉลอง, "ธุรกิจโมเดิร์นเทรดวัสดุก่อสร้าง..กับผลกระทบปี 2563," ศูนย์วิจัยธนาคารออมสิน, https://www.gsbresearch.or.th/wp-content/uploads/2020/04/IN_moderntrade_4_63.pdf, 2563.

[3] กองบริหารข้อมูลตลาดแรงงาน. "การแก้ไขและป้องกันการขาดแคลนแรงงาน พ.ศ. ๒๕๖๐ - ๒๕๖๔", กรมการจัดหางาน, 2560.

[4] SME Thailand, "จับตาเทรนด์การจัดการคลังสินค้ายุคใหม่ รับมือผู้บริโภค “ฉันต้องการสินค้าเดี๋ยวนี้!”," https://www.smethailandclub.com/technology-4941-id.html, 2019.

[5] S. Banker, "Automation Is The Future Of Warehousing," https://www.forbes.com/sites/stevebanker/2020/07/31/automation-is-the-future-of-warehousing/?sh=485c32f730f4, 2020.

[6] โอฬาร กิตติธีรพรชัย, "คลังสินค้าและการจัดการคลังสินค้า". ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2561, p. 305.

[7] S. T. Hackman, E. H. Frazelle, P. M. Griffin, S. O. Griffin, and D. A. Vlasta, "Benchmarking Warehousing and Distribution Operations: An Input-Output Approach," *Journal of Productivity Analysis,* Article vol. 16, no. 1, pp. 79-100, 2001, doi: 10.1023/A:1011155320454.

[8] I. BigRentz, "12 Warehouse Layout Tips for Optimization," BigRentz Web site, https://www.bigrentz.com/blog/warehouse-layout, 2020.

[9] Wiringdiagram, "Warehouse Diagram Fabulous Layout Designs for Warehousing Operations," Wiring diagram Web site, http://pinnacleeventswnc.com/warehouse-diagram/warehouse-diagramfabulous-layout-designs-for-warehousing-operations/, 2018.

[10] M. Trottmann and S. Zhang, "The trend towards warehouse automation," in "Westernacher Knowledge," https://westernacher-consulting.com/wp-content/uploads/2017/11/Whitepaper_Trend_to_Automation_FINAL_s.pdf?ref=h

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ackernoon.com, 2017.

[11] D. Füßler and N. Boysen, "Efficient order processing in an inverse order picking system," *Computers and Operations Research,* Article vol. 88, pp. 150-160, 2017, doi: 10.1016/j.cor.2017.07.005.

[12] N. Boysen, D. Füßler, and K. Stephan, "See the light: Optimization of put-to-light order picking systems," *Naval Research Logistics,* Article vol. 67, no. 1, pp. 3-20, 2020, doi: 10.1002/nav.21883.

[13] A. M. Law, W. D. Kelton, and W. D. Kelton, *Simulation modeling and analysis*. McGraw-Hill New York, 2000.

[14] A. Maria, "Introduction to modeling and simulation," in *Proceedings of the 29th conference on Winter simulation*, 1997, pp. 7-13.

[15] International Ergonomics Association, "What Is Ergonomics?," *International Ergonomics Association*, https://iea.cc/what-is-ergonomics/.

[16] C. D. Wickens, S. E. Gordon, Y. Liu, and J. Lee, *An introduction to human factors engineering*. Pearson Prentice Hall Upper Saddle River, NJ, 2004.

[17] "Pick-to-Light processes 400,000 items per day," *Modern Materials Handling,* vol. 55, no. 12, p. 59, 2000.

[18] T. Feare, "Picking lights up," *Modern Materials Handling,* vol. 58, no. 8, pp. 40-41, 2003.

[19] C. Witt, "New accuracy gains for Gerber," *Material Handling Engineering,* vol. 52, no. 8, pp. 42-46, 1997.

[20] L. Langnau, "Harley-Davidson Revs Up Distribution," *Material Handling Management,* vol. 56, no. 5, pp. 47-50, 2001.

[21] P. Bodenburg, "Pick-to-light revitalizes," *Modern Materials Handling,* vol. 62, no. 1, p. 49, 2007.

[22] M. Hompel and T. Schmidt, *Warehouse management: automation and organisation of warehouse and order picking systems*. Springer Science & Business Media, 2006.

[23] T. Gudehus and H. Kotzab, *Comprehensive logistics*. Springer Science & Business Media, 2012.

[24] G. Richards, *Warehouse management: a complete guide to improving efficiency*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

and minimizing costs in the modern warehouse. Kogan Page Publishers, 2017.

[25] D. Battini, M. Calzavara, A. Persona, and F. Sgarbossa, "A comparative analysis of different paperless picking systems," *Industrial Management and Data Systems,* Article vol. 115, no. 3, pp. 483-503, 2015, doi: 10.1108/IMDS-10-2014-0314.

[26] J. De Vries, R. De Koster, and D. Stam, "Exploring the role of picker personality in predicting picking performance with pick by voice, pick to light and RF-terminal picking," *International Journal of Production Research,* Article vol. 54, no. 8, pp. 2260-2274, 2016, doi: 10.1080/00207543.2015.1064184.

[27] N. Boysen, K. Stephan, and F. Weidinger, "Manual order consolidation with put walls: the batched order bin sequencing problem," *EURO Journal on Transportation and Logistics,* Article vol. 8, no. 2, pp. 169-193, 2019, doi: 10.1007/s13676-018-0116-0.

[28] S. Hong, "Performance evaluation of two-worker operations in a worker-to-cell order assorting system," *Journal of Manufacturing Systems,* Article vol. 56, pp. 414-424, 2020, doi: 10.1016/j.jmsy.2020.06.007.

[29] R. L. Patzke, "Key attributes used to compare pick-to-light and put-to-light technologies," 2008.

[30] D. B. Poudel, "Coordinating hundreds of cooperative, autonomous robots in a warehouse," *Jan,* vol. 27, no. 1-13, p. 26, 2013.

[31] A. K. Karthik, R. J.N, and S. S. Ravichandran, "NFC aided sortation system for e-commerce warehouses," in *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2017, pp. 1969-1970.

[32] N. Maida et al., *THE TIME, SPACE & COST GUIDE TO BETTER WAREHOUSE DESIGN*. Distribution Group, 2003.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาว กิตาการ จิตรเอื้ออารีย์กุล
วัน เดือน ปี เกิด	24 เมษายน 2540
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	วท.บ. (เคมีวิศวกรรม)
ที่อยู่ปัจจุบัน	46/4-5 ซอย บรมบรรพต แขวง บ้านบาตร เขต ป้อมปราบฯ กทม. 10100

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY