การปรับปรุงเวลาสิ้นสุดการหยิบแบบรอบเวฟของพาหนะลำเลียงวัสดุระบบรางในศูนย์กระจายสินค้าวัสดุก่อสร้าง

น.ส.จุฑามาศ เลขศักดิ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2566

Improving Wave Picking Cut-Off Time of Rail Guide Vehicles in a Construction Distribution Center

Miss Juthamad Laksak

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	การปรับปรุงเวลาสิ้นสุดการหยิบแบบรอบเวฟของพาหนะลำเลียงวัสดุระบบรางในศูนย์กระจายสินค้าวัสดุก่อสร้าง
โดย	น.ส.จุฑามาศ เลขศักดิ์
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
(รองศาสตราจารย์เจริญชัย โขมพัตราภรณ์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฑามาศ เลขศักดิ์ : การปรับปรุงเวลาสิ้นสุดการหยิบแบบรอบเวฟของพาหนะลำเลียงวัสดุระบบรางในศูนย์กระจายสินค้าวัสดุก่อสร้าง . (Improving Wave Picking Cut-Off Time of Rail Guide Vehicles in a Construction Distribution Center) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย

ในฐานะงานที่กินเวลา งานขนถ่ายไม่สร้างมูลค่าเพิ่มแต่มีความจำเป็นในกิจกรรมการหยิบสินค้าซึ่งควรถูกดำเนินการโดยอัตโนมัติในศูนย์กระจายสินค้า ประกอบกับการขาดแคลนแรงงาน ศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษาจึงได้ประยุกต์ใช้พาหนะลำเลียงวัสดุอัตโนมัติระบบราง หรือ Rail Guided Vehicle (RGV) เพื่อขนถ่ายพาเลทระหว่างอาคารและระบบกึ่งอัตโนมัติ การวิเคราะห์เบื้องต้นของอุปกรณ์ RGV พบว่ามีอรรถประโยชน์การใช้งานต่ำและการปิดรอบการหยิบสินค้า (เวฟ) ที่ล่าช้า เนื่องจากความไม่สมดุลระหว่างกิจกรรมคลังสินค้าและการขนส่งในทิศทางเดียวของอุปกรณ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเสนอรูปแบบการกำหนดนโยบายจากปัจจัยต่อไปนี้ 1.การเลือกรับงานจากความสำคัญของงาน 2. การเลือกรับงานจากการพิจารณางานถัดไป 3. การมอบหมายงานให้ RGV และ 4. การเพิ่มจำนวน RGV โดยทำการวิเคราะห์จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์แบบ Monte Carlo ด้วยคอมพิวเตอร์ และเนื่องจากระบบการลำเลียงงานเป็นแบบไม่สิ้นสุด ดังนั้นการทดลองแต่ละครั้งจึงมีช่วงเวลาก่อนเข้าสู่สภาวะคงตัวระยะเวลา 12 ชั่วโมง ทำซ้ำทั้งหมด 30 ครั้ง ผลการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยที่เหมาะสม คือ การจัดลำดับความสำคัญของงานจากการพิจารณางานถัดไปแบบจับคู่ โดยมอบหมายงานให้ RGV ที่อยู่ใกล้สถานีมากที่สุด โดยคงจำนวน RGV ในระบบ 38 ตัว ผลลัพธ์ที่ได้ ให้ค่าอรรถประโยชน์ต่อชั่วโมง และ จำนวนพาเลทต่อรอบการเคลื่อนที่ เพิ่มขึ้น 5% และ 21% ตามลำดับ ส่วนเวลาที่ใช้ในการทำงานเวฟ และค่าพลังงานไฟฟ้าต่อวัน ลดลงประมาณ 28.75% และ 23% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับผลลัพธ์ของสถานการณ์ปัจจุบัน

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2566 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6370049821 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Rail Guided Vehicle Distribution Center Semi-Automation System

Juthamad Laksak : Improving Wave Picking Cut-Off Time of Rail Guide Vehicles in a Construction Distribution Center. Advisor: Assoc. Prof. ORAN KITTITHREERAPRONCHAI

As a time-consuming task, transferring has been a necessary non-value added task in the picking activity that should be automated in a distribution center. Coupled with the recent labor shortage, a case study distribution center implemented a Rail Guided Vehicle (RGV) for transferring pallets between buildings and across multiple semi-automatic systems. Because of the imbalance of warehousing activities and the one-directional transportation of RGV, a preliminary analysis of the equipment reveals its low utilization and the delay in executing wave picking. Therefore, the researcher proposed the following operational policies. 1. allocating policy from task priority 2. allocating policy from possible situations 3. dispatching policy and 4. increasing the number of RGVs policy. The policies and the RGV configuration were embedded into a Monte Carlo computer simulation. As a non-terminating simulation, each experiment requires a 12-hour warm-up period and 30 replications. The results suggest that the most suitable policy is the look-ahead task allocation using the closest RGV with 38 RGVs. This policy increases the utilization per hour of RGV and the number of pallets transported per cycle to 5% and 21% while reducing wave picking cut-off time and the electrical cost per day by approximately 28.75% and 23% compared to the current policy.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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

Academic Year: 2023 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถดำเนินการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ต้องขอขอบพระคุณความช่วยเหลือ จากอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. โอฬาร กิตติธีรพรชัย ที่ช่วยให้คำปรึกษา มอบความรู้ และชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสามารถสำเร็จไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณพระคุณ ศ. ดร.ปารเมศ ชุติมา ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณพระคุณ รศ. ดร. อริศรา เจียมสงวนวงศ์ กรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร. เจริญชัย โขมพัตราภรณ์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอก ที่ให้เกียรติมาเป็นประธานและกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และได้ให้คำแนะนำเพื่อการพัฒนาและต่อยอดในอนาคต ทั้งนี้ต้องขอขอบคุณอาจารย์และบุคลากรภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนในด้านองค์ความรู้ และให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงาน ทำให้ข้าพเจ้าทำงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้บริหารและพนักงานของบริษัทกรณีศึกษา ที่ให้ข้าพเจ้าได้เข้าไปศึกษาเรียนรู้กระบวนการทำงานจริง ทั้งของภาพรวมกิจกรรมภายนศูนย์กระจายสินค้า และระบบการทำงานของ RGV ตลอดจนเอื้อเฟื้อข้อมูลสำหรับการวิจัยกรณีศึกษาในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ บิว พี่อัน และเพื่อน พี่ น้อง ทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจ และสนับสนุนข้าพเจ้าในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

จุฑามาศ เลขศักดิ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย 5

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 15

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 15

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ 16

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 16

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

2.1 การบริหารจัดการคลังสินค้า 19

2.1.1 กิจกรรมภายในคลังสินค้า 21

2.1.2 แผนผังการใช้พื้นที่ในคลังสินค้า 26

2.1.3 ประเภทของอุปกรณ์ขนถ่ายและจัดเก็บสินค้า 29

2.2 การใช้ระบบอัตโนมัติในคลังสินค้า 35

2.3 พาหนะลำเลียงวัสดุอัตโนมัติ RGV และ AGV 38

2.3.1 RGV 39

2.3.2 AGV 40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 การสร้างแบบจำลอง 43
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 46
2.5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ RGV 46
2.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ AGV 47
บทที่ 3 บริษัทกรณีศึกษาและการรวบรวมข้อมูล 53
3.1 ข้อมูลทั่วไปของศูนย์กระจายสินค้าบริษัทกรณีศึกษา 53
3.1.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัท 53
3.1.2 ศูนย์กระจายสินค้า 54
3.2 ศูนย์กระจายสินค้า DC6 58
3.2.1 อุปกรณ์จัดกลุ่มสินค้า 60
3.2.2 กระบวนการทำงานภายในศูนย์กระจายสินค้า DC6 64
3.2.3 ระบบการจัดการข้อมูลภายในศูนย์กระจายสินค้า DC6 66
3.3 ข้อมูลเฉพาะของ RGV และสถานีงาน 67
3.3.1 ข้อมูลของสถานีงาน 67
3.3.2 ข้อมูลเฉพาะของ RGV 70
3.4 แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลการลำเลียงสินค้า 72
3.4.1 นโยบายการเข้ารับงานหากมีงานคงค้างในระบบมากกว่า 1 งาน 73
3.4.2 ด้านการกำหนดจำนวน RGV / เพิ่มสถานี U-Pick 76
บทที่ 4 การดำเนินงานวิจัย 78
4.1 แนวคิดการจำลองสถานการณ์ 79
4.1.1 การเก็บข้อมูลกรณีศึกษา 79
4.1.2 แบบจำลองสถานการณ์ 80
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการทำงานภายในศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา 83
4.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า 83

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.2 การวิเคราะห์กระบวนการทำงาน 89
4.3 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ 94
4.3.1 การพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ 94
4.3.2 การจำลองสถานการณ์ในปัจจุบัน 106
4.3.3 การกำหนดช่วงเวลาที่จะเข้าสู่สภาวะคงตัว 107
4.4 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ 108
4.4.1 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองสถานการณ์ 108
4.4.2 การตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์ 112
บทที่ 5 แบบจำลองสถานการณ์และการวิเคราะห์ผล 117
5.1 การกำหนดสถานการณ์ในแบบจำลองสถานการณ์ 117
5.1.1 รูปแบบนโยบายที่ใช้ในการทดสอบ 117
5.1.2 สถานการณ์ที่ใช้ทดสอบในแบบจำลอง 125
5.2 การวิเคราะห์ผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์ 126
5.2.1 การวิเคราะห์ผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์แบบนโยบายเดียว และการเลือกสถานการณ์ในการทดลองแบบหลายนโยบายร่วมกัน 126
5.2.2 การวิเคราะห์ผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์แบบหลายนโยบายร่วมกัน 139
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 145
6.1 สรุปผลการวิจัย 145
6.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย 148
6.3 ข้อเสนอแนะ 149
บรรณานุกรม 151
ประวัติผู้เขียน 155

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 50
ตารางที่ 4-1 ตัวอย่างข้อมูลเส้นทางการเคลื่อนที่ 85
ตารางที่ 4-2 ตัวอย่าง Cycle History ของศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา 86
ตารางที่ 4-3 ประเภทของงานที่เกิด ณ สถานีต้นทางและปลายทาง 87
ตารางที่ 4-4 ปริมาณงานเฉลี่ยต่อชั่วโมงจากระบบจริงแยกตามประเภทงาน 88
ตารางที่ 4-5 ตัวอย่างข้อมูลวิเคราะห์การกระจายของงานจากระบบจริง 88
ตารางที่ 4-6 ตัวอย่างข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นใน taskList.DT 96
ตารางที่ 4-7 ตัวอย่างข้อมูล RGVList.DT 98
ตารางที่ 4-8 ตัวอย่างข้อมูล eventList.DT 99
ตารางที่ 4-9 ตัวอย่างข้อมูล taskList.DT หลังดำเนินงาน 99
ตารางที่ 4-10 ค่า p-value จากการทดสอบปริมาณงานที่เกิดขึ้นตามประเภทงาน 111
ตารางที่ 4-11 ค่า p-value ที่ได้จากการทดสอบปริมาณงานที่ลำเลียงสำเร็จตามประเภทงาน 115
ตารางที่ 5-1 สัดส่วนงานที่เกิดขึ้นตามประเภทของงาน 118
ตารางที่ 5-2 ลำดับความสำคัญของงานแยกตามกรณี 120
ตารางที่ 5-3 รายละเอียดนโยบายใช้ในการทดสอบ 124
ตารางที่ 5-4 สถานการณ์ที่ใช้ในการทดสอบเบื้องต้น 125
ตารางที่ 5-5 อัตราการคำนวณค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4 128
ตารางที่ 5-6 ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ด้านการทำงานจากแบบจำลองสถานการณ์แบบนโยบายเดียว 130
ตารางที่ 5-7 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เคลื่อนที่จากแบบจำลองสถานการณ์แบบนโยบายเดียว 131
ตารางที่ 5-8 สถานการณ์ที่ใช้ในการทดสอบแบบหลายนโยบาย 138
ตารางที่ 5-9 ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์แบบหลายนโยบายร่วมกัน 140

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5-10 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เคลื่อนที่จากแบบจำลองสถานการณ์แบบหลายนโยบายร่วมกัน . 140

ตารางที่ 5-11 ผลการคำนวณค่าพลังงานของสถานการณ์ A0 และ A8 144

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1-1 ประมาณการสัดส่วนประชากรไทยตามกลุ่มอายุ [4] 2

รูปที่ 1-2 การเปลี่ยนแปลงจากสังคมสูงวัยไปสู่สังคมสูงวัยโดยสมบูรณ์ในแต่ละประเทศ [5] 4

รูปที่ 1-3 กิจกรรมในศูนย์กระจายสินค้าแยกตามลักษณะการดำเนินงาน 6

รูปที่ 1-4 แผนผังของศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา (DC6) 6

รูปที่ 1-5 รางและ RGV ขณะที่ไม่มีสินค้า 7

รูปที่ 1-6 แผนผังเส้นทางเคลื่อนที่ของ RGV และสถานีงานที่เกี่ยวข้อง 8

รูปที่ 1-7 ปริมาณงานเฉลี่ยต่อชั่วโมงแยกตามส่วนงานของสถานีต้นทาง 12

รูปที่ 1-8 ปริมาณงานเฉลี่ยต่อชั่วโมงแยกตามส่วนงานของสถานีปลายทาง 12

รูปที่ 1-9 ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ขณะที่ RGV มีการเคลื่อนที่ต่อชั่วโมงดำเนินงาน 13

รูปที่ 1-10 สัดส่วนเวลาที่ใช้ในการลำเลียงงานและเคลื่อนที่โดยไม่มีงานของ RGV แต่ละตัว 14

รูปที่ 2-1 อัตราการเติบโตของตลาดคลังสินค้าอัตโนมัติ [7] 18

รูปที่ 2-2 กิจกรรมภายในคลังสินค้า [9] 22

รูปที่ 2-3 ตัวอย่างคลังสินค้าที่มีแผนผังการไหลแบบโมดูล [10] 29

รูปที่ 2-4 ซิงเกิลดีพพาเลทแร็ค [11] 34

รูปที่ 2-5 ดับเบิ้ลดีพพาเลทแร็ค [11] 34

รูปที่ 2-6 ปัจจัยที่นำไปสู่การเป็นคลังสินค้าอัตโนมัติ [12] 36

รูปที่ 2-7 ระดับความเป็นอัตโนมัติของคลังสินค้า [12] 37

รูปที่ 2-8 RGV ขณะรับ-ส่ง พาเลท 40

รูปที่ 2-9 AGV ขณะลำเลียงพาเลท [15] 43

รูปที่ 2-10 กระบวนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ [18] 45

รูปที่ 3-1 สัดส่วนการกระจายสินค้าจากผู้ผลิต 54

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3-2 พื้นที่ภายในศูนย์กระจายสินค้าบริษัทกรณีศึกษา 56
รูปที่ 3-3 Standard Pallet ใน DC6 60
รูปที่ 3-4 RGV ขณะลำเลียงสินค้า และองค์ประกอบของ RGV 61
รูปที่ 3-5 หน้าจอแสดงสถานการณ์ทำงานของ RGV 61
รูปที่ 3-6 Power Pallet Truck ขณะลำเลียงสินค้า 62
รูปที่ 3-7 Double Deep Rack AS/RS 63
รูปที่ 3-8 Single Deep Rack AS/RS 64
รูปที่ 3-9 แผนผังการไหลของสินค้าในศูนย์กระจายสินค้า DC6 แยกตามลักษณะการดำเนินงาน 65
รูปที่ 3-10 ระบบการไหลของพาเลทภายในศูนย์กระจายสินค้า DC6 68
รูปที่ 3-11 RGV บางส่วนเคลื่อนที่ในระบบโดยไม่มีงาน 73
รูปที่ 4-1 ภาพรวมการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ 78
รูปที่ 4-2 แนวคิดในการจำลองสถานการณ์การลำเลียงสินค้าของ RGV 82
รูปที่ 4-3 ตัวอย่างข้อมูลจากเอกสาร Machine Master Data ของศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา 83
รูปที่ 4-4 ตัวอย่างข้อมูลเส้นทางการลำเลียงและการระบุหมายเลขเครื่องจักร 84
รูปที่ 4-5 แผนผังกระบวนการทำงาน 90
รูปที่ 4-6 แผนผังการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ส่วนข้อมูลความต้องการลำเลียงสินค้า 95
รูปที่ 4-7 แผนผังการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ส่วนระบบรับ-ส่งงานของ RGV 97
รูปที่ 4-8 แผนผังการดำเนินสถานการณ์ในแบบจำลอง 102
รูปที่ 4-9 แผนผังกระบวนการควบคุมการเคลื่อนที่ของ RGV 103
รูปที่ 4-10 แผนผังกระบวนการคาดการณ์เวลาเสร็จสิ้นเหตุการณ์ 104
รูปที่ 4-11 แผนผังกระบวนการระบุสถานะในชุดข้อมูลในแบบจำลอง 105
รูปที่ 4-12 ค่า Cumulative Utilization รายชั่วโมงของสถานการณ์ปัจจุบัน 107
รูปที่ 4-13 ผลการทดสอบความถูกต้องของปริมาณความต้องการลำเลียงสินค้า 109
รูปที่ 4-14 การกระจายของข้อมูลงานที่เกิดขึ้นตามประเภทงาน 110

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-15 การกระจายของข้อมูลปริมาณงานภาพรวมที่เกิดขึ้นต่อชั่วโมง 110
รูปที่ 4-16 ผลการทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณงานภาพรวมที่เกิดขึ้นต่อชั่วโมง 112
รูปที่ 4-17 ผลการทดสอบความถูกต้องของปริมาณงานที่ลำเลียงสำเร็จ 113
รูปที่ 4-18 การกระจายของปริมาณงานที่ลำเลียงสำเร็จตามประเภทงาน 113
รูปที่ 4-19 การกระจายของข้อมูลปริมาณงานภาพรวมที่ลำเลียงสำเร็จต่อชั่วโมง 114
รูปที่ 4-20 ผลการทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณงานภาพรวมที่ลำเลียงสำเร็จต่อชั่วโมง 115
รูปที่ 5-1 สถานีงานที่พิจารณาจับคู่งาน 121
รูปที่ 5-2 ผลการทดสอบ Tukey’s ของอรรถประโยชน์ต่อชั่วโมงของ RGV 133
รูปที่ 5-3 ผลการทดสอบ Tukey’s ของระยะเวลารอของงาน ในหน่วยนาที 133
รูปที่ 5-4 ผลการทดสอบ Tukey’s ของจำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่ 134
รูปที่ 5-5 ผลการทดสอบ Tukey’s ของเวลาเคลื่อนที่สูญเปล่าต่อชั่วโมงของ RGV ในหน่วยนาที .. 134
รูปที่ 5-6 ผลการทดสอบ Tukey’s ของเวลาปิดเวฟที่ 1 ในหน่วยชั่วโมง 135
รูปที่ 5-7 ผลการทดสอบ Tukey’s ของเวลาปิดเวฟที่ 2 ในหน่วยชั่วโมง 135
รูปที่ 5-8 ผลการทดสอบ Tukey’s ของเวลาปิดเวฟที่ 3 ในหน่วยชั่วโมง 136
รูปที่ 5-9 ค่าเฉลี่ยจำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่ของสถานการณ์ A0 141
รูปที่ 5-10 ค่าเฉลี่ยจำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่ของสถานการณ์ A8 142
รูปที่ 5-11 ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมขณะที่ RGV มีการเคลื่อนที่ต่อชั่วโมงของสถานการณ์ A0 142
รูปที่ 5-12 ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมขณะที่ RGV มีการเคลื่อนที่ต่อชั่วโมงของสถานการณ์ A8 142
รูปที่ 5-13 ผลการทดสอบ Tukey’s ของเวลาปิดเวฟที่ 1 ถึง 3 ในหน่วยชั่วโมง 143
รูปที่ 6-1 จุดสับรางในเส้นทางการเคลื่อนที่ของ RGV 150

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1

บทนำ

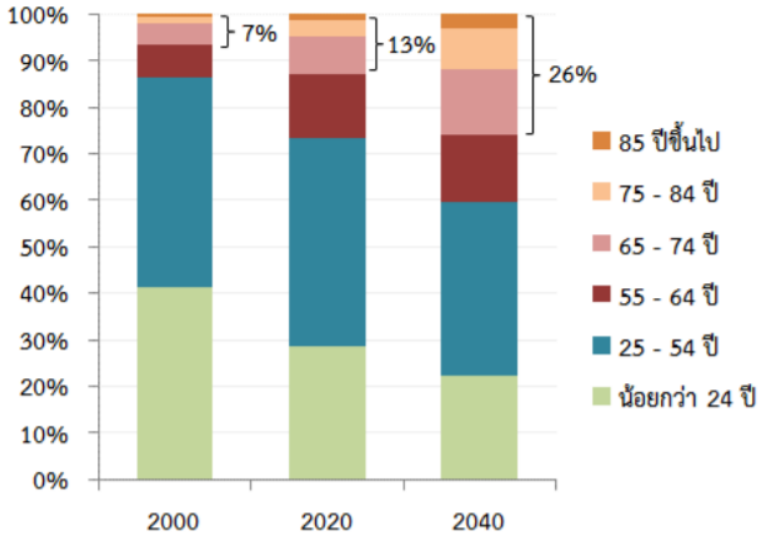
ปัจจุบันตลาดแรงงานในภาคอุตสาหกรรมของไทยประสบปัญหาขาดแคลนแรงงานทั้งในเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ รวมถึงแนวโน้มการปรับเพิ่มขึ้นของค่าแรงในอนาคต [1] ทำให้อุตสาหกรรมหลายประเภทมีการปรับตัวเพื่อแก้ไขและป้องกันการขาดแคลนแรงงาน และเข้าสู่การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 (The Fourth Industrial Revolution) โดยการนำเทคโนโลยี และนวัตกรรมการสื่อสารเข้ามาทดแทนแรงงานคนมากขึ้น

ปัญหาการขาดแคลนแรงงานเป็นปัญหาที่ซับซ้อน อาจเกิดได้ทั้ง ในเชิงปริมาณ จำนวนแรงงานมีน้อยกว่าความต้องการของตลาด และในเชิงคุณภาพ ซึ่งเป็นภาวะความไม่สอดคล้องระหว่างความต้องการแรงงานในภาคอุตสาหกรรมกับคุณสมบัติของแรงงานที่มีในประเทศ [2] โดยปัญหาการขาดแคลนแรงงานมีสาเหตุจากปัจจัยดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- **การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างประชากรของประเทศไทยเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ** เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรเข้าสู่สังคมผู้สูงวัยเป็นสาเหตุของการลดลงของจำนวนแรงงานที่อาจส่งผลต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจ เนื่องจากแรงงานในตลาดมีไม่เพียงพอต่อความต้องการจ้างงาน โดยองค์การสหประชาชาติได้ให้นิยามว่า [3] ประเทศใดมีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป ในสัดส่วนเกินร้อยละ 10 ของประชากรทั้งหมด ถือว่าประเทศนั้น “ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ” และ เมื่อมีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป เพิ่มขึ้นในสัดส่วนเกินร้อยละ 20 ของประชากรทั้งหมด ถือว่าประเทศนั้นเป็น

"สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์" โดยเป็นผลมาจากแนวทางการวางแผนครอบครัวและการควบคุมการมีบุตร ทำให้ประชากรวัยเจริญพันธุ์มีสัดส่วนที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง และการเจริญของระบบสาธารสุขทำให้ประชากรมีอายุยืนยาว จากข้อมูลของกระทรวงสาธารณสุขระบุว่าประเทศไทยกำลังเข้าสู่ “สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์” ในปี พ.ศ.2564 นอกจากนี้สำนักงานสถิติแห่งชาติ ได้คาดการณ์ว่า ประเทศไทยจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างเต็มตัวในปี พ.ศ.2565 และในปี พ.ศ. 2573 จะมีสัดส่วนประชากรผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นอยู่ที่ร้อยละ 26.9 ของประชากรทั้งประเทศ [4] ค่าประมาณการสัดส่วนประชากรไทยตามกลุ่มอายุแสดงดังรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 ประมาณการสัดส่วนประชากรไทยตามกลุ่มอายุ [4]

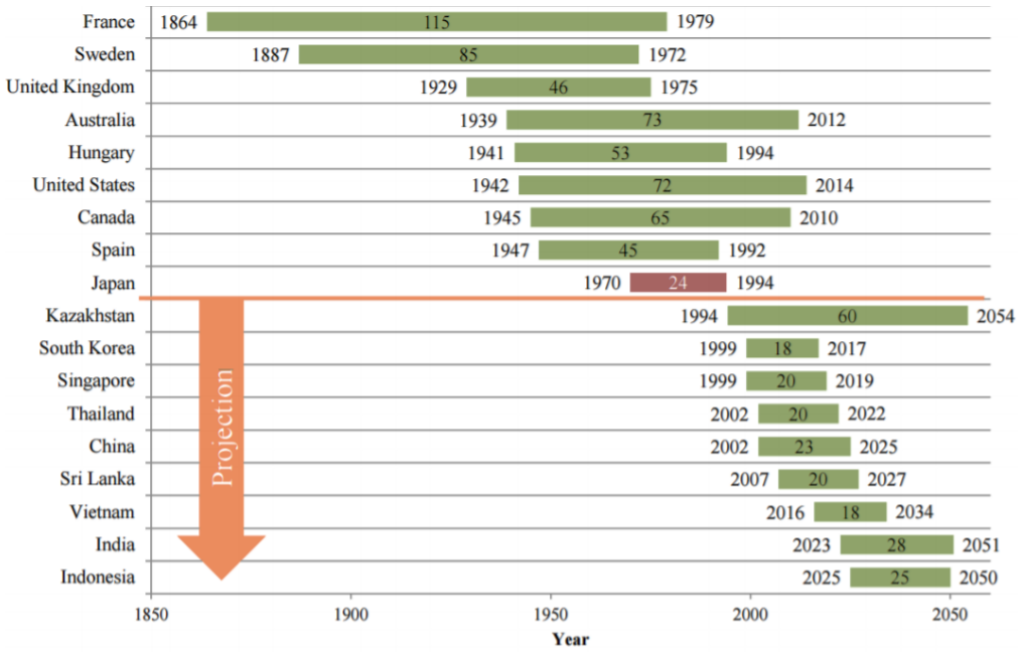
- **ความไม่สอดคล้องระหว่างความต้องการแรงงานกับทักษะ** เป็นภาวะที่ผู้ประกอบการไม่สามารถหาแรงงานที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการได้เนื่องจากทักษะและความรู้ของแรงงานไม่ตรงกับความต้องการใช้แรงงาน ปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมยังคงมีความขาดแคลนแรงงานในระดับล่างเป็นอย่างมาก และในบางอุตสาหกรรมต้องการแรงงานในระดับอาชีวศึกษา รวมถึงแรงงานทักษะสูง แต่จำนวนนักศึกษาจบ

ใหม่มีจำนวนสูงมากในระดับปริญญาตรีด้านสังคมศาสตร์ จึงทำให้เกิดปัญหาเด็กจบใหม่อยู่ในสถานะว่างงาน แม้ในภาคอุตสาหกรรมจะยังประสบปัญหาขาดแคลนแรงงานอยู่ก็ตาม

- **การขาดแคลนแรงงานในเชิงภูมิศาสตร์** เป็นปัญหาอันเนื่องมาจากบางภูมิภาคมีอัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจสูง เกิดการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม ทำให้เกิดความต้องการแรงงานที่มาขึ้น ทำให้แรงงานในพื้นที่มีไม่เพียงพอ จึงจำเป็นต้องเกิดการเคลื่อนย้ายแรงงานจากภูมิภาคอื่นเข้ามาทดแทน อย่างไรก็ตามการเคลื่อนย้ายแรงงานก็มีอุปสรรคในการจัดหาแรงงานในบางระดับ โดยเฉพาะแรงงานในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหรือต่ำกว่าและมัธยมศึกษาตอนปลายที่อุปสงค์แรงงานยังคงมีมากกว่าอุปทานแรงงานเป็นอย่างมาก

ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้การจัดหาแรงงานที่ตรงตามความต้องการนั้นทำได้ยากขึ้น และผลพวงจากปัญหาการขาดแคลนแรงงานก็เป็นปัจจัยที่ส่งผลให้ต้นทุนค่าแรงเพิ่มขึ้น โดยการปรับเพิ่มขึ้นของค่าแรงทั้งในรูปแบบค่าจ้างขั้นต่ำ และอัตราแรกจ้างตามวุฒิการศึกษา ไม่เพียงเพิ่มค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าจ้างที่ต้องจ่ายแก่ลูกจ้างเท่านั้น แต่ยังมีค่าใช้จ่ายในส่วนอื่นที่เกี่ยวเนื่องกับค่าจ้างตามมาอีก ไม่เพียงแต่ประเทศไทยที่ประสบปัญหาขาดแคลนแรงงาน แต่ทั่วโลกก็ประสบปัญหาเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะในประเทศที่พัฒนาแล้ว เนื่องมาจากปัจจัยทางด้านการปรับเปลี่ยนของโครงสร้างประชากร ซึ่งถือเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบกับสัดส่วนแรงงานค่อนข้างมาก ประเทศส่วนใหญ่ในแถบยุโรปได้เข้าสู่สังคมสูงวัยแล้วตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2407 – 2490 (ค.ศ. 1864 - 1947) ตามมาด้วยหลายประเทศในภูมิภาคเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ และสิงคโปร์ ดังแสดงในรูปที่ 1-2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 1-2 การเปลี่ยนแปลงจากสังคมสูงวัยไปสู่สังคมสูงวัยโดยสมบูรณ์ในแต่ละประเทศ [5]

อย่างไรก็ดีแม้ปัจจุบันจำนวนแรงงานจะมีแนวโน้มลดลง แต่ในหลายประเทศได้มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาทดแทนแรงงานเพื่อรักษากำลังแรงงานให้ใกล้เคียงเดิม และยังช่วยแก้ปัญหาความไม่สอดคล้องระหว่างความต้องการแรงงานของตลาดกับทักษะของแรงงาน โดยนำเอาเทคโนโลยีมาเสริมในงานที่แรงงานที่มียังขาดทักษะหรืองานที่ต้องอาศัยความแม่นยำ โดยในประเทศญี่ปุ่นและเกาหลีใต้ได้มีการมีการนำเทคโนโลยีหุ่นยนต์และปัญญาประดิษฐ์เข้ามาใช้ทดแทนแรงงานคนในภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น [5]

ประเด็นด้านการขาดแคลนแรงงานและต้นทุนจากค่าแรงถือปัญหาที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคต ในขณะที่ปัจจุบันเทคโนโลยีมีราคาถูกลง จึงเป็นปัจจัยเร่งให้ภาคอุตสาหกรรมมีการนำหุ่นยนต์และเทคโนโลยีเข้ามาปรับใช้เร็วขึ้น เนื่องจากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพ ลดต้นทุน และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันได้อย่างชัดเจน

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

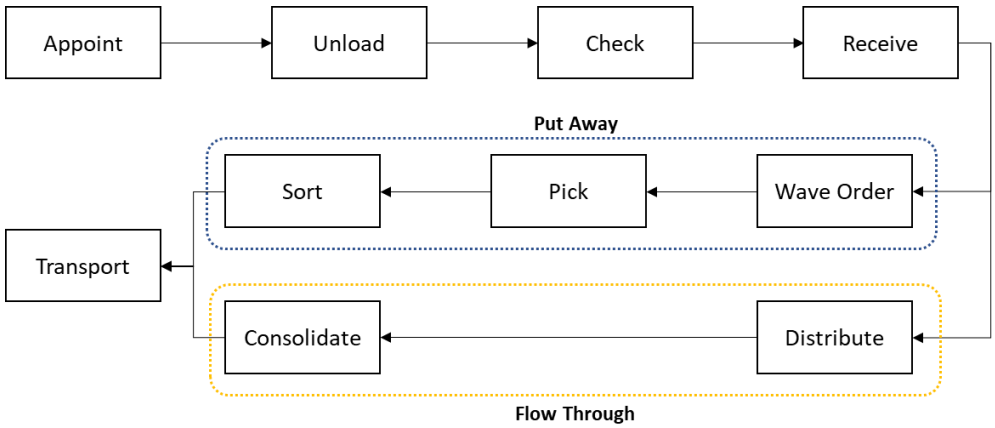
ศูนย์กระจายสินค้าเป็นพื้นที่การทำงานที่ต้องการแรงงานจำนวนมากในการดำเนินกิจกรรม กระบวนการส่วนใหญ่ใช้แรงงานคนและการรับส่งข้อมูลในรูปแบบเอกสารเป็นหลัก เช่น ธุรกิจ eCommerce และธุรกิจค้าปลีก [6] เนื่องจากปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันนอกเหนือจากคุณภาพสินค้ามาจากชื่อเสียงด้านการบริการ และการเข้าถึงกลุ่มลูกค้าที่มีความหลากหลาย ดังนั้นบริษัทกรณีศึกษาจึงมีแนวคิดในการนำระบบอัตโนมัติเข้ามาใช้ในกระบวนการต่างๆ ของศูนย์กระจายสินค้าที่สร้างใหม่ หรือ DC6

ศูนย์กระจายสินค้าบริษัทกรณีศึกษาดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการค้าปลีกวัสดุตกแต่งบ้าน และให้บริการ ด้านการก่อสร้าง ต่อเติม ตกแต่ง ซ่อมแซม ติดตั้ง ตรวจเช็ค ปรับปรุง ที่อยู่อาศัยแบบครบวงจร

สินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้าสามารถแบ่งตามลักษณะการส่งสินค้าออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

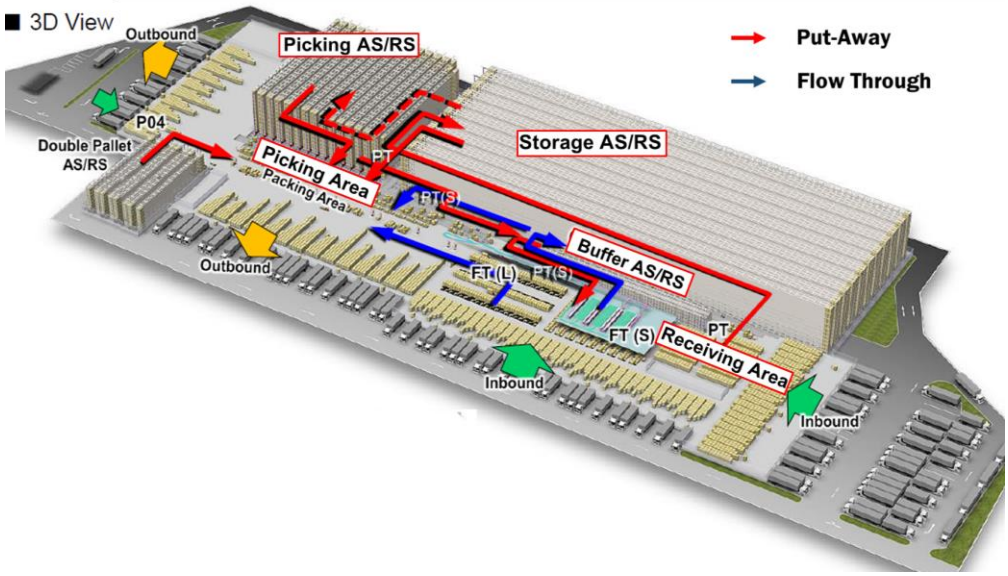
- สินค้า PT (Put Away) เป็นสินค้าที่จัดเก็บในศูนย์กระจายสินค้าจนกว่าทางสาขาจะมีความต้องการจึงทำกิจกรรมการหยิบสินค้า ซึ่งคำสั่งซื้อที่เข้ามาจะถูกจัดกลุ่มตามพื้นที่ของสาขา และรูปแบบงาน จึงเกิดเป็นรอบการหยิบสินค้า (รอบเวฟ) โดยปัจจุบันมีสัดส่วนปริมาณการสินค้า PT ประมาณ 40% ของมูลค่าสินค้าทั้งหมด
- สินค้า FT (Flow Through) เป็นสินค้าที่ต้องกระจายและรวบรวม ครอสด็อกกิ้ง (Cross-docking) ก่อนจัดส่งให้ร้านสาขา ปัจจุบันมีสัดส่วนปริมาณการสินค้า FT ประมาณ 60% ของมูลค่าสินค้าทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



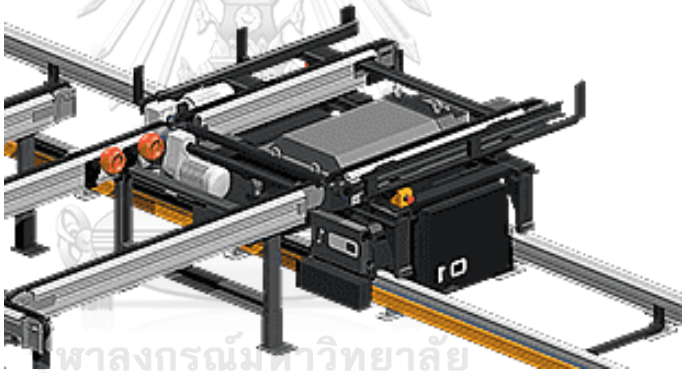
รูปที่ 1-3 กิจกรรมในศูนย์กระจายสินค้าแยกตามลักษณะการดำเนินงาน

โดยรูปที่ 1-3 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการรับสินค้าทั้ง สินค้า PT และสินค้า FT กิจกรรมส่วนใหญ่มีความคล้ายคลึงกัน แตกต่างที่กระบวนการจ่ายและจัดสินค้า งานวิจัยนี้เน้นไปยังระบบเคลื่อนย้ายสินค้าของศูนย์กระจายสินค้ากึ่งอัตโนมัติ หรือ ศูนย์กระจายสินค้า ซึ่งมีแผนผังดังแสดงในรูปที่ 1-4



รูปที่ 1-4 แผนผังของศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา (DC6)

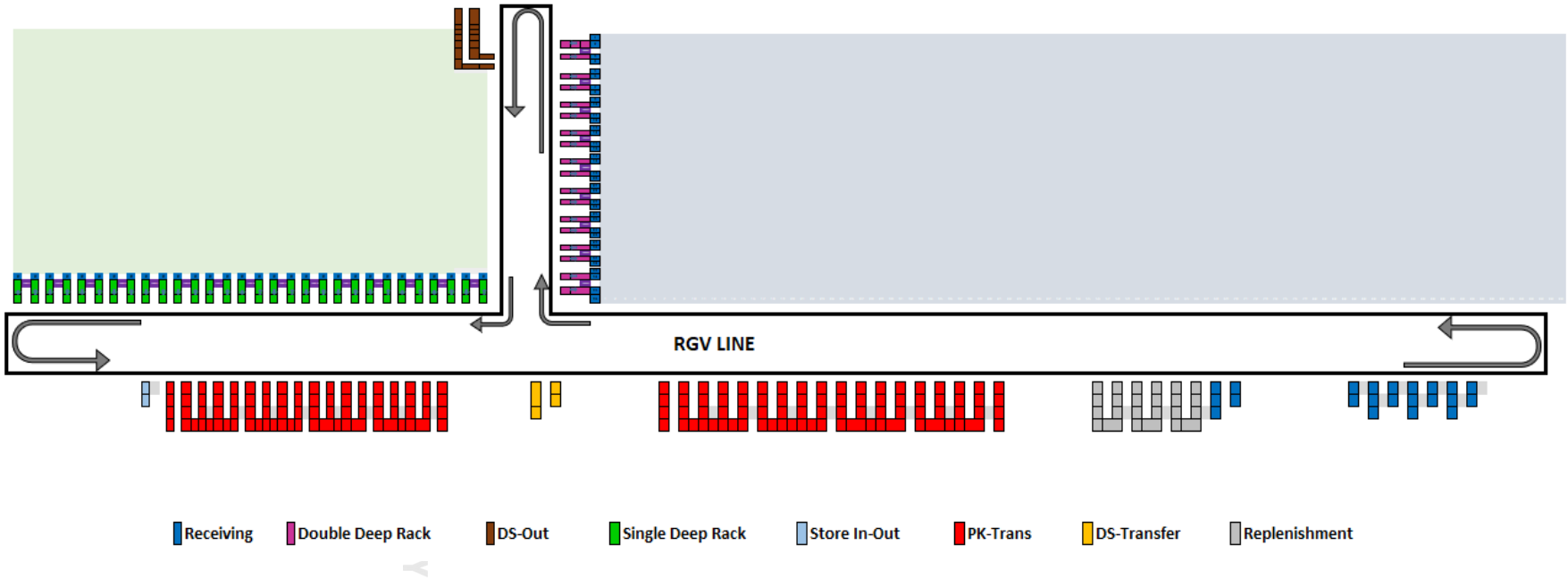
รูปที่ 1-4 แสดงภาพรวมการไหลของสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้าในรูปแบบ 3 มิติ โดยเส้นสีแดงแสดงการไหลของสินค้า PT และเส้นสีน้ำเงินแสดงการไหลของสินค้า FT โดยจากแนวโน้มการขยายตัวของธุรกิจในช่วง 3 - 5 ปีที่ผ่านมา เนื่องมาจากการเติบโตในธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ในเขตกรุงเทพและปริมณฑลจากการลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ของภาครัฐ ซึ่งจะเหนี่ยวนำการลงทุนก่อสร้างภาคเอกชนให้ขยายตัวตาม รวมถึงปัญหาการขาดแคลนแรงงาน และ อัตราค่าแรงที่เพิ่มขึ้น ทำให้บริษัทกังวลด้านประสิทธิภาพแรงงาน จึงเกิดแนวคิดในการนำพาหนะลำเลียงวัสดุอัตโนมัติระบบราง (Rail Guided Vehicle: RGV) สำหรับลำเลียงสินค้า PT เข้ามาใช้ในการดำเนินงานภายในศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 1-5 รางและ RGV ขณะที่ไม่มีสินค้า

รูปที่ 1-5 แสดงลักษณะของ RGV โดย RGV เป็นอุปกรณ์ลำเลียงวัสดุอัตโนมัติที่ออกแบบมาเพื่อการลำเลียงสินค้าระยะไกลที่ต้องการความรวดเร็วในการขนส่ง แต่มีข้อจำกัดในการใช้งาน ได้แก่ การมีเส้นทางการลำเลียงและจุดรับ-ส่งงานที่แน่นอน เนื่องจาก RGV ใช้รางในการนำเส้นทาง และ RGV รุ่นที่นำมาใช้ใน DC6 สามารถรับน้ำหนักสินค้ารวมพาเลทได้สูงสุดที่ 1,000 กิโลกรัม โดยมีเส้นทางการลำเลียงดังรูปที่ 1-6



รูปที่ 1-6 แผนผังเส้นทางเคลื่อนที่ของ RGV และสถานีงานที่เกี่ยวข้อง

จากรูปที่ 1-6 เส้นทางลำเลียงของ RGV ใน DC6 เป็นรางซึ่งมีลักษณะเป็นวงปิดรูปตัว “T” เส้นทางการลำเลียงเชื่อมต่อกับสถานีงานสำหรับสินค้า PT ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ในกรณีที่ไม่มีคำสั่งงานเข้ามาในระบบ RGV จะจอดรองานที่จุด P&D ที่สถานีงานต่างๆ เท่านั้น และเมื่อมีคำสั่งงานเข้ามาในระบบให้ RGV เข้าไปรับ-ส่งงานที่สถานีใดๆจึงจะเริ่มเคลื่อนที่ไปรับงาน โดยสถานีงานที่เกี่ยวข้องที่ RGV ต้องเข้ารับและส่งงานมีทั้งหมด 8 กลุ่มสถานี ได้แก่

- สถานี Receiving (R) : เป็นจุดที่พนักงานเคลื่อนย้ายพาเลทสินค้าจากจุดรับสินค้าเข้ามาเพื่อรอ RGV ลำเลียงสินค้าไปจัดเก็บใน Double Deep Rack
- สถานี Double Deep Rack (DD) : เป็นพื้นที่จัดเก็บสำหรับสินค้า PT ที่รับเข้ามาทั้งหมด มีการแบ่งระดับความสูงของชั้นวางสินค้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พื้นที่แนวดิ่ง
- สถานี Single Deep Rack (SD) : เป็นพื้นที่จัดเก็บสำหรับสินค้าพร้อมเบิก มีการแบ่งระดับความสูงของชั้นวางสินค้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พื้นที่แนวดิ่ง
- สถานี PK-Trans (PK): เป็นพื้นที่สำหรับงานเบิกสินค้าเพื่อจัดตามคำสั่งซื้อของสาขาหรือลูกค้าในกรณีที่เป็นงาน Delivery Service (DS)
- สถานี Replenishment (Re) : เป็นพื้นที่สำหรับงานเบิกสินค้า Full pallet
- สถานี DS-Transfer (DT) : เป็นพื้นที่สำหรับการส่งสินค้า DS แบบ Full Pallet บางส่วนจาก DC6 ไปยัง DC5 เพื่อทำการรวมเที่ยวจัดส่งไปยังบ้านลูกค้า
- สถานี DS-Out (DO) : เป็นพื้นที่สำหรับงานเบิกสินค้า DS แบบ Full Pallet บางส่วนที่ส่งไปยัง DC5 เพื่อทำการรวมเที่ยวจัดส่งไปยังบ้านลูกค้า

Chulalongkorn University

- สถานี Store In-Out: เป็นพื้นที่สำหรับการจัดเก็บและเบิกจ่ายสินค้าในกรณีอื่นๆ เช่น การจัดเก็บสินค้าที่ถูกส่งคืนจากลูกค้า เป็นต้น

เมื่อแต่ละส่วนงานมีการปล่อยงาน RGV ที่ว่างจะเข้าไปรับสินค้าจากจุดปล่อยงาน และนำสินค้าไปส่งยังสถานีงานที่กำหนด ซึ่งปัจจุบันศูนย์กระจายสินค้า DC6 มี RGV ทั้งหมด 38 ตัว

ทั้งนี้มีการกำหนดนโยบายการเข้ารับงานโดยพิจารณาจากงานที่มีภาระงานตามหลังมากที่สุดร่วมลำดับกับความเร่งด่วนในการจัดส่งลูกค้า เป็นปัจจัยหลักในการพิจารณา ซึ่งสามารถเรียงลำดับได้ดังนี้

- งาน Receiving และงาน DS
  - งาน Receiving เป็นการลำเลียงสินค้าเข้าพื้นที่จัดเก็บ ถือเป็นงานที่อยู่ในลำดับความสำคัญสูงเนื่องจากจำนวนสินค้าที่อยู่บนที่จัดเก็บจะเป็นจำนวนสินค้าที่สามารถเบิกเพื่อส่งสาขาได้
  - งาน DS เป็นงานจัดสินค้าที่ลูกค้ามีการชำระเงินหรือจองกับทางสาขาไว้เรียบร้อยแล้วจำเป็นต้องจัดส่งให้ถึงลูกค้าภานในเวลาที่กำหนด จึงถือเป็นงานที่อยู่ในลำดับความสำคัญสูงเช่นเดียวกันกับงาน Receiving การทำงาน DS ในกะกลางวันจะมีการเบิกสินค้าและส่งออกทุกชั่วโมงโดยใช้ U-Pick สถานีงานที่ 14 และ 16 ในการจัดสินค้า ส่วนในช่วงกลางคืนส่วนงาน U-Pick ทุกสถานีงานจะจัดสินค้า DS ทั้งหมดเพื่อเตรียมส่งในตอนเช้า

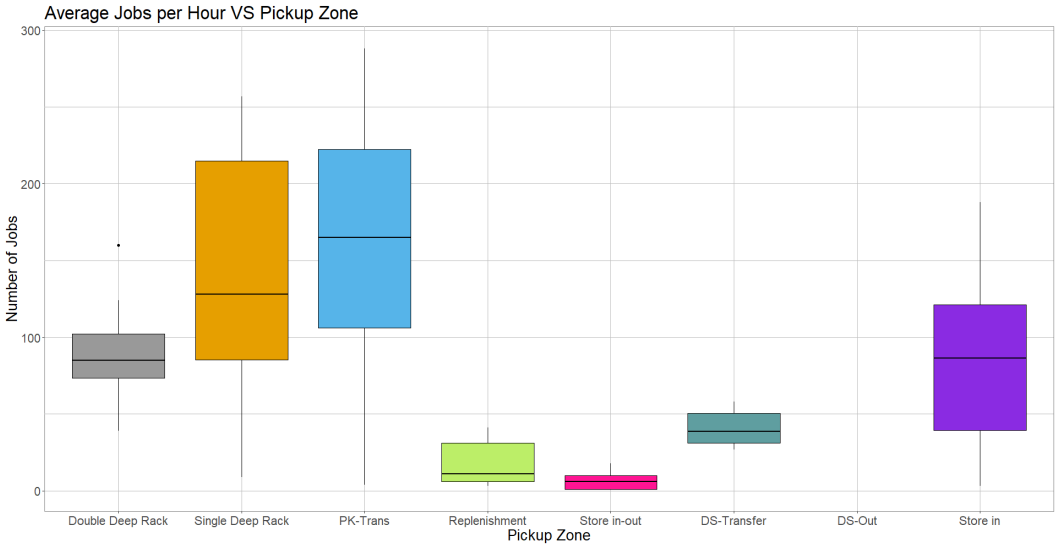
- งาน Replenishment : เป็นการนำสินค้า Full pallet มาแยกออกเป็นกล่อง เพื่อเติม Stock สินค้าชิ้นเล็กใน Buffer AS/RS สำหรับการทำ Piece picking

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

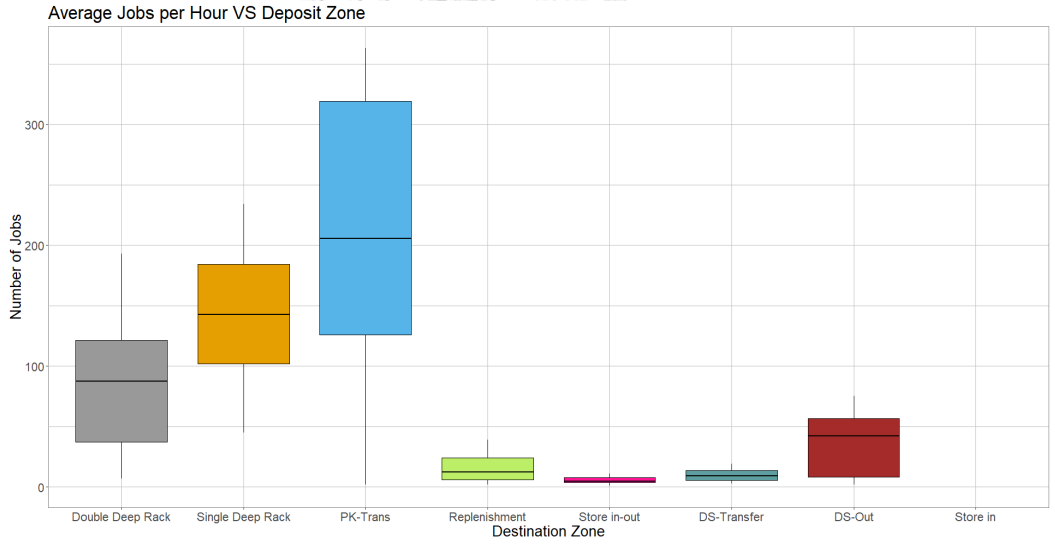
- งานเบิกสินค้าที่สถานี U-Pick และ Full Pallet
    - งานเบิกสินค้าที่ U-Pick สถานีที่ 1-14 และ 15 เป็นการเบิกสินค้าแล้วจัดตาม Order ของแต่ละสาขาโดยพนักงานจะหยิบสินค้าที่ RGV ลำเลียงเข้ามาส่ง จัดลงยังพื้นที่วางของสาขาต่างๆ ตามจำนวนที่หน้าจอ LED ของระบบ Put-To-Light แสดง
    - งานเบิกสินค้า Full Pallet เป็นการเบิกสินค้าลงจากพื้นที่จัดเก็บออกมาสู่สถานีงาน Full Pallet เมื่อสินค้าถูกลำเลียงออกมายังสถานี พนักงานจะเข้ามารับสินค้าด้วย PE และนำไป Packing เพื่อส่งสาขา
- งานเติมสินค้าระหว่างพื้นที่จัดเก็บ : เป็นการย้ายสินค้าจาก Double Deep rack เข้าไปเติม stock สินค้าในส่วนพร้อมหยิบที่ Single Deep rack ให้ปริมาณสินค้าอยู่ในช่วงที่กำหนด(มีการกำหนดค่าสูงสุด-ต่ำสุด ของสินค้าแต่ละรายการ) เนื่องจาก Single Deep rack มีความลึกของชั้นวางแต่ละแถวน้อยกว่าแบบ Double Deep rack จึงสามารถหยิบสินค้าออกมาด้วยระยะเวลาที่สั้นกว่า Double Deep rack

Chulalongkorn University

โดยกระบวนการทำงานภาพรวมจะถูกกล่าวถึงในบทที่ 3 บริษัทกรณีศึกษาและการรวบรวมข้อมูล



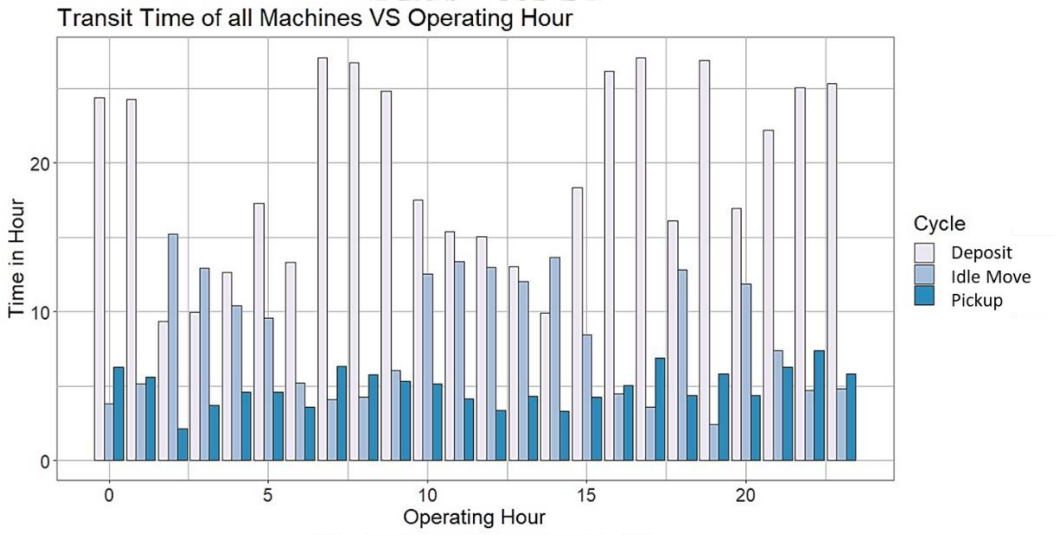
รูปที่ 1-7 ปริมาณงานเฉลี่ยต่อชั่วโมงแยกตามส่วนงานของสถานีต้นทาง



รูปที่ 1-8 ปริมาณงานเฉลี่ยต่อชั่วโมงแยกตามส่วนงานของสถานีปลายทาง

รูปที่ 1-7 และ รูปที่ 1-8 แสดงการกระจายของปริมาณงานเฉลี่ยต่อชั่วโมงแยกตามส่วนงานของสถานีต้นทางและสถานีปลายทางที่ RGV ต้องไปรับและส่งพาเลทสินค้าตามลำดับ สถานีงาน PK-Trans มีค่าเฉลี่ยปริมาณงานต่อชั่วโมงรับและส่งพาเลทสูงสุดเนื่องจากเป็นส่วนงานที่เกี่ยวข้องกับงาน

เบิกสินค้าจากพื้นที่จัดเก็บเพื่อจัดสินค้าตามคำสั่งซื้อ ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยปริมาณจะงานสูงในช่วงที่มีการงานเวฟและปริมาณงานเฉลี่ยลดลงในช่วงปิดเวฟ กราฟที่แสดงจึงมีค่าความแปรปรวนสูง โดยสถานีงาน Single Deep Rack มีค่าเฉลี่ยรองลงมา ส่วนงานที่เกิดขึ้นที่สถานีงาน Store-in และ Double Deep rack AS/RS มีสัดส่วนรองลงมา โดยสองส่วนนี้ทำงานเกี่ยวข้องกันในงานรับสินค้าจากผู้ขายเข้าสู่พื้นที่จัดเก็บ นอกจากนี้ยังมีงานที่เกิดขึ้นจากต้นทางคือ Double Deep rack AS/RS ส่งสินค้าเข้าไปเติมในพื้นที่จัดเก็บส่วน Single Deep rack AS/RS และงานเบิกสินค้ารูปแบบอื่นๆ เป็นต้น



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

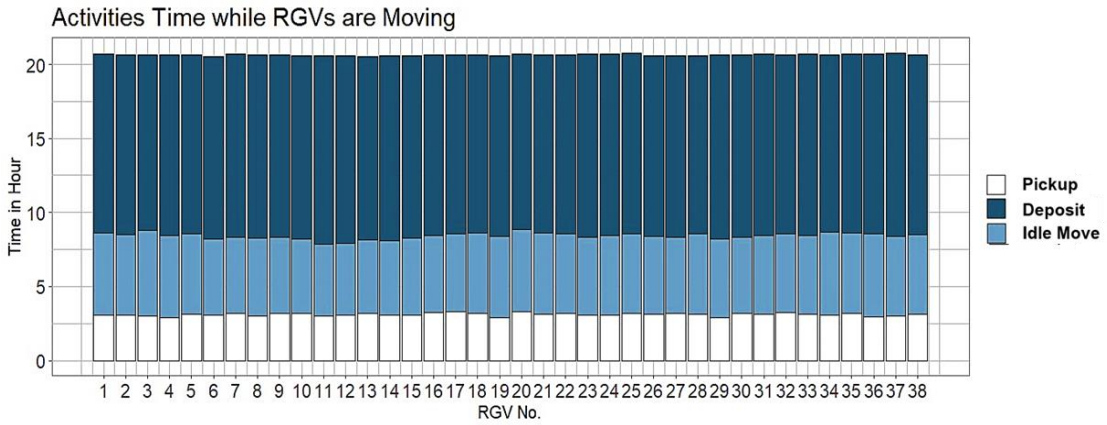
รูปที่ 1-9 ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ขณะที่ RGV มีการเคลื่อนที่ต่อชั่วโมงดำเนินงาน

หากพิจารณาในด้านการทำงานของ RGV ในรูปที่ 1-9 พบว่า RGV มีการเคลื่อนที่โดยแยกตามกิจกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละชั่วโมงการทำงาน ซึ่งอ้างอิงข้อมูลจากค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่เกิดขึ้นในวันทำงานปกติ 1 วัน จากข้อมูลการทำงานจริงในวันที่ 8 ถึง 10 ตุลาคม พ.ศ. 2564 เพื่อดูแนวโน้มของกิจกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา โดยกิจกรรมที่เกิดขึ้นในขณะที่ RGV เคลื่อนที่ มีได้ 3 รูปแบบคือ

- การเคลื่อนที่เพื่อไปรับพาเลทสินค้าที่สถานีงาน (Pickup)
- การเคลื่อนที่เพื่อลำเลียงพาเลทสินค้าไปส่งยังสถาณีงาน (Deposit)

- การเคลื่อนที่โดยไม่มีงาน (Move)

เมื่อนำข้อมูลระยะเวลาของกิจกรรมที่เกิดขึ้นขณะ RGV มีการเคลื่อนที่มาวิเคราะห์ในรูปแบบของเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่โดยมีงานและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่โดยไม่มีงานของ RGV แต่ละตัว จะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1-10



รูปที่ 1-10 สัดส่วนเวลาที่ใช้ในการลำเลียงงานและเคลื่อนที่โดยไม่มีงานของ RGV แต่ละตัว

รูปที่ 1-10 แสดงให้เห็นว่าการดำเนินงานในปัจจุบันในรอบการเคลื่อนที่ใดๆจะมี RGV ที่เคลื่อนที่โดยไม่มีการลำเลียงงานอยู่จำนวนหนึ่งเช่นกัน ซึ่งจากข้อมูลข้างต้นเมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยสัดส่วนเวลาที่เคลื่อนที่โดยไม่มีงานจะอยู่ที่ร้อยละ 25.7 ของระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ คิดเป็นร้อยละ 22 ของเวลาการดำเนินงานทั้งหมด เนื่องจากต้องเคลื่อนที่เพื่อให้ RGV ตัวอื่นในระบบเข้ารับ-ส่งงานที่สถานีได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้สนใจศึกษารูปแบบการกำหนดนโยบายการเข้ารับงานของระบบลำเลียงวัสดุอัตโนมัติในส่วนของสินค้า Put Away ขนาดกลางและขนาดใหญ่ของบริษัทกรณีศึกษา รวมถึงนโยบายการมอบหมายงานให้ RGV ซึ่งสามารถประเมินได้จากประสิทธิภาพการใช้งานอุปกรณ์ โดยพิจารณาจากจำนวนพาเลทที่ลำเลียงได้ต่อรอบ และเวลาเฉลี่ยของการเคลื่อนที่โดยไม่มีงาน เพื่อให้สามารถใช้งานอุปกรณ์ลำเลียงได้อย่างเต็มประสิทธิภาพมากขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพในด้านการใช้พลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

กำหนดนโยบายการทำงาน และจำนวนของพาหนะลำเลียงวัสดุระบบราง (RGV) เพื่อปรับเวลาสิ้นสุดการหยิบแบบรอบเวฟของพาหนะและประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยวิเคราะห์ผ่านแบบจำลองสถานการณ์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษากิจกรรมการทำงาน และกระบวนการลำเลียงสินค้า ภายในศูนย์กระจายสินค้า DC6 เท่านั้น ตั้งแต่การรับสินค้า การจัดเก็บสินค้า การหยิบสินค้าส่งไปยังสาขา
2. ศึกษาข้อมูลสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้า DC6 และสินค้าที่มีการส่งผ่านระหว่างอาคารไปศูนย์กระจายสินค้าที่อยู่ติดกัน (DC5) ที่ลำเลียงด้วย RGV เท่านั้น
3. ศึกษาจำนวน และรูปแบบโนบายการเข้ารับและส่งสินค้าของ RGV ที่เกิดขึ้น ณ สถานีงานภายในศูนย์กระจายสินค้า DC6 ที่ใช้อยู่ปัจจุบัน
4. ด้านการกำหนดนโยบายการการทำงานของ RGV พิจารณารูปแบบการจัดลำดับความสำคัญในรับงานแต่ละประเภท และรูปแบบการมอบหมายงานให้ RGV ที่ว่างงาน
5. ออกแบบระบบด้วยโปรแกรม R/RStudio ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผล
6. การประเมินประสิทธิภาพการใช้งานอุปกรณ์ พิจารณาจาก

    - เวลาในการปิดรอบเวฟพิจารณาจากระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทำงานงานเบิกสินค้าที่สถานี U-Pick และ Full Pallet จนหมด และมีงาน Receiving คงเหลือน้องกว่าค่าที่กำหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ปริมาณงานที่รับส่งได้ของ RGV คิดเป็นจำนวนพาเลทที่ลำเลียงได้ต่อรอบการเคลื่อนที่
- เวลาเฉลี่ยของการเคลื่อนที่โดยไม่มีงาน

7. การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงาน วัดจากสัดส่วนของค่าพลังงานที่ RGV ใช้ในการเคลื่อนโดยมีการลำเลียงงาน เทียบกับค่าพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่ตลอดระยะเวลาดำเนินงาน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. นโยบายการเข้ารับและส่งสินค้าที่สถานีงานของ RGV ช่วยเพิ่มอรรถประโยชน์การใช้พาหนะและประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
2. เป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้กับการจัดการระบบลำเลียงสินค้าอัตโนมัติสำหรับศูนย์กระจายสินค้า ประเภทอื่นๆ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูล ทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของศูนย์กระจายสินค้าบริษัทกรณีศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
3. ระบุปัญหา วัตถุประสงค์ กำหนดขอบเขตงานวิจัย และกำหนดตัวชี้วัดในการวัดผล
4. วิเคราะห์ข้อมูลกิจกรรมภายในศูนย์กระจายสินค้า DC6 ที่มีการลำเลียงสินค้าด้วย RGV
5. สร้างแบบจำลองสถานการณ์ที่ต้องการศึกษา และจัดเก็บข้อมูลผลการทดลอง
6. วิเคราะห์ผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลอง
7. วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการดำเนินงานวิจัย

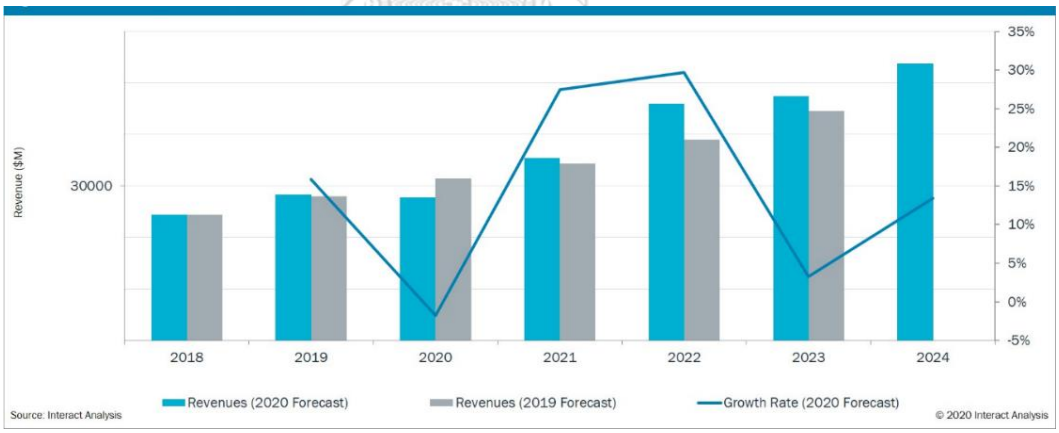
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ และนำเสนอผลงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันคลังสินค้าต้องรับมือกับความต้องการของลูกค้าที่มีความหลากหลาย และความคาดหวังในการบริการที่รวดเร็ว ประกอบกับปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่ยังคงมีแนวโน้มสูงขึ้นอีกในอนาคต จึงได้มีแนวคิดในการนำระบบอัตโนมัติเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการทำงานในคลังสินค้า เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการทำงานและเพิ่มศักยภาพในการบริหารเวลา แรงงาน และพื้นที่ ควบคู่กับความปลอดภัยในการทำงาน โดยระบบการจัดการคลังสินค้าอัตโนมัติเข้ามาแทนที่การทำงานในหลายมิติ เช่น งานเบิกจ่าย งานขนถ่ายสินค้า งานเคลื่อนย้ายสินค้า เนื่องจากเป็นกิจกรรมมีการทำงานรูปแบบเดิมซ้ำๆ และกิจกรรมที่สำคัญในด้านการจัดการแรงงาน



รูปที่ 2-1 อัตราการเติบโตของตลาดคลังสินค้าอัตโนมัติ [7]

จากรายงานของบริษัทวิจัยตลาดคาดว่าอัตราการเติบโตของตลาดคลังสินค้าอัตโนมัติทั่วโลกต่อปีจะเพิ่มขึ้น 11.9% จนถึงปี ค.ศ. 2024 [7] แสดงให้เห็นว่าการดำเนินงานด้านคลังสินค้าเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของธุรกิจที่เกี่ยวกับห่วงโซ่อุปทาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งธุรกิจที่มีอัตรากำไรต่ำแต่ปริมาณมาก เนื่องจากปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันนอกเหนือจากคุณภาพสินค้า

นั้นมาจากชื่อเสียงด้านการบริการ และการเข้าถึงกลุ่มลูกค้าที่มีความหลากหลาย การจัดการงานภายในคลังสินค้าและการเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับธรรมชาติของสินค้าภายนคลังจึงเป็นงานที่มีความท้าทาย

2.1 การบริหารจัดการคลังสินค้า

คลังสินค้า [8] ถูกนิยามว่าเป็นสถานที่จัดเก็บสินค้าชนิดเดียวหรือหลายชนิด ในปริมาณไม่คงที่แตกต่างกันตามแต่ละช่วงเวลา เช่น ในช่วงที่สินค้าอยู่ในระหว่างการผลิต หรือช่วงที่สินค้ามีความต้องการสูง เป็นต้น โดยคลังสินค้ามีหน้าที่ในการสนับสนุนด้านกายภาพของพัสดุจากผู้ผลิตสู่ผู้บริโภคด้วยการจัดเก็บที่เหมาะสมและปลอดภัย ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดการคลังสินค้าจะมีการดำเนินการตามวัตถุประสงค์ในการเก็บรักษาวัสดุดังนี้

- ใช้ทรัพยากรที่อยู่ในคลังสินค้าอยู่ในระดับที่วางแผนไว้ ไม่ว่าจะเป็นทรัพยากรด้านแรงงาน เวลา พื้นที่ และอุปกรณ์ ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้สามารถบรรลุตามแผนธุรกิจที่องค์กรวางไว้ได้
- ดำเนินการให้ได้ทรูพุด (Throughput) ตามที่กำหนดหรือออกแบบไว้ โดยประสิทธิภาพของคลังสินค้าวัดจากปริมาณสินค้าที่จ่ายออกได้ในแต่ละวัน
- ป้องกันการเสื่อมสภาพของสินค้า โดยการจัดเก็บสินค้าต้องอยู่ในสถานที่ และสภาวะที่เหมาะสม ได้รับการดูแลอย่างต่อเนื่อง และป้องกันการลักขโมย
- สามารถเข้าถึงสินค้าได้ทุกขณะ โดยเลือกใช้อุปกรณ์และการจัดส่งที่เสียค่าใช้จ่ายและความพยายามน้อยที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- จัดเก็บสินค้าอย่างเป็นไปตามมาตรฐาน สามารถใช้อุปกรณ์จัดเก็บและเคลื่อนย้ายมาตรฐาน และสิ่งอำนวยความสะดวก (Facility) อาธิเช่น พื้นที่จอดรถรถบรรทุก อาคาร แรงงาน ระบบสารสนเทศ เข้ามาใช้งานร่วมด้วยได้

หากพิจารณาอย่างผิวเผินคลังสินค้าอาจเป็นเพียงพื้นที่จัดเก็บสินค้าที่ไม่มีการสร้างมูลค่าให้กับองค์กร แต่เมื่อพิจารณาข้อจำกัดด้านการผลิตและการขายจะพบว่าคลังสินค้ามีบทบาทสำคัญที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้ห่วงโซ่งอุปทานได้ในแง่ต่างๆ ดังนี้

- เพื่อลดความผันผวนที่เกิดจากความต้องการสินค้าและกำลังการผลิตที่มีจำกัด และความไม่แน่นอนต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ เช่น สินค้าที่ผลิตใหม่ไม่ได้มาตรฐาน การขาดแคลนวัตถุดิบสำหรับผลิตในบางฤดูกาล และความไม่แน่นอนของความต้องการสินค้า เป็นต้น
- เพื่อลดต้นทุนเนื่องจากการประหยัดต่อขนาด (Economies of Scale) เนื่องจากเมื่อมีการสั่งสินค้าจำนวนมากผู้ซื้อมีโอกาสที่จะเจรจาต่อรองราคาได้ ส่วนในด้านการขนส่งสามารถทำการรวมเที่ยวส่งสินค้าโดยมีคลังสินค้าเป็นจุดปลายทางร่วมสำหรับการสั่งสินค้าจากผู้ผลิตและเป็นต้นทางร่วมสำหรับการส่งสินค้าไปยังร้านค้าสาขา โดยแต่ละเที่ยวการขนส่งของรถบรรทุกมีสินค้าเต็มคันที่ไปส่งยังปลายทางเดียวกัน ทำให้ต้นทุนการขนส่งลดลง
- เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้า (Value-Added) คลังสินค้าไม่เพียงแต่เป็นจุดพักสินค้าแต่ยังสามารถเป็น “จุดประกอบย่อย” หรือ “จุดเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์” ของสินค้ากึ่งสำเร็จรูปก่อนจัดส่งได้ด้วย ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวช่วยให้เกิดมูลค่าเพิ่มต่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สินค้า นอกจากนี้ยังเพิ่มความยืดหยุ่นในการจัดการสินค้าไปยังลูกค้ากลุ่มต่างๆ และลดระยะเวลานำในการสั่งสินค้า (Lead time)

โดยพื้นฐานในการจัดการระบบคลังสินค้าจะพิจารณาองค์ประกอบหลัก 4 ประการด้วยกัน คือ กระบวนการ อุปกรณ์ อาคารและพื้นที่ และบุคลากร องค์ประกอบเหล่านี้ถือเป็นทรัพยากรพื้นฐานที่คลังสินค้าแต่ละแห่งจำเป็นต้องมี ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

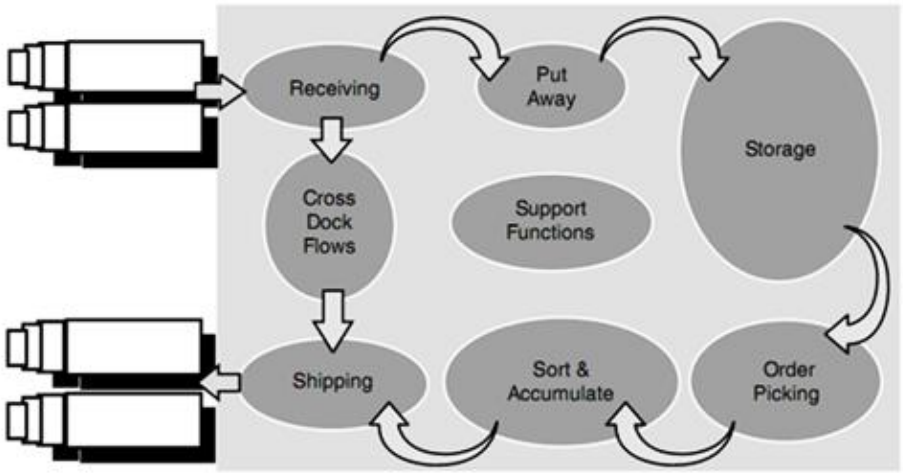
2.1.1 กิจกรรมภายในคลังสินค้า

กิจกรรมภายในคลังสินค้าเกิดขึ้นตั้งแต่รถบรรทุกนำสินค้าเข้ามาส่งในคลังสินค้า พนักงานรับสินค้าเข้าไปยังพื้นที่จัดเก็บที่กำหนดไว้จนกระทั่งสินค้าถูกหยิบตามความต้องการและดำเนินการจัดเรียงสินค้าบนรถบรรทุกเพื่อจัดส่งไปยังลูกค้า หากพิจารณาในรายละเอียดของกิจกรรมภายในคลังสินค้าแต่ละที่อาจมีความหลากหลาย แต่สามารถจำแนกตามพื้นฐานการทำงานหลักได้เป็น 4 กิจกรรมหลัก คือ กิจกรรมการรับสินค้า (Receiving) กิจกรรมการจัดเก็บสินค้า (Put Away) กิจกรรมการหยิบสินค้า (Picking) กิจกรรมการจัดเรียงและจัดส่งสินค้า (Sorting and Shipping) โดยแต่ละกิจกรรมมีการใช้แรงงานในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ดังนี้

- กิจกรรมการรับสินค้า (Receiving) : สัดส่วนแรงงานประมาณ 10%
- กิจกรรมการจัดเก็บสินค้า (Put Away) : สัดส่วนแรงงานประมาณ 15%
- กิจกรรมการหยิบสินค้า (Picking) : สัดส่วนแรงงานประมาณ 55%
- กิจกรรมการจัดเรียงและจัดส่งสินค้า (Sorting and Shipping) : สัดส่วนแรงงานประมาณ 20%

Chulalongkorn University

จากข้อมูลข้างต้นสัดส่วนแรงงานถูกใช้สูงสุดที่กิจกรรมการหยิบสินค้า รองลงมาคือกิจกรรมการจัดเรียงและจัดส่งสินค้า โดยทั้ง 2 กิจกรรม จัดเป็นกิจกรรมเอาท์บาวด์ (Outbound Activity) เนื่องมาจากลักษณะการไหลของสินค้าออกขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า ซึ่งมีความไม่สม่ำเสมอ ไม่สามารถวางแผนล่วงหน้าได้ และมักสั่งสินค้าหลายชนิดในจำนวนที่ไม่มาก ทำให้ต้องมีการเตรียมแรงงานล่วงหน้ามากกว่ากิจกรรมช่วงก่อนหน้า หรือกิจกรรมอินบาวด์ (Inbound Activity) ซึ่งประกอบด้วย กิจกรรมการรับสินค้า กิจกรรมการจัดเก็บสินค้า ซึ่งเป็นสิ่งที่องค์กรสามารถวางแผนล่วงหน้าได้ และทราบปริมาณที่แน่นอน



รูปที่ 2-2 กิจกรรมภายในคลังสินค้า [9]

จากรูปที่ 2-2 นอกจากกิจกรรมหลัก 4 กิจกรรมแล้วนั้น กิจกรรมสนับสนุน (Support Functions) หรือกิจกรรมสร้างมูลค่า อาจเกิดขึ้นได้ทั้งก่อน และ/หรือ หลังกิจกรรมการจัดเก็บสินค้า และกิจกรรมครอส-ด๊อกกิ้งค์ (Cross-Docking) ซึ่งข้ามขั้นตอนกิจกรรมการจัดเก็บสินค้าและกิจกรรมการหยิบสินค้า โดยกิจกรรมทั้ง 2 รายการ มีความ

แตกต่างตามธรรมชาติของคลังสินค้า อาจพบในคลังสินค้าบางประเภท และไม่พบกิจกรรมเหล่านี้นคลังสินค้าทั่วไป จึงถูกแยกออกจากกิจกรรมพื้นฐานทั้ง 4 กิจกรรม

2.1.1.1 กิจกรรมการรับสินค้า (Receiving)

กิจกกรมการรับสินค้ามีเป้าหมายหลักคือเพื่อแจ้งสถานะของสินค้าที่ได้รับ โดยการรรับสินค้าถือเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญสูงสุด เนื่องจากเป็นกิจกรรมแรกและเป็นกิจกรรมที่กำหนดปริมาณงานของกิจกรรมอื่นๆ ส่งผลต่อการใช้พื้นที่ และการจัดการแรงงาน ดังนั้นในกิจกรรมการรับสินค้าพนักงานจะต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของชนิดสินค้า ปริมาณและคุณภาพ ว่าตรงตามที่สั่งซื้อหรือไม่ก่อนทำการรับเข้าคลังสินค้า โดยขั้นตอนพื้นฐานในการรับสินค้าอาจแตกต่างกันตามลักษณะของคลังสินค้าและรูปแบบการจัดการ

2.1.1.2 กิจกรรมการจัดเก็บสินค้า (Put Away)

กิจกรรมการจัดเก็บ เป็นกระบวนการเคลื่อนย้ายสินค้าที่มีข้อมูลในระบบไปยังตำแหน่งจัดเก็บที่อาจถูกระบุไว้ล่วงหน้าแล้วหรือถูกเลือกระหว่างการเคลื่อนย้ายสินค้าตามแต่เงื่อนไขในการจัดเก็บของสินค้านั้นๆ โดยข้อมูลตำแหน่งการจัดเก็บมีความสำคัญอย่างมากต่อกิจกรรมเอาท์บาวด์ โดยเฉพาะกิจกรรมการหยิบสินค้าเนื่องจากเป็นตัวกำหนดตำแหน่งการหยิบสินค้า

วิธีการจัดเก็บที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องพิจารณาการจัดกลุ่มสินค้าในการเก็บด้วยเพื่อให้กลุ่มสินค้าสอดคล้องกับเงื่อนไขการจัดเก็บหรือคุณสมบัติบางประการ โดยรูปแบบการจัดกลุ่มที่นิยมใช้ เช่น การจัดกลุ่มตามลักษณะทางกายภาพ การจัดกลุ่มเก็บตามมูลค่า การ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จัดกลุ่มเก็บตามบรรจุภัณฑ์ จัดเก็บตามลักษระการหมุนเวียนสินค้า การจัดกลุ่มเก็บตามความถี่การหยิบ และการจัดเก็บด้วยเงื่อนไขอื่นๆ เช่น การเก็บสินค้าที่มีความนิยมสูงไว้ในเส้นทางที่พนักงานทุกคนต้องเดินผ่าน หรือการเก็บสินค้าที่มีความเสี่ยงในการสูญหายในบริเวณที่สังเกตการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เป็นต้น

2.1.1.3 กิจกรรมการหยิบสินค้า (Picking)

กิจกรรมการหยิบสินค้า เป็นกระบวนการนำสินค้าออกจากพื้นที่จัดเก็บ โดยมีเป้าหมายหลักคือการนำสินค้าออกจากพื้นที่จัดเก็บให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในช่วงเวลาที่ลูกค้าต้องการ และเป็นกิจกรรมหลักที่สำคัญในด้านการจัดการแรงงาน ซึ่งกลุ่มบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์จัดเก็บและขนถ่ายวัสดุให้ความสนใจดังเห็นได้จากจำนวนชนิดและความหลากหลายของอุปกรณ์ที่มีการใช้งาน โดยขั้นตอนการหยิบสินค้าเริ่มต้นจากการรวบรวมความต้องการของลูกค้าและจัดสรรสินค้าให้ลูกค้าแต่ละราย จากนั้นจึงสร้างเอกสารสำคัญในการหยิบสินค้าหรือ พิกลิสต์ (Pick List) ซึ่งจะถูกสร้างขึ้นตามเงื่อนไขในการหยิบ เช่น ประเภทสินค้า พื้นที่จัดเก็บสินค้า รอบการจัดส่ง และตำแหน่งในการจัดเก็บสินค้า เป็นต้น

ขั้นตอนพื้นฐานในการหยิบสินค้าประกอบด้วย การเคลื่อนที่ (Traveling) คือการที่พนักงานเคลื่อนที่เข้าไปหยิบสินค้า หรือในบางกรณีสินค้าเคลื่อนที่ไปหาพนักงานโดยขั้นตอนนี้ถูกดำเนินการโดยอุปกรณ์ขนถ่ายสินค้า การค้นหา (Searching) ขั้นตอนนี้พนักงานอาจใช้ความจำหรือการค้นหาสินค้าจากข้อมูลในระบบโดยมีอุปกรณ์สื่อสารเป็นตัวช่วยในการทำงาน การดึงสินค้า (Extracting) เป็นการนำสินค้าออกจากพาเลทหรือพื้นที่จัดวางโดยรวมถึงขั้นตอนการแก้หรือตัดฟิล์มชริ้งค์ใสที่ใช้พันพาเลท และการจดบันทึก (Documenting) เป็น

ขั้นตอนที่พนักงานทำเครื่องหมายเพื่อยืนยันรายการหยิบเสร็จสิ้น ซึ่งอาจเกิดขึ้นเมื่อพนักงานสแกนบาร์โค้ดสินค้าหรือกรอกจำนวนที่หยิบสินค้าลงไปในระบบ ซึ่งในขั้นตอนเหล่านี้มีเพียงขั้นตอนการดึงสินค้าเท่านั้นที่จัดเป็นขั้นตอนที่สร้างมูลค่า (Value Added Activity) ดังนั้นจึงมีความพยายามในการลดขั้นตอนอื่นๆที่ไม่สร้ามูลค่าเพิ่ม (Necessary Non-Value Added Activity) ด้วยการใช้ระบบหยิบสินค้าแบบสินค้าเคลื่อนที่ไปหาพนักงงาน ซึ่งเป็นการประยุกต์นำอุปกรณ์สื่อสาร อุปกรณ์จัดเก็บและขนถ่ายวัสดุเข้าด้วยกัน

2.1.1.4 กิจกรรมการจัดเรียงและการส่งสินค้า (Sorting and Shipping)

กิจกรรมการเรียงสินค้าเป็นกิจกรรมสุดท้ายในคลังสินค้า ซึ่งมีเป้าหมายหลักคือการตรวจสอบสินค้า และเตรียมสินค้าขึ้นรถบรรทุก ความสำคัญของการจัดเรียงสินค้าขึ้นอยู่กับรูปแบบการหยิบสินค้าและลักษณะของพื้นที่วางกองสินค้า ซึ่งหากคลังสินค้ามีพื้นที่สำหรับวางกองสินค้าน้อยก็จะมีโอกาสในการจัดสินค้าขึ้นรถบรรทุกผิดคันสูง ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับกิจกรรมการการจัดเรียงเพื่อลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น และควรพิจารณาลำดับการกองที่เหมาะสม ทำการโยงสายรัดสินค้ากับขอบรถบรรทุก หรือตู้คอนเทนเนอร์ และควรเสริมถุงลมหรือแผ่นไม้ เพื่อป้องกันความเสียหายของสินค้าที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการขนส่ง โดยเฉพาะเมื่อส่งสินค้าแบบไม่เต็มคันรถ และเมื่อสินค้าพร้อมขึ้นรถบรรทุกก็จะมีการแสกนบาร์โค้ดที่พาเลทอีกครั้ง เพื่อตัดจำนวนสินค้าคงเหลือและจัดทำอินวอยซ์ที่สำนักงาน

นอกจากกิจกรรมหลักทั้ง 4 กิจกรรมที่กล่าวมาข้างต้น ยังมีกิจกรรมอื่นๆ ที่คลังสินค้าต้องทำเป็นบางครั้ง เช่น การสร้างมูลค่าเพิ่ม การนับสินค้า และการย้ายสินค้า เป็นต้น

2.1.2 แผนผังการใช้พื้นที่ในคลังสินค้าคลังสินค้าแต่ละแห่งมีความแตกต่างกันเนื่องจากต้องดำเนินงานให้สอดคล้องกับธรรมชาติของสินค้าที่ต่างกัน ทำให้ขั้นตอนการทำงานและรูปแบบการไหลของสินค้าภายในคลังสินค้าต่างกันไปด้วย โดยรูปแบบการไหลของสินค้าภายในคลังสินค้าพิจารณาการไหลของสินค้าตั้งแต่หน้าท่ารับสินค้าไปยังประตูหน้าท่าส่งสินค้า การไหลของสินค้ามีผลต่อการจัดวางอุปกรณ์จัดเก็บและขนถ่ายวัสดุ โดยแผนผังการไหลของสินค้าในคลังสินค้าแบ่งได้ 4 ประเภท

2.1.2.1 แผนผังการไหลรูปตัวยู (‘U’-Shaped)

เป็นผังการไหลที่ออกแบบให้มีลักษณะการไหลของสินค้าแบบวนในด้านเดียวกัน ประตูหน้าท่ารับสินค้าและประตูหน้าท่าส่งสินค้าอยู่นด้านเดียวกันของอาคาร โดยสินค้าที่รับเข้าจากท่ารับสินค้าจะไหลผ่านเข้าไปยังพื้นที่จัดเก็บที่อยู่ด้านในของคลังสินค้า ซึ่งสินค้าที่มีการเคลื่อนไหวสูงควรจัดเก็บบริเวณใกล้ประตูหน้าท่า ส่วนสินค้าที่มีการเคลื่อนไหวต่ำควรจัดเก็บห่างออกไป เพื่อลดระยะทางการเดินของพนักงานและเพิ่มประสิทธิในการหยิบสินค้า และเมื่อมีการเบิกสินค้าก็จะถูกจัดส่งไปยังประตูหน้าท่าส่งสินค้า

จุดเด่นของคลังสินค้าที่มีลักษณะการไหลของสินค้ารูปตัวยูคือพนักงานรับสินค้าและพนักงานจ่ายสินค้าสามารถช่วยเหลือกันได้ และเนื่องจากประตูหน้าท่ารับและจ่ายสินค้าอยู่ด้านเดียวกันจึงสามารถใช้ประตูร่วมกันได้ นอกจากนี้คลังสินค้าสามารถขยายพื้นที่หรือเชื่อมต่อ 3 ทิศทาง ทั้งนี้ข้อเสียของการไหลรูปตัวยูคือ ระยะทางที่ใช้ในการจัดเก็บและหยิบสินค้าใกล้เคียงกัน พื้นที่ในการวางกองกับพื้นที่ที่ใช้ในการขนส่งมีการคาบเกี่ยวกัน ทำให้มี

โอกาสที่การจราจรติดขัดสูง คลังสินค้ารูปแบบนี้เหมาะกับการใช้อุปกรณ์จัดเก็บและขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ เช่น ระบบ AS/RS หรือ VNA เป็นต้น

2.1.2.2 แผนผังการไหลรูปตัวไอ ('I'-Shaped) หรือ (Straight-Thru Flow)

เป็นผังการไหลที่ออกแบบให้มีลักษณะการไหลของสินค้าตลอดความยาวหรือความกว้างของอาคาร ประตูหน้าท่ารับสินค้าและประตูหน้าท่าส่งสินค้าอยู่ตรงข้ามกัน คลังสินค้าที่มีแผนผังการไหลรูปตัวอเหมาะกับการส่งผ่านสินค้าเพียงอย่างเดียว เช่น ศูนย์กระจายย่อย (Hub) หรือ ครอส-ด๊อก (Cross-Dock) สำหรับทำการรวมเที่ยวขนส่ง หรือการดำเนินงานที่มีการรับและส่งสินค้าครั้งละมากๆ

จุดเด่นของคลังสินค้าที่มีลักษณะการไหลของสินค้ารูปตัวไอคือมีตำแหน่งการจัดวางสินค้าใกล้เคียงกัน จำนวนมาก แต่ข้อเสียคือการไหลของสินค้าเป็นไปทางเดียวทำให้มีโอกาสที่การจราจรติดขัดสูง ทั้งนี้คลังสินค้ามีลักษณะการไหลรูปตัวไอสามารถแบ่งพื้นที่เพื่อปรับเป็นแผนผังแบบโมดูลสำหรับรองรับการขยายตัวของสินค้าแต่ละประเภทที่เพิ่มขึ้นได้โดยไม่ต้องมีการก่อสร้างเพิ่มเติม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.2.3 แผนผังการไหลรูปตัวแอล ('L'-Shaped)

เป็นผังการไหลที่ออกแบบให้มีลักษณะการไหลของสินค้าตั้งฉากกัน โดยประตูหน้าท่ารับสินค้าและประตูหน้าท่าส่งสินค้าอยู่สองด้านติดกันของอาคาร คลังสินค้าที่มีรูปแบบการไหลเช่นนี้มักถูกปรับปรุงขึ้นมาจากแผนผังการไหลรูปตัวยูเพื่อเพิ่มจำนวนประตูหน้าท่าจัดส่งสินค้า แผนผังการไหลรูปตัวแอลเหมาะกับคลังสินค้าที่สินค้ามีความเคลื่อนไหวต่างกันและ

สามารถจัดกลุ่ม ABC ของสินค้าได้ชัดเจน โดยสินค้ากลุ่ม A หรือสินค้าที่มีความเคลื่อนไหวสูง ควรจัดเก็บใกล้ประตูหน้าท่า ส่วนสินค้ากลุ่ม C หรือสินค้าที่มีความเคลื่อนไหวต่ำควรเก็บห่างจากประตูหน้าท่าหรือด้านที่เป็นกำแพงอาคาร

จุดเด่นของคลังสินค้าที่มีลักษณะการไหลของสินค้ารูปตัวแอลคือสามารถรองรับการทำครอส-ด๊อกกิงค์ พร้อมกับการเก็บสินค้าในคลังสินค้าเดียวกัน เนื่องจากเป็นการผสมผสานระหว่างแผนผังการไหลแบบตัวยูและตัวไอ แต่มีข้อด้อยคือพื้นที่วางกองในส่วนรับสินค้าและจ่ายสินค้าถูกใช้ร่วมกัน และมีการจราจรที่หนาแน่น ซึ่งเป็นข้อด้อยของคลังสินค้ารูปตัวยู ส่วนข้อด้อยที่มาจากคลังสินค้ารูปตัวไอ คือต้องการพื้นที่ประตูหน้าท่ามากส่งผลให้ใช้ระยะทางในการขนถ่ายสินค้ามาก นอกจากนี้คลังสินค้าที่มีแผนผังการไหลรูปตัวแอลไม่สามารถใช้พื้นที่ได้อย่างเต็มที่ทั้งด้านกว้างและด้านยาว จึงไม่เหมาะกับการใช้อุกรณ์จัดเก็บละขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ

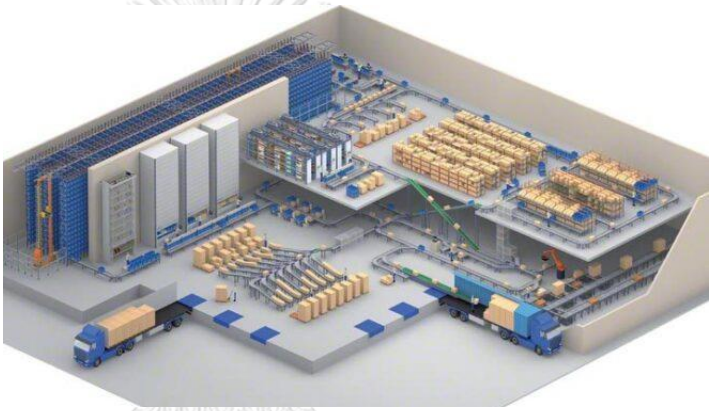
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.2.4 แผนผังการไหลแบบโมดูล (Modular Flow)

เป็นแผนผังการไหลที่ออกแบบให้แต่ละส่วนงาน หรือโมดูเป็นอิสระจากกัน แต่อยู่ในอาคารคลังสินค้าเดียวกันเพื่อความสะดวกในการจัดการ เหมาะกับคลังสินค้าขนาดใหญ่ที่มีการไหลของสินค้าแต่ละส่วนมากพอที่จะแยกการทำงานและออกแบบเป็นเอกเทศจากกัน ซึ่งอาจมีประตูหน้าท่าในการรับและจ่ายสินค้าแยกออกจากกันในแต่ละส่วนงาน

การออกแบบและการทำงานในคลังสินค้าแบบโมดูอาจแยกตามรอบของสินค้า โดยสินค้าที่เคลื่อนไหวเร็วมากจะส่งผ่านเข้าคลังสินค้าโดยการทำครอส-ด๊อกกิงค์ รับและจ่าย

สินค้าเป็นพาเลทในประตูหน้าท่าเฉพาะและแยกจากโมดูอื่น ในขณะที่สินค้าเคลื่อนไวเร็ว-ปานกลาง ถูกจัดเก็บจัดเก็บในพื้นที่จัดเก็บส่วนหน้าเนื่องจากต้องมีการเติมสินค้าอย่างสม่ำเสมอจากพื้นที่จัดเก็บสำรอง และถูกหยิบออกเป็นรายลูกค้า ส่วนโมดูสุดท้ายเป็นพื้นที่จัดเก็บสินค้าที่เคลื่อนไหวช้าซึ่งจะถูกหยิบออกเป็นรายกลุ่มเพื่อลดการเคลื่อนที่ เป็นต้น นอกจากนี้อาจป้องกันการรบกวนกันระหว่างโมดูด้วยการแยกรถบรรทุกที่เข้ามารับ-ส่งสินค้า



รูปที่ 2-3 ตัวอย่างคลังสินค้าที่มีแผนผังการไหลแบบโมดูล [10]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.3 ประเภทของอุปกรณ์ขนถ่ายและจัดเก็บสินค้า

คลังสินค้าแต่ละแห่งมีธรรมชาติของสินค้าที่ต่างกัน รูปแบบการไหลของสินค้าภายในคลังจึงต่างกันด้วย จากปัจจัยของความแตกต่างเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อการเลือกใช้และจัดวางอุปกรณ์จัดเก็บและขนถ่ายวัสดุภายในคลังสินค้า จึงทำให้เกิดความหลากหลายของอุปกรณ์เพื่อตอบสนองความต้องการใช้งานที่ต่างกัน โดยรายละเอียดในส่วนนี้จะกล่าวโดยละเอียดในหัวข้อ 3.2.1 ในบทต่อไป

2.1.3.1 กลุ่มอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ (Transportation Equipment)

อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายวัสดุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ทั้งภายในและภายนอกคลังสินค้า ทั้งในแนวดิ่ง และ/หรือ แนวราบ ซึ่งสามารถแยกประเภทออกได้เป็น 5 กลุ่มใหญ่ ได้แก่

- อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุประเภทพึ่งพาแรงงานคน (Manual Transportation Equipment) ใช้ในการลากหรือยกสินค้า ซึ่งอาจมีเครื่องมือกลบางชนิดช่วย เช่น ล้อ ไฮโดรลิกลิฟท์ (Hydraulic Lift) หรือรอกยก อุปกรณ์เหล่านี้ช่วยให้พนักงานทำงานทำงานง่าย มีราคาไม่สูงและง่ายต่อการดูแลรักษา ตัวอย่างเช่น รถลาก รถเข็นแบบลิฟท์เทเบิ้ลเป็นต้น
- อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุประเภทสายพาน (Conveyor Transportation Equipment) เป็นอุปกรณ์สำหรับย้ายวัสดุที่มีเส้นทางการขนถ่ายและตำแหน่งที่แน่นอน การใช้สายพานเหมาะกับคลังสินค้าที่ต้องมีการเคลื่อนย้ายสินค้าจำนวนมากและมีความถี่สูง อุปกรณ์สายพานมีหลายลักษณะ เช่น สายพานแบบสาย (Belt Conveyor) สายพาแบบลูกกลิ้ง (Roller Conveyor) สายพานแบบแผ่นระนาด (Slat Conveyor) สายพานแบบโซ่ (Chain Conveyor) สายพานแบบสกรู (Screw Conveyor) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์รถลาก หรือรถราง เข้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กับสายพานเพื่อการเคลื่อนย้ายระยะไกลในเส้นทางที่กำหนด โดยตัวอย่างอุปกรณ์มีดังนี้

- พาหนะลำเลียงวัสดุอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle : AGV) เป็นรถอุตสาหกรรมที่ไม่ต้องมีพนักงานขับ เคลื่อนที่บนเส้นทางที่ระบุไว้ด้วย ลวดโลหะ เทปสี หรือสีทาที่ปรากฏหรือฝังบนพื้นอาคาร AGV เหมาะกับพื้นที่ทำงานที่ต้องการความยืดหยุ่น มีอันตราย มีปริมาณและความถี่ในการขนถ่ายสินค้าค่อนข้างสูง และมีต้นทุนในการขนถ่ายสูง แต่ไม่เหมาะกับการใช้สายพานลำเลียง เช่น ห้องเย็น คลังสินค้าสารเคมี ห้องสะอาด เป็นต้น ปัจจุบันได้มีการพัฒนา AGV ให้มีระบบนำทางด้วยสัญญาณวิทยุ หรือเซ็นเซอร์ (Sensor) เป็นต้น
  - พาหนะลำเลียงวัสดุอัตโนมัติระบบราง หรือ RGV มีลักษณะคล้าย AGV ใช้สำหรับขนถ่ายลำเลียงพาเลท แต่มีการเคลื่อนที่บนรางจึงทำให้สามารถใช้ความเร็วได้สูงกว่า AGV มักพบในส่วนรับและจ่ายพาเลทของระบบ Unit Load AS/RS หรือสถานี PD (Pick and Delivery Station) ซึ่งเป็นสายพานอัตโนมัติเชื่อมกับ RGV อุปกรณ์ดังกล่าวเกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ซึ่งจะกล่าวอย่างละเอียดในหัวข้อ 2.3.1
  - ระบบสายพานซอร์ทเตอร์ (Sortation Conveyor System) เป็นชุดของสายพานแบบลูกกลิ้งหรือสายพานแบบสายแบน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต่อเชื่อมกัน สามารถรับสินค้าได้จากหลายตำแหน่งและจัดส่งได้หลายตำแหน่ง ระบบสายพานซอร์ทเตอร์อาจะประกอบด้วยอุปกรณ์พิเศษทำหน้าที่เปลี่ยนหรือเลือกเส้นทางระหว่าง 2 เส้นทาง ด้วยอุปกรณ์ Deflector Diverter และ/หรือ Push Diverter ระบบสายพานซอร์ทเตอร์นี้เหมาะกับการลำเลียงสินค้าที่มีขนาดเล็กเป็นรายชิ้นหรือถาด

- อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุประเภทเครน (Crane Transportation Equipment) เป็นอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุที่มีน้ำหนักและมีรูปทรงไม่แน่นอนเพื่อเคลื่อนย้ายวัสดุจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งโดยการยกและวางวัสดุในแนวดิ่งและแนวราบ โดยการติดตั้งเครนต้องติดตั้งพร้อมโครงสร้างของอาคาร ซึ่งมักถูกเลือกนำมาใช้งานต่อเมื่อการเคลื่อนย้ายสินค้าไม่เพียงพอต่อการลงทุนอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุประเภทสายพานลำเลียง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

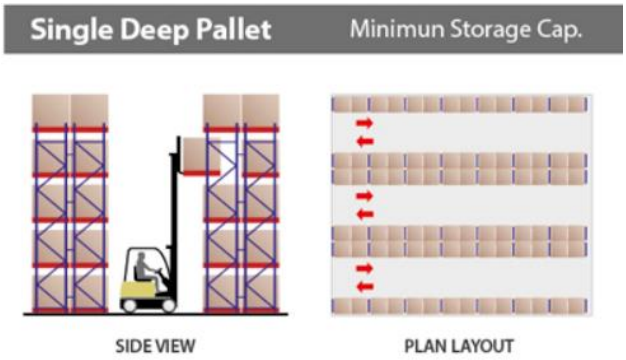
- อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุประเภทรถอุตสาหกรรม (Industrial Truck Transportation Equipment) เป็นกลุ่มอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุที่มีความหลากหลายของเครื่องมือและปริมาณการใช้งานในคลังสินค้ามากที่สุด เป็นอุปกรณ์ที่มีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง ไม่ถูกจำกัดด้วยตำแหน่งและเส้นทาง รวมถึงพื้นที่ในการทำงาน แต่มีข้อจำกัดคือไม่สามารถเคลื่อนย้ายสินค้าจำนวนมาก และต้องมีพนักงานขับ 1 คนต่อคัน ตัวอย่างอุปกรณ์เช่น รถฟอร์คลิฟท์ รถลากพาวเวอร์พาเลท เป็นต้น

2.1.3.2 กลุ่มอุปกรณ์จัดเก็บสินค้า (Storage Equipment)

อุปกรณ์จัดเก็บสินค้าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้จัดวางสินค้าขณะอยู่ภายในคลังสินค้า โดยอุปกรณ์จัดเก็บสินค้าบางชนิดอาจประกอบด้วยอุปกรณ์ขนถ่ายสินค้าได้ด้วยเช่นกัน รูปแบบอุปกรณ์จัดเก็บจะมีความสัมพันธ์กับการวางระบบการหยิบสินค้าและรูปแบบของอุปกรณ์ลำเลียงที่นำมาใช้ในคลังสินค้า โดยอุปกรณ์จัดเก็บสินค้าสามารถจำแนกได้ 3 ประเภท ได้แก่

- อุปกรณ์จัดเก็บสินค้าประเภทพาเลท (Pallet Storage Equipment) มักใช้เก็บสินค้าที่ได้รับมาจากผู้ผลิต พบได้บริเวณพื้นที่จัดเก็บสำรอง โดยอุปกรณ์จัดเก็บสินค้าประเภทพาเลทมีดังนี้
  - ซิงเกิลดีพพาเลทแร็ค (Single Deep Pallet Rack) หรือพาเลทแร็ค เป็นอุปกรณ์จัดเก็บสินค้าที่พบบ่อยที่สุดในคลังสินค้า ช่วยแก้ปัญหาการวางซ้อนและการเข้าถึงสินค้าได้ สามารถประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุหลายชนิด บางครั้งเรียกว่าซีเล็กทีฟพาเลทแร็ค (Selective Pallet Rack) เนื่องจากสามารถเข้าถึงสินค้าได้ทุกตำแหน่ง ตอบสนองกับนโยบายการหมุนเวียนสินค้าทุกแบบ แต่มีข้อจำกัดคือต้องเสียพื้นที่ประมาณครึ่งหนึ่งเพื่อเป็นช่องทางในการเข้าไปหยิบสินค้า

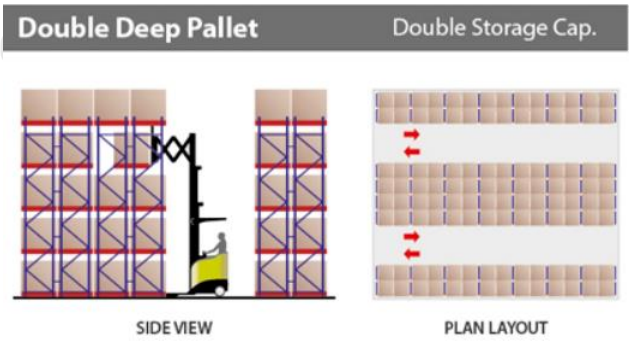
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2-4 ซิงเกิลดีพพาเลทแร็ค [11]

- ดับเบิ้ลดีพพาเลทแร็ค (Double Deep Pallet Rack) เป็นอุปกรณ์จัดเก็บสินค้าลักษณะใกล้เคียงพาเลทแร็คโดยแต่ละตำแหน่งสามารถเก็บสินค้าได้ 2 พาเลท จุดเด่นคือสามารถเก็บสินค้าได้จำนวนมากกว่าพาเลทแร็ค แต่สินค้าที่อยู่ช่องเดียวกันควรเป็นสินค้าชนิดเดียวกัน มิฉะนั้นอาจต้องมีการสลับตำแหน่งก่อน และอาจประยุกต์กับนโยบายการหมุนเวียนสินค้าแบบ First In First Out (FIFO) ค่อนข้างยาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 2-5 ดับเบิ้ลดีพพาเลทแร็ค [11]

- อุปกรณ์จัดเก็บสินค้าแบบอัตโนมัติ (Automatic Storage Equipment) เป็นอุปกรณ์ที่ถูกนำเข้ามาใช้เพื่อลดการเคลื่อนที่ของพนักงาน และ

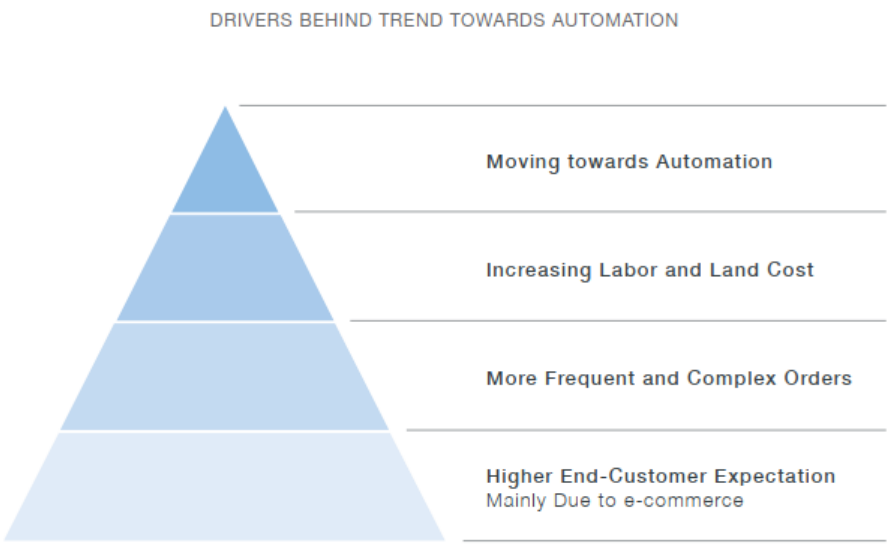
นำเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อให้เหมาะกับสภาพการทำงานในคลังสินค้า โดยตัวอย่างเช่น ระบบ AS/RS ซึ่งเป็นระบบที่มีความซับซ้อนอาศัยการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์หลายชนิด ได้แก่ ชั้นเก็บสินค้า เครน อุปกรณ์ตักงาโลหะและระบบสายพานที่ใช้ขนถ่าย ระบบ AS/RS มี 3 ประเภท ได้แก่

- ยูนิตโหลด AS/RS เป็นระบบ AS/RS ขนาดใหญ่ ใช้เก็บสินค้าที่จัดเรียงบทพาเลท เป็นที่นิยมในคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า มักนำมาใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ลำเลียงวัสดุอัตโนมัติเพื่อให้การทำงานเป็นไปในระบบ Goods-To-Man เช่น RGV
- มินิโหลด AS/RS เป็นระบบ AS/RS สำหรับสินค้าที่บรรจุในกล่อง หรือโททพลาสติก
- High Speed Buffer AS/RS เป็นระบบ AS/RS ที่ใช้จัดเก็บสินค้าชั่วคราวระหว่างการรับและการจัดส่งสินค้า มักเก็บในรูปโททพลาสติกเพื่อรอการจัดส่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 การใช้ระบบอัตโนมัติในคลังสินค้า

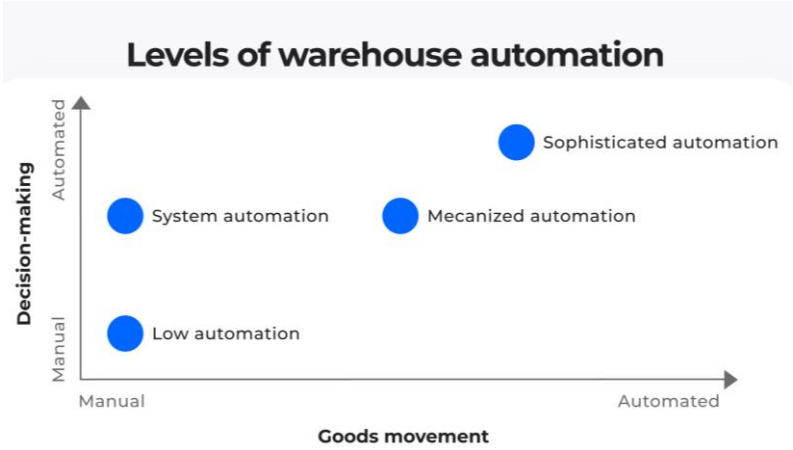
การบริหารระบบคลังสินค้ามีความสำคัญต่อธุรกิจอย่างมาก คลังสินค้าในปัจจุบันไม่ใช่เพียงพื้นที่เก็บสินค้าเท่านั้น แต่สามารถเป็นศูนย์กระจายสินค้า หรือดำเนินกิจกรรมที่สร้างมูลค่าอื่นๆ ได้ด้วยการบริหารจัดการที่มีการนำเทคโนโลยีต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อช่วยให้การจัดเก็บและขนถ่ายสินค้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำ รวมไปถึงการนำระบบการวิเคราะห์ข้อมูลเข้ามาใช้เพื่อลดกระบวนการบันทึกข้อมูลซ้ำซ้อน และเพื่อวางกลยุทการตลาด เป็นต้น



รูปที่ 2-6 ปัจจัยที่นำไปสู่การเป็นคลังสินค้าอัตโนมัติ [12]

จากรูปที่ 2-6 ปัจจัยที่นำไปสู่การเป็นคลังสินค้าอัตโนมัติมีหลายด้านด้วยกัน โดยปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการปรับตัวของคลังสินค้าสูงสุดคือปัจจัยด้านความคาดหวังของผู้บริโภคที่สูงขึ้น รองลงมาคือการทำงานรูปแบบเดิมซ้ำๆ และการเพิ่มขึ้นของค่าใช้จ่ายด้านแรงงานและสถานที่ ตามลำดับ โดยระบบอัตโนมัติที่ใช้งานในคลังสินค้าแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ 1.ระบบอัตโนมัติสำหรับการตัดสินใจ 2. ระบบอัตโนมัติสำหรับการขนถ่ายสินค้า ซึ่งระดับความเป็นอัตโนมัติของคลังสินค้าแบ่งได้เป็น 4 ระดับ [12] ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2-7 ระดับความเป็นอัตโนมัติของคลังสินค้า [12]

- ระดับ Low Automation เป็นรูปแบบคลังสินค้าที่มีความเป็นอัตโนมัติต่ำ การดำเนินงานส่วนใหญ่ใช้แรงงานคนและเครื่องมือพื้นฐาน เอกสารส่วนใหญ่เป็นกระดาษที่พิมพ์ออกมา การตัดสินใจในกระบวนการทำงานทั้งหมดเกิดขึ้นโดยพนักงาน
- ระดับ System Automation เป็นรูปแบบคลังสินค้าที่มีการใช้ระบบอัตโนมัติในการตัดสินใจ ซึ่งในที่นี้คือการใช้ระบบ WMS ในการบริหารจัดการคลังสินค้า เมื่อมีการนำระบบ WMS เข้ามาใช้งาน ช่วยให้คลังสินค้าสามารถใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีอื่นๆได้ เช่น การใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ส่งสัญญาณคลื่นวิทยุเคลื่อนที่ (Mobile Radio Frequency) ในการตรวจสอบข้อมูลสินค้าและยืนยันจำนวนสินค้าแทนการบันทึกข้อมูลในกระดาษ และการใช้งานร่วมกับระบบหยิบสินค้า เช่น Put-To-Light และ Pick-To-Light เป็นต้น
- ระดับ Mechanized Automation เป็นรูปแบบคลังสินค้าที่มีการใช้ทั้งระบบอัตโนมัติในการตัดสินใจ และใช้อุปกรณ์สำหรับการขนถ่ายสินค้ามาหาพนักงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(Goods-To-Man) เช่น การใช้ระบบสายพานลำเลียงสินค้า (Conveyors) เพื่อลดระยะทางการเดินของพนักงานและเพิ่มอัตราการหยิบสินค้า และการใช้ AS/RS ในการจัดเก็บและเบิกสินค้าจากพื้นที่จัดเก็บ เป็นต้น

- ระดับ Sophisticated Automation หรือ Advanced automation เป็นรูปแบบคลังสินค้าที่มีการใช้ระบบอัตโนมัติขั้นสูงเพื่อลดการเคลื่อนที่ของพนักงาน โดยมีการใช้ระบบอัตโนมัติที่สามารถใช้ตรรกะในการตัดสินใจที่ซับซ้อนได้ ในระดับนี้นอกจากมีการใช้สายพานลำเลียง ยังมีการนำระบบอัตโนมัติมาใช้ในกระบวนการทำงานอื่นๆ เช่น การคัดแยกสินค้า (Automatic Sorters) การใช้หุ่นยนต์ในกิจกรรมหยิบสินค้า (Robotic Picking) การใช้เครื่องบรรจุสินค้าบนพาเลท (Automatic Palletizer) การใช้ AGV หรือ RGV เป็นต้น

2.3 พาหนะลำเลียงวัสดุอัตโนมัติ RGV และ AGV

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่กล่าวข้างต้น RGV เป็นพาหนะลำเลียงวัสดุอัตโนมัติที่มีการนำเข้ามาใช้งานในคลังสินค้าขนาดใหญ่หลายแห่ง โดยมีจุดประสงค์ในการลดขั้นตอนการทำงานที่มีการทำซ้ำๆ และลดการเคลื่อนที่ของพนักงาน รวมไปถึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลำเลียงสินค้าให้สูงขึ้น ทั้งนี้ยังมีอุปกรณ์ลำเลียงวัสดุอัตโนมัติชนิดอื่นที่มีรูปแบบการทำงานใกล้เคียงกับ RGV ได้แก่ AGV โดยอุปกรณ์ทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันที่รูปแบบการนำทาง และความเป็นอิสระในเส้นทางลำเลียง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.1 RGV

RGV เป็นพาหนะลำเลียงวัสดุอัตโนมัติที่ออกแบบมาเพื่อเพิ่มอัตราในการเคลื่อนย้ายวัสดุให้สูงขึ้น เนื่องจาก RGV เคลื่อนที่บนรางที่มีเส้นทางและตำแหน่งการรับ-ส่งพาเลทสินค้าที่แน่นอนจึงสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็ว การทำงานในคลังสินค้าระบบของ RGV จะมีการทำงานสอดประสานกับระบบ Unit Load AS/RS และ สถานี PD ในการรับคำสั่งงาน

RGV แต่ละตัวประกอบด้วย 5 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ ส่วนของไฟฟ้าภายในตัวรถ (Power Box) อุปกรณ์รับส่งสินค้าจากสถานีงาน (Transfer Equipment) ตัวยานพาหนะ (Vehicle) และ อุปกรณ์รับกระแสไฟเข้าตัวรถ (Power Supply Trolley) นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานหรือลดอุบัติเหตุได้ด้วย ตัวอย่างเช่น การติดตั้งเซ็นเซอร์ (sensor) สำหรับตรวจจับตำแหน่งพาเลทบน RGV เพื่อป้องกันการล้มของสินค้าระหว่างลำเลียง เป็นต้น [13]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

พนักงานสามารถควบคุมและตรวจสอบการทำงานของ RGV ได้โดยการใช้โปรแกรมระบบ SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) ซึ่งทำหน้าที่แสดงภาพรวมสถานการณ์ทำงานของเครื่องจักรในระบบแบบ Real-Time โดยโปรแกรมดังกล่าวสามารถตรวจสอบตำแหน่งของ RGV แต่ละตัว แสดงสถานะต่างๆที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ รวมไปถึงพนักงานสามารถควบคุมการทำงาน และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบผ่านหน้าจอควบคุม นอกจากนี้กรณีอุปกรณ์บางตัวเกิดปัญหา RGV ทั้งหมดจะหยุดการเคลื่อนที่เพื่อไม่ให้เกิดการชนกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำ RGV ตัวที่มีปัญหาออกจากระบบ โดยพนักงานจะนำ RGV ออกจากเส้นทางการ

ลำเลียงไปยังสถานีซ่อมบำรุงที่อยู่ใกล้ที่สุดและดำเนินการซ่อมบำรุงต่อไป โดยรูปแบบการนำ RGV ไปประยุกต์ใช้งาน แบ่งได้ 3 ระบบ [14] ดังนี้

- ระบบ RGV เดี่ยว เป็นการใช้ RGV หนึ่งตัวลำเลียงในเส้นทางแบบแนวตรง หรือลำเลียงในเส้นทางรูปตัวแอล (L-Loop) เพื่อลำเลียงพาเลทระหว่างสถานี PD และพื้นที่จัดเก็บ
- ระบบ RGV คู่ เป็นการใช้ RGV สองตัวลำเลียงแบบแนวตรง ซึ่งระบบนี้ช่วยเพิ่มอัตราการลำเลียงได้ถึงร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับระบบ RGV เดี่ยว และสามารถทำงานเป็นระบบ RGV เดี่ยวได้ในช่วงที่มีการซ่อมบำรุง
- ระบบเวียนโดยใช้ RGV หลายตัว ระบบนี้เหมาะสำหรับศูนย์กระจายสินค้าขนาดใหญ่ ซึ่งมักนำไปใช้ทำงานร่วมกับระบบ AS/RS และระบบลำเลียงวัสดุรูปแบบอื่น

รูปที่ 2-8 RGV ขณะรับ-ส่ง พาเลท

2.3.2 AGV

AGV เป็นพาหนะลำเลียงวัสดุอัตโนมัติที่ออกแบบมาเพื่อเพิ่มความคล่องตัว และเพิ่มประสิทธิภาพในการขนย้ายวัสดุระยะไกล AGV แต่ละคันมีอิสระต่อกัน สามารถขับเคลื่อนได้โดย

ไม่ต้องมีคนขับโดยถูกควบคุมและกำหนดเส้นทางการลำเลียงด้วยระบบคอมพิวเตอร์ AGV เส้นทางการเคลื่อนที่ของ AGV มีความยืดหยุ่นสูงเนื่องจากสามารถใช้วิธีการนำทางได้หลายรูปแบบ เช่นการใช้เลเซอร์ เส้นลวด แถบสี แถบแม่เหล็ก เป็นต้น

AGV แต่ละตัวประกอบด้วย 7 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ ส่วนของตัวรถ อุปกรณ์ตรวจเช็คเส้นทาง (Guided sensor) อุปกรณ์ตรวจเช็คความปลอดภัย (Safety sensor) ต้นกำลัง (Motor) ส่วนของไฟฟ้าภายในตัวรถ (Power supply) ส่วนของอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power electronics) ตัวควบคุม (Controller)

ปัจจุบัน AGV มีหลายรูปแบบตามประเภทการใช้งาน ตัวอย่างเช่น ประเภทระบบลำเลียงแบบโซ่ (Chain Conveyor) ประเภทระบบลำเลียงแบบลูกกลิ้ง (Roller Conveyor) ประเภทโฟล์ค (Fork) ประเภทบรรทุก (Tunnel Tow) ประเภทลากจูง (Front Tow) ประเภท Mini-load เป็นต้น [15]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

G.C. Co และคณะ ได้จัดประเภทของนโยบายการรับคำสั่งงานของ AGV เป็น Dispatching และ Routing and scheduling [16] โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Dispatching เป็นนโยบายในการมอบหมายคำสั่งงานให้กับ AGV โดยเงื่อนไขของการมอบหมายงานมีรูปแบบตามปัจจัยต่างๆ ร่วมกัน ดังนี้
  - ระดับของความเป็นอัตโนมัติในการควบคุม
    - Manual ต้องมีพนักงานในการควบคุม
    - Automatic ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ

- จำนวนจุดรับและสงงาน
    - One-to-One รับ 1 จุด ส่ง 1 จุด
    - One-to-Many รับ 1 จุด ส่งหลายจุด
    - Many-to-One รับหลายจุด ส่ง 1 จุด
    - Many-to-Many รับหลายจุด ส่งหลายจุด
- สถานะของพาหนะ
    - AGV ที่ได้รับคำสั่งงาน และ AGV ที่ไม่ว่าง จะสนใจแค่งานที่กำลังได้รับมอบหมาย
    - AGV ที่ไม่ถูกสั่งงาน ณ ขณะนั้นเทานั้นที่จะถูกจ่ายงาน โดยแบ่งได้ 2 รูปแบบ คือ งาน 1 งาน ต่อ AGV หลายตัว และงานหลายงาน ต่อ AGV 1 ตัว
- ลักษณะความต้องการในการขนส่ง
    - Static Or Steady State มีความคงที่
    - Stochastic สโทแคสติก
- ความสามารถในการลำเลียง
    - Single Load ลำเลียงงาน 1 ชิ้น
    - Multiple Load ลำเลียงงานหลายชิ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- Routing and scheduling

ระบบของ AGV สามารถจำลองได้เป็นลักษณะของกราฟที่ประกอบด้วยโหนด (Node) เชื่อมต่อกัน ซึ่ง Node เหล่านี้แสดงถึงจุด

ต่างๆ ในเส้นทางการขนส่ง เช่น ทางแยก และสถานีงาน โดยในการเลือกเส้นทางเพื่อขนส่งจาก Node หนึ่งไปยังอีก Node หนึ่งมีรูปแบบตามการรวมกันของกระบวนการทำงาน ดังนี้

- Routing เป็นการเลือกของเสนทางลำเลียงที่เหมาะสม
- Scheduling เป็นการจัดเวลาหรือลำดับในการเข้า-ออกสถานีงานของ AGV เพื่อไม่ให้มีการชนกันเกิดขึ้น

รูปที่ 2-9 AGV ขณะลำเลียงพาเลท [15]

2.4 การสร้างแบบจำลอง

การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) เป็นการศึกษาพฤติกรรมของระบบจริง (Real System) ด้วยซอฟท์แวร์คอมพิวเตอร์เพื่อเชื่อมโยงกับแนวคิดทางทฤษฎี กระบวนการจำลองปัญหาแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ การสร้างแบบจำลอง และการนำแบบจำลองมาใช้ในการวิเคราะห์ การจำลองสถานการณ์มักถูกนำมาใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาต่างๆ รวมถึงนำมาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

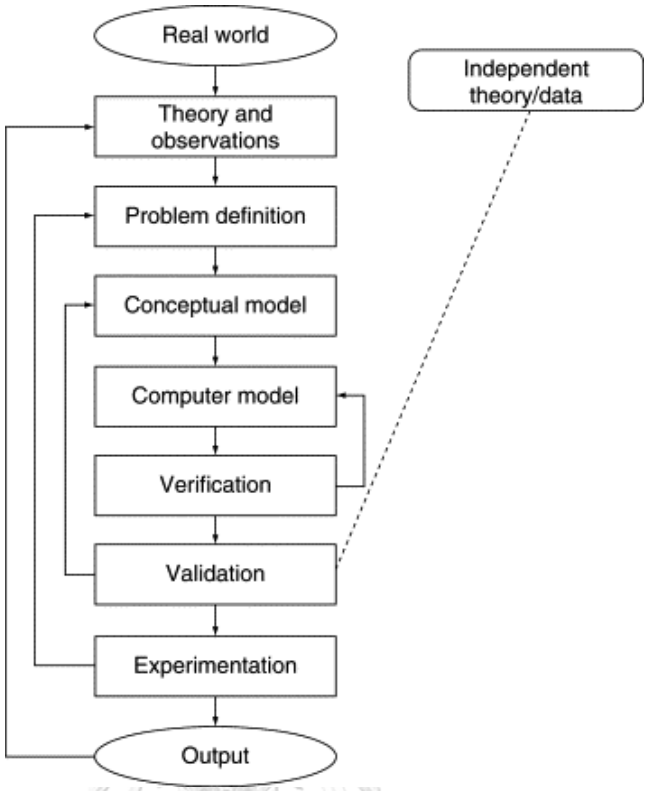
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเภทของระบบที่มาศึกษาสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ ระบบต่อเนื่อง (Continuous Systems) และระบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Systems) ซึ่งระบบทั้งสองแบบต่างกันที่ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล กล่าวคือ ระบบต่อเนื่อง ระบบจะมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ต่างจากระบบไม่ต่อเนื่อง ที่ระบบจะมีการเปลี่ยนแปลงตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น [17]

โดยทั่วไปแบบจำลอง (Model) ที่ถูกสร้างขึ้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ ตามจุดมุ่งหมายในการสร้าง ได้แก่

- แบบจำลองยุทธวิธี (Tactical Models) มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนากระบวนการทำงานในอดีตที่เฉพาะเจาะจงใดๆ
- แบบจำลองการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing Models) มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำมาใช้เพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในอดีตของระบบ โดยมักทำการการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองกับผลลัพธ์ที่ได้จากระบบจริง
- แบบจำลองแบบฮิวริสติก (Heuristic Models) มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการพฤติกรรมกระบวนการบางอย่างเพื่อจุดประสงค์ในการสร้างทฤษฎีหรือกฎในการตัดสินใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2-10 กระบวนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ [18]

จากรูปที่ 2-12 กระบวนการสร้างแบบจำลองประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1.ศึกษาข้อมูลจากระบบจริง (Real-World Observations) และเนื้อหาทฤษฎี 2.กำหนดปัญหา (Problem Definition) 3.สร้างแนวคิดของแบบจำลองที่คิดว่าสามารถใช้งานได้ (Conceptual Model) 4.นำแนวคิดของแบบจำลองมาสร้างแบบจำลองในคอมพิวเตอร์ (Computer Model) 5.ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่สร้างในคอมพิวเตอร์ (Verification) 6.ทดสอบความแม่นยำของแบบจำลอง (Validation) 7.นำแบบจำลองมาใช้ในการทดสอบและ/หรือวิเคราะห์ข้อมูลตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ (Experimentation) [18]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากรูปแบบการทำงานที่ใกล้เคียงกันของ RGV และ AGV งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในงานงานวิจัยนี้จึงประกอบด้วย 2 ส่วน คือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ RGV และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ AGV

2.5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ RGV

S.G. Lee และคณะ ได้สร้างแบบจำลองเพื่อศึกษารูปแบบการทำงานและประสิทธิภาพของระบบ AS/RS ที่มี RGV เป็นพาหนะลำเลียงวัสดุ รูปแบบรางเป็นวงปิด การมอบหมายงานเป็นแบบ First-Come-First-Served (FCFS) และจะให้ RGV ที่ใกล้ที่สุดและใช้น้อยที่สุดเข้ามารับงาน โดยโมเดลของระบบ AS/RS ถูกสร้างด้วยโปรแกรม ARENA จากผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มจำนวนของสายพานลำเลียงของพื้นที่จัดเก็บจาก 1 เป็น 2 สามารถลดจำนวนการหยุดชะงัก (Deadlocks) ของ RGV ประมาณ 94% ส่วนการปรับรูปแบบเส้นทางลำเลียงจากวงปิด 1 วง แบ่งเป็น 2 วง สามารถลดจำนวน RGV ที่นำมาใช้งานได้ [19]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ต่อมา **M. Calzavara และคณะ** ได้สร้างแบบจำลองระบบ RGV ที่มีหน้าที่สำเลียงสินค้าให้ระบบ parts-to-picker แบบอัตโนมัติ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณงานที่สามารถหยิบได้ไม่เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามจำนวน RGV เนื่องจากปัญหาความแออัด [20]

C. Ding และคณะ ได้ศึกษาอัลกอริทึมในการจัดตารางงานของ RGV เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และได้เสนอว่าวิธีการจัดตารางแบบ GBDT-foresight stepping model ซึ่งเป็นการจำลองและคาดคะเนการทำงานของ RGV โดยพิจารณาเหตุการณ์ที่อาจ

เกิดขึ้นล่วงหน้าและการปรับตารางการทำงานของ RGV เป็นวิธีที่สามารถนำไปใช้ได้จริงและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ระบบลำเลียงสินค้า [21]

2.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ AGV

M. Qi และคณะ ได้ศึกษาเปรียบเทียบนโยบายการทำงาน 2 รูปแบบ ของ AGV คือ นโยบายหลีกเลี่ยง Deadlock และนโยบายตรวจจับ Deadlock ผลการวิจัยพบว่านโยบายการหลีกเลี่ยง Deadlock ได้ผลดีกว่านโยบายการตรวจจับ Deadlock ทั้งในเลย์เอาต์แบบทิศทางเดียวและแบบสองทิศทาง นอกจากนี้ยังได้ศึกษาแบบจำลองความหนาแน่นของงานโดยควบคุมปัจจัยด้านเลย์เอาต์ให้เป็นแบบทิศทางเดียวเท่านั้น ผลการศึกษาพบว่าการกระจายปริมาณงานให้มีความถี่พอๆกัน AGV จึงจะใช้งานได้ประสิทธิภาพดีที่สุด [22]

J. Heger และคณะ ได้สร้างแบบจำลองศึกษาผลที่ได้จากการพิจารณาปัจจัยด้านการจัดลำดับความสำคัญในการรับคำสั่งงาน และการกำหนดเส้นทาง ในระบบการผลิตที่ยืดหยุ่น พบว่าปัจจัยทั้งสองมีแนวโน้มที่จะปฏิสัมพันธ์ต่อกัน สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ต่อได้โดยการสร้างแบบจำลองที่พิจารณาระดับของแต่ละปัจจัยมากพอ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบโดยการพิจารณาจากเวลาล่าช้า (tardiness) [23]

M. Saidi-Mehrabad และคณะ ได้ใช้แบบจำลองสถานการณ์ Monte Carlo (Monte Carlo Simulation) ในการศึกษาเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือของการคำนวณแบบมาร์โกเวียนแบบดั้งเดิม และวิธีโครงข่ายประสาท ของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นที่มี AGV เนื่องจากวิธีการนี้มักถูกใช้เมื่อโมเดลมีความซับซ้อน มีลักษณะที่ไม่เชิงเส้นหรือมีพารามิเตอร์ที่ไม่แน่นอน โดย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

งานวิจัยได้วัดผลในส่วนความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร และความน่าเชื่อถือของระบบ AGV โดยผลจากการจำลองสถานการณ์พบว่าวิธีการคำนวณแบบเครือข่ายประสาทมีประสิทธิภาพดีกว่าในการคำนวณการคำนวณแบบดั้งเดิมของโมเดลมาร์โกเวียน [24]

K. H. Kim และคณะ ได้ศึกษาเปรียบเทียบนโยบายการมอบหมายงานให้กับ AGV โดยใช้กฎ Look-Ahead Dispatching Procedure (LADP) เป็นการจัดรายการมอบมหายงานให้ AGV ล่วงหน้า โดยพิจารณาตัวที่ใกล้จะถึงปลายทางของงานที่ลำเลียงอยู่ร่วมกับ AGV ตัวที่ว่าง เทียบกับนโยบายการมอบงานทั่วไปสามรูปแบบ ได้แก่ เวลา/ระยะทางในการเดินทางที่สั้นที่สุด (Shortest travel time/distance : STT/D) เวลาที่ครบกำหนดส่งมอบที่เร็วที่สุด (Earliest due date : EDD) และกฎการดำเนินการที่ใกล้จะเสร็จสิ้นที่สุด (The revised shortest imminent operation rule : r-SI) ซึ่งในบรรดากฎทั่วไปทั้งสามรูปแบบ STT/D ให้เวลาเดินทางรวมต่ำสุด อย่างไรก็ตาม LADP ลดเวลาการเดินทางลงจาก STT/D ได้อีก 75%–85% [25]

J. Tanchoco และคณะ ได้ศึกษาลักษณะเส้นทางลำเลียงของ AGV สามรูปแบบ คือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- Conventional Guide Path System เป็นรูปแบบเส้นทางที่เชื่อมต่อทุกสถานีงาน ประกอบด้วย เส้นทางตรง ทางโค้ง ทางแยก และทางลัด
- Tandem guide path system เส้นทางการลำเลียงมีการแบ่งหลายวงตามพื้นที่
- Single loop system เส้นทางลำเลียงเป็นแบบวงปิดเดียว

พบว่า ระบบ Tandem guide path มีข้อดีคือการลดความแออัด การกีดขวาง และการรบกวนอันเนื่องมาจากการจราจรหนาแน่น แต่มีข้อเสียคือต้องมีเส้นทางเป็นวงปิดหลายวงตามพื้นที่ที่แย่ง และเมื่อเส้นทางใดที่ AGV ขัดข้องงานในส่วนนั้นอาจจะไม่สามารถดำเนินการได้เลย งานที่ได้ของระบบ Single loop ลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับระบบ Conventional Guide Path ในเรื่องนี้จำเป็นต้องมียานพาหนะจำนวนมากขึ้นเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ยอมรับได้ แต่รูปแบบเส้นทางของระบบ Single loop สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาทางแยกบนเส้นทางได้ และลดความซับซ้อนในการคำนวณลงได้มาก และทำให้ต้นทุนสุดท้ายลดลง [26]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2-1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Author	Title	ปี	Vehicle		Area	Loop Type	Policy/ Study	Performance Indicator	Final Implement
			RGV	AGV					
S.G. Lee, et al. [19]	Simulation modelling of a narrow aisle automated storage and retrieval. system (AS/RS) serviced by rail-guided vehicles	1996	•		Warehouse	Single loop	Layout Conveyer Number	Utilization RGV Number	Simulation
M. Calzavara, et al. [20]	Modelling of Rail Guided Vehicles serving an automated parts-to-picker system	2018	•		Warehouse	Single loop	RGV Number Conveyer Number	Picking throughput Deadlocks	Simulation
C.Ding, et al. [21]	Optimal strategy for intelligent rail guided vehicle dynamic scheduling	2020	•		Warehouse	Straight lines	scheduling	Waiting time Utilization	Simulation Optimization

Author	Title	ปี	Vehicle		Area	Loop Type	Policy/Study	Performance Indicator	Final Implement
			RGV	AGV					
J. Heger, et al. [22]	Reducing mean tardiness in a flexible job shop containing AGVs with optimized combinations of sequencing and routing rules	2019		•	Flexible manufacturing system	Conventional	Sequencing Routing	Mean tardiness	Simulation
M. Qi, et al. [23]	On the evaluation of AGVS-based warehouse operation performance	2018		•	E-commerce warehouse	Conventional	Layout Traffic-control Task Density	Throughput	Simulation
M. Saidi-Mehrabad, et al. [24]	Monte Carlo Simulation to Compare Markovian and Neural Network Models for Reliability Assessment in Multiple AGV Manufacturing System	2016		•	Flexible manufacturing system	Conventional	computation method	Model accuracy	Simulation

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Author	Title	ปี	Vehicle		Area	Loop Type	Policy/Study	Performance Indicator	Final Implement
			RGV	AGV					
K. H. Kim., et al. [25]	A Look-Ahead Dispatching Method for Automated Guided Vehicles in Automated Port Container Terminals	2004		•	Port Container Terminals	Conventional	Dispatching rules	Throughput Travel time	Simulation
J. Tanchoco, et al. [26]	The centroid projection method for locating pick-up and delivery stations in single loop AGV systems	1992		•	Warehouse	Conventional	Layout	Throughput	Simulation

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn University

บทที่ 3

บริษัทกรณีศึกษาและการรวบรวมข้อมูล

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงข้อมูลของศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา ข้อมูลเฉพาะของ RGV และสถานีงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งนำไปสู่แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลการลำเลียงสินค้า และแนวทางการปรับปรุงรูปแบบการทำงาน ก่อนนำไปประยุกต์เพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์ที่นำเสนอในบทถัดไป

3.1 ข้อมูลทั่วไปของศูนย์กระจายสินค้าบริษัทกรณีศึกษา

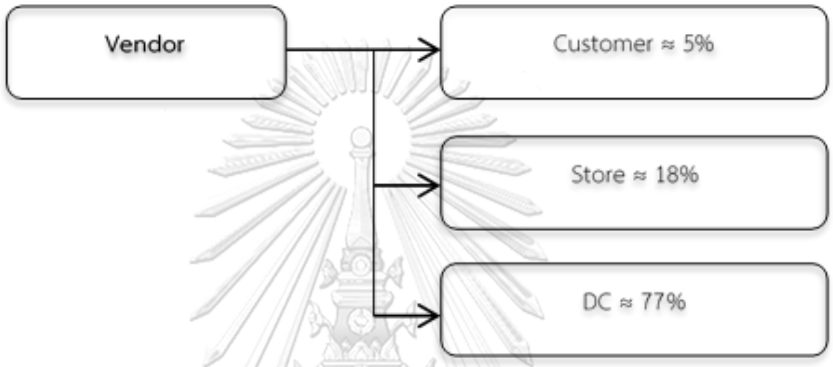
บริษัทกรณีศึกษาดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการค้าปลีกวัสดุตกแต่งบ้าน รวมถึงการให้บริการ ด้านการก่อสร้าง ต่อเติม ตกแต่ง ซ่อมแซม ติดตั้ง ตรวจเช็ค ปรับปรุง ที่อยู่อาศัยแบบครบวงจร (One Stop Shopping Home Center) โดยบริษัทกรณีศึกษาได้มีการขยายธุรกิจอย่างต่อเนื่องเพื่อรองรับการเจริญเติบโตของสังคมเมือง ด้วยจุดมุ่งหมายนเป็นผู้นำในกลุ่มธุรกิจโฮมเซ็นเตอร์ การบริหารจัดงานภายในการศูนย์กระจายสินค้าจึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่จะทำให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.1.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัท

บริษัทกรณีศึกษาจัดจำหน่ายสินค้า 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ Hard Line เป็นสินค้ากลุ่มหลักของบริษัท ได้แก่ กระเบื้องและสุขภัณฑ์ สินค้าวัสดุก่อสร้างและเครื่องมือ อุปกรณ์ไฟฟ้า และ Soft Line ได้แก่ เครื่องนอน สินค้าตกแต่ง ผ้าขนหนู โดยภาพรวมของรายได้ส่วนใหญ่มาจากสินค้าในกลุ่ม Hard Line

รูปแบบการกระจายสินค้าของบริษัทมีกระจายสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังร้านค้าสาขา และการจัดส่งไปบ้านลูกค้าโดยตรง นอกจากนี้ยังมีการจัดส่งสินค้าไปสาขาและบ้านลูกค้าโดยตรงจากผู้ผลิตแบบไม่ผ่านศูนย์กระจายสินค้า แสดงเป็นสัดส่วนการกระจายสินค้าจากผู้ผลิตไปยังส่วนต่างๆ เพื่อรองรับยอดขายของบริษัทกรณีศึกษาดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 สัดส่วนการกระจายสินค้าจากผู้ผลิต

Vendor ของศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ Vendor ในประเทศ คิดเป็น 92% ของรายการสินค้า และ Vendor ต่างประเทศคิดเป็น 8% ของรายการสินค้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1.2 ศูนย์กระจายสินค้า

ศูนย์กระจายสินค้าหลักของบริษัทที่ตั้งอยู่ที่ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พื้นที่ทั้งหมด 250 ไร่ มีการนำเทคโนโลยีระบบคลังสินค้าอัตโนมัติเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ลดพื้นที่การจัดเก็บสินค้า และควบคุมการทำงานผ่านระบบคอมพิวเตอร์

ภายในศูนย์กระจายสินค้ามีการแบ่งการดำเนินงานเป็น 3 กะ ศูนย์กระจายสินค้าแห่งนี้รับผิดชอบกระจายสินค้าให้กับร้านสาขาทั่วประเทศ ผ่านการจัดส่งสินค้าให้สาขาโดยรถบรรทุก 10 ล้อ 6 ล้อ และ 4 ล้อ และรับผิดชอบงาน DS โดยการจัดส่งสินค้าไปยังบ้านลูกค้าโดยตรง ทั้งนี้หน้าที่ในการกำหนดประเภทสินค้า และจุดสั่งของแต่ละสาขา เป็นหน้าที่ของหน่วยงานจัดซื้อ Inventory Management (IM)

ศูนย์กระจายสินค้ามีความรับผิดชอบการกระจายสินค้ามากกว่า 100 สาขาในประเทศไทย และประเทศเพื่อนบ้าน โดยมีสัดส่วนการกระจายสินค้า 77% ของมูลค้าสินค้าทั้งหมด ปัจจุบันศูนย์กระจายสินค้าประกอบด้วยอาคาร 7 หลัง ดังแสดงในรูปที่ 3-2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3-2 พื้นที่ภายในศูนย์กระจายสินค้าบริษัทกรณีศึกษา

จากรูปที่ 3-2 ปัจจุบันศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทมีพื้นที่สำหรับการจัดเก็บทั้งสิ้น 221,888 Pallet Position (PP) ซึ่งเป็นการจัดเก็บบน Selective Rack 144,988 PP และ Automation 77,000 PP โดยแบ่งพื้นที่ในศูนย์กระจายสินค้าออกเป็น 7 โซน ดังนี้

- DC1 เก็บสินค้ากลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้า (MA) และสินค้าชิ้นใหญ่ มีพื้นที่ 19,260 ตร.ม.
- DC2 เก็บสินค้ากลุ่มเฟอร์นิเจอร์ และเครื่องมือ มีพื้นที่ 25,380 ตร.ม.
- DC3 เก็บสินค้ากลุ่มกระเบื้องทั้งหมด (FC) มีพื้นที่ 20,070 ตร.ม.
- DC4 แบ่งพื้นที่จัดเก็บออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้
    - DC4.1 เก็บสินค้ากลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้า (MA) และสินค้าชิ้นใหญ่
    - DC4.2 เก็บสินค้ากลุ่มเฟอร์นิเจอร์ และเครื่องมือ
    - DC4.3 เก็บสินค้ากลุ่มกระเบื้อง และสุขภัณฑ์
- DC5 เก็บสินค้ากลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้า (MA) และเก็บสินค้าสำหรับกิจกรรม eCommerce มีพื้นที่ 21,560 ตร.ม.
- DC6 เก็บสินค้าทุกกลุ่มที่ไม่ใช่กระเบื้อง (Non-FC) พื้นที่ 26,934 ตร.ม.
- DC7 ศูนย์กระจายสินค้าให้เช่าสำหรับ Vendor

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เพื่อเป็นการรองรับการเติบโตของบริษัทในอนาคต รวมถึงผลกระทบจากปัญหาด้านการขาดแคลนแรงงาน อัตราค่าแรงที่เพิ่มขึ้นและการแข่งขันด้านแรงงานในพื้นที่ บริษัทจึงเกิดแนวคิดที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการนำระบบขนถ่ายอัตโนมัติมาใช้ในการดำเนินงานภายในศูนย์กระจายสินค้าร่วมกับการขยายศูนย์กระจายสินค้า ซึ่งปัจจุบันคือศูนย์กระจายสินค้า DC6

3.2 ศูนย์กระจายสินค้า DC6

ศูนย์กระจายสินค้า DC6 เป็นศูนย์กระจายสินค้ากึ่งอัตโนมัติ จัดเก็บสินค้า 3 กลุ่ม ดังนี้ สินค้ากลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือ Home Appliance (HA) และ The Power (PC) เช่น เครื่องซักผ้า ตู้เย็น และเตาไมโครเวฟ เป็นต้น และสินค้ากลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ หรือ P04 (MA+VS) เช่น โทรทัศน์ LED สินค้าชิ้นเล็ก (Pick Face) เช่น หลอดไฟ ไขควง และเครื่องทำน้ำอุ่น และสินค้ากลุ่มไม่ใช่กระเบื้อง (Non-FC)

ศูนย์กระจายสินค้า DC6 มีการทำงานตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อกระจายสินค้าให้แก่ 2 ส่วน คือ 1. ส่งสินค้าให้กับสาขา และ 2. ส่งถึงลูกค้าโดยตรง (DS) โดยได้แบ่งรอบเวฟการทำงานจัดสินค้า ออกเป็น 3 รอบการทำงาน ดังนี้ เวฟ 1 (store) เวลา 13:00 – 21:00 น. เวฟ 2 (store) เวลา 04:00 – 13:00 น. และ เวฟ 3 (DS) เวลา 21:00 – 04:00 น.

กิจกรรมภายในศูนย์กระจายสินค้าเริ่มต้นจากการรับสินค้าที่บริเวณพื้นที่รับสินค้า เมื่อนำสินค้าลงจากรถบรรทุกเรียบร้อยแล้ว เจ้าหน้าที่ฝ่ายรับสินค้าจะทำการจัดเรียงสินค้าบนพาเลท ตรวจสอบปริมาณและคุณภาพของสินค้า หากตรงตามใบรับสินค้าจะทำการรับสินค้า โดยสินค้า PT พนักงานจะนำเข้าจัดเก็บใน AS/RS Storage ทั้งนี้การจัดเก็บสินค้า PT จะแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ สินค้ากลุ่ม P04 เช่น ตู้เย็น เครื่องซักผ้า เป็นต้น สินค้าเหล่านี้จะถูกลำเลียงเข้าไปจัดเก็บใน Double Pallet AS/RS

ด้วยรถลากพาเลทไฟฟ้า (Power Pallet truck) เพื่อรอการหยิบและส่งสินค้าออก (Pickup and Deposit : P&D) ส่วนกลุ่มสินค้าขนาดกลางและขนาดใหญ่ จะถูกลำเลียงไปจัดเก็บในพื้นที่จัดเก็บแบบ Double Deep Rack และ Single Deep Rack ด้วย RGV ก่อนลำเลียงออกมาเมื่อมีคำสั่งเบิกสินค้า

เมื่อพิจารณาเฉพาะส่วนสินค้า PT ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษาใช้ RGV ในการลำเลียงสินค้า เนื่องจากจากสามารถเคลื่อนที่ได้รวดเร็ว รับน้ำหนักได้มาก และมีความยืดหยุ่น โดย RGV จะลำเลียงสินค้าไปยังพื้นที่ทำงานส่วนต่างๆ รวมถึงลำเลียงพาเลทเปล่าคืนจากส่วน Picking สำหรับนำมาใช้หมุนเวียนภายในคลัง แทนการใช้พนักงานลากพาเลทไปยังจุดต่างๆ เพื่อให้กระบวนการทำงานภาพรวมของศูนย์กระจายสินค้าเป็นระบบ Goods-To-Man ซึ่งช่วยลดงานในขั้นตอนการจัดเก็บและหยิบสินค้า

เมื่อมีความต้องการสินค้าสินค้า พนักงานจะทำการเบิกสินค้าออกจากพื้นที่จัดเก็บ และลำเลียงด้วย RGV ออกไปยังจุดหยิบสินค้า ซึ่งมีทั้งหมด 2 ส่วน คือ หน่วยหยิบสินค้า U-Pick และจุดเบิกสินค้า Full Pallet โดยสินค้าจะถูกส่งมาในลักษณะ Goods-To-Man เพื่อให้พนักงานหยิบสินค้าแยกตาม Order ของแต่ละสาขา จากนั้นสินค้าที่ถูกจัดแล้วจะถูกเคลื่อนย้ายด้วย PE ไปยังส่วนงานจัดและบรรจุสินค้า (Packing and Wrapping) และส่วนงานจัดส่ง (Shipping) ตามลำดับ นอกจากนี้สินค้า PT บางส่วนจะถูกเบิกออกไปยังจุดแยกสินค้า Full pallet ออกเป็นกล่อง (Replenishment Station) เพื่อเติมสินค้าคงคลังของสินค้า PT ขนาดเล็ก นอกจากนี้ศูนย์กระจายสินค้า DC6 และศูนย์กระจายสินค้า DC5 เชื่อมต่อกัน มีการใช้ RGV ลำเลียงสินค้าระหว่างอาคารด้วยเช่นกัน โดยอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบลำเลียงมีดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2.1 อุปกรณ์จัดกลุ่มสินค้า

อุปกรณ์สำหรับจัดกลุ่มสินค้าหรือสร้างยูนิตโหลด (Unit Load) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการจัดเก็บและขนถ่ายวัสดุให้กับกลุ่มสินค้า และยังช่วยในการประเมินความจุของการจัดเก็บสินค้า ซึ่งวัดได้จากจำนวนที่จัดเก็บไว้ในระบบ โดยอุปกรณ์จัดกลุ่มสินค้าที่เกี่ยวข้องกับ RGV ใน DC6 ได้แก่

3.2.1.1 พาเลทสินค้า

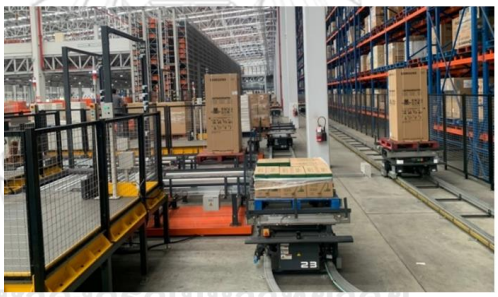
พาเลทสินค้า (Pallet) ขนาด 100 x 120 เซนติเมตร หรือ Standard Pallet ใช้วางสินค้าขนาดกลางและขนาดใหญ่ที่มีความยาวไม่เกิน 120 เซนติเมตร มีตำแหน่งจัดเก็บบน Single Deep Rack และ Double Deep Rack แลใช้วางสินค้าสำหรับส่งไปยังสาขา โดยพาเลทขนาดดังกล่าวที่ศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษานำมาใช้งานเป็นพาเลทไม้

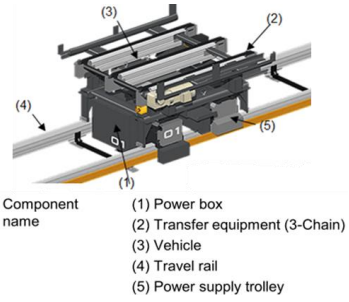
รูปที่ 3-3 Standard Pallet ใน DC6

3.2.1.2 อุปกรณ์จัดกลุ่มขนถ่ายวัสดุ

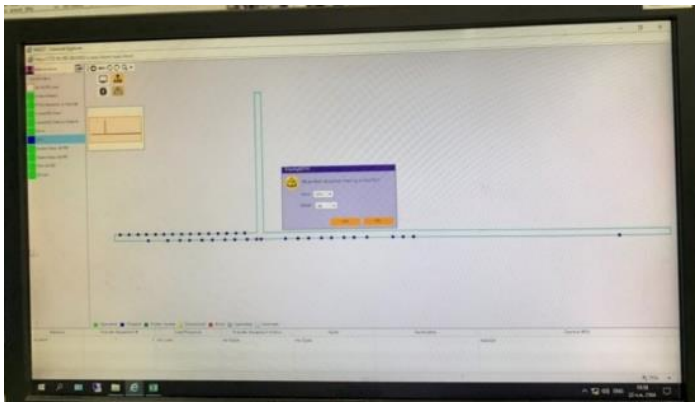
พาเลทสินค้ากลุ่ม Put Away จะถูกลำเลียง 2 รูปแบบด้วยกัน คือ 1.การลำเลียงพาเลทระหว่างพื้นที่จัดเก็บและสถานีงาน และ 2.การลำเลียงพาเลทสินค้าหลังจากงานหยิบสินค้า ซึ่งมีอุปกรณ์จัดกลุ่มขนถ่ายวัสดุที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- RGV : มีหน้าที่ลำเลียงสินค้า Put Away เข้าพื้นที่จัดเก็บ ลำเลียงสินค้าระหว่างพื้นที่จัดเก็บสินค้ากับจุดหยิบสินค้า และเคลื่อนที่ระหว่างอุปกรณ์จัดเก็บเพื่อเติมสินค้าใน Single Deep Rack ให้มีปริมาณอยู่ในค่าที่กำหนด





รูปที่ 3-4 RGV ขณะลำเลียงสินค้า และองค์ประกอบของ RGV



รูปที่ 3-5 หน้าจอแสดงสถานการณ์ทำงานของ RGV

จากรูปที่ 3-5 หน้าจอคอมพิวเตอร์แสดงสถานการณ์ทำงาน (Monitoring and Operating System : MOS) ของ RGV ซึ่งเป็นระบบ SCADA ของบริษัทผู้ผลิต ทำหน้าที่แสดงภาพรวมสถานะการทำงานของเครื่องจักรในระบบ ควบคุมการทำงาน และแสดงปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบ

- รถลากพาเลท (Pallet Truck) : มีหน้าที่ลำเลียงสินค้าจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งไปยังอีจุดหนึ่ง โดย DC6 ใช้รถลากพาเลทระบบใช้ไฟฟ้าโดยมีคนควบคุม ลำเลียงสินค้าขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ทั้งหมดที่รอลำเลียงเข้าสถานี R และลำเลียงพาเลทที่ถูกจัดสินค้าตามคำสั่งซื้อของสาขาเรียบร้อยแล้วออกจากพื้นหยิบสินค้า รวมไปถึงใช้ในการลำเลียงพาเลทเปล่าไปยังจุดต่างๆ

รูปที่ 3-6 Power Pallet Truck ขณะลำเลียงสินค้า

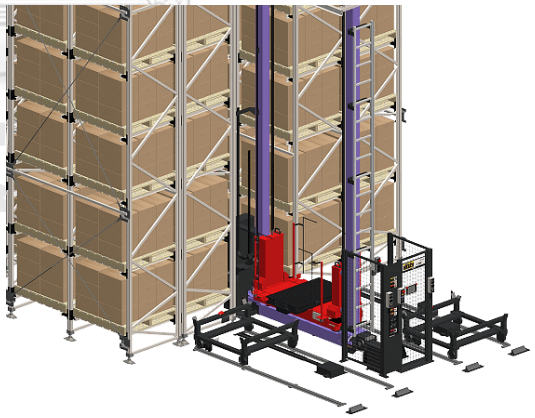
- ระบบสายพานลูกกลิ้งลำเลียง (Roller Conveyer System) : ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายพาเลทสินค้าในสถานีงาน เช่น การเคลื่อนย้ายพาเลทจากจุดรับเข้าสถานีไปยังจุดรอ RGV เพื่อลำเลียงไปยังสถานีงานอื่นที่อยู่

ปลายทาง หรือเคลื่อนย้ายพาเลทสินค้าที่รับจาก RGV เข้ามาสู่สถานี ได้เช่นกัน

3.2.1.3 อุปกรณ์จัดเก็บสินค้า

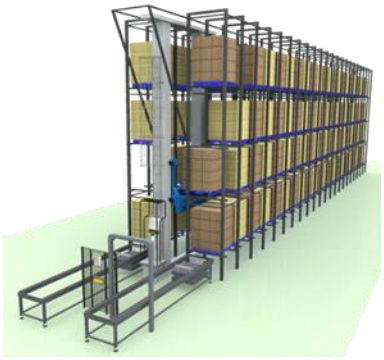
DC6 ได้นำระบบจัดเก็บและเรียกคืนสินค้าอัตโนมัติ AS/RS เข้ามาใช้งาน ช่วยลดระยะเวลา การทำงานและจำนวนพนักงานในการจัดเก็บและหยิบสินค้า โดยแบ่งอุปกรณ์จัดเก็บออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

- Double Deep rack AS/RS ใช้ เครนหยิบสินค้า (Storage and Retrieval Machine : SRM) หนึ่งตัวทำหน้าที่ขนย้ายวัสดุสำหรับชั้นวาง 4 แถว ฝั่งละสองแถว DC6 ใช้พื้นที่จัดเก็บส่วนนี้เป็น Storage AS/RS สำหรับเก็บพาเลทสินค้าที่จะเก็บเป็นเวลานาน



รูปที่ 3-7 Double Deep Rack AS/RS

- Single Deep rack AS/RS ใช้ SRM หนึ่งตัวทำหน้าที่ขนย้ายวัสดุสำหรับชั้นวาง 2 แถว ฝั่งละแถว DC6 ใช้พื้นที่จัดเก็บส่วนนี้เป็น Picking AS/RS สำหรับเก็บพาเลทสินค้าเพื่อรอหยิบ



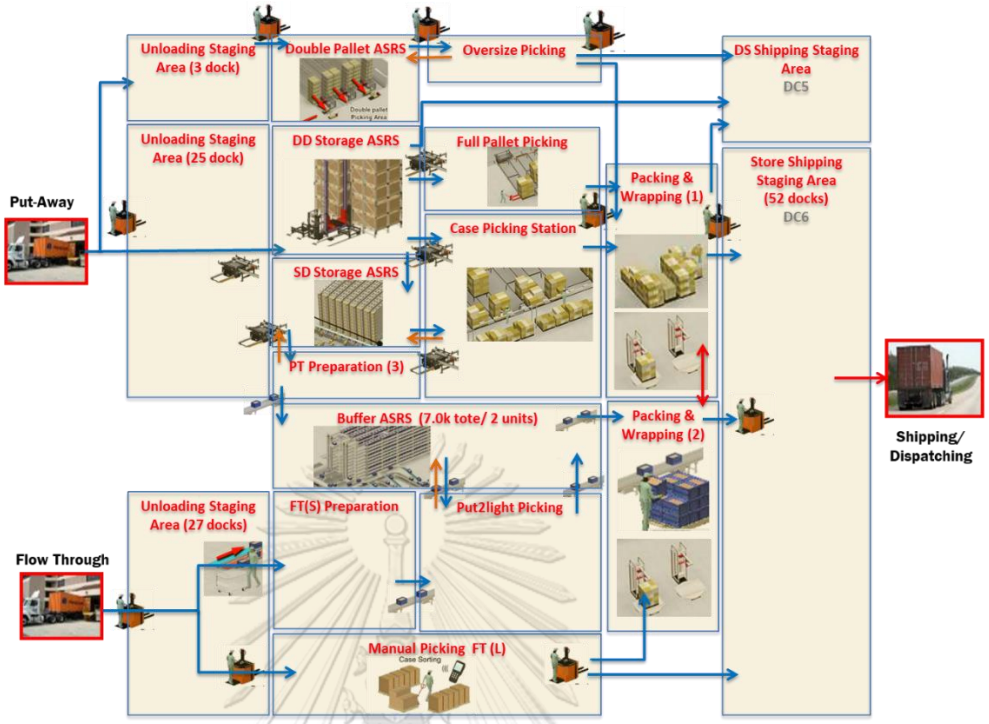
รูปที่ 3-8 Single Deep Rack AS/RS

- Double Pallet AS/RS เป็นพื้นที่จัดเก็บสินค้ามีขนาดใหญ่กว่าพาเลทมาตรฐาน เครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่ กลุ่ม P04 ที่วางบน Double Pallet ซึ่งถูกแยกออกมาจากสินค้าชนิดอื่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พื้นที่ โดยเป็น AS/RS แบบ Single Deep Rack โดยการทำงานในส่วนนี้เป็นอิสระไม่เกี่ยวข้องกับ RGV

3.2.2 กระบวนการทำงานภายในศูนย์กระจายสินค้า DC6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กิจกรรมคลังสินค้าและการกระจายสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา ปัจจุบันได้มีการนำระบบอัตโนมัติเข้ามาทดแทนกิจกรรมการทำงานร่วมกับพนักงาน ประกอบไปด้วยขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3-9



รูปที่ 3-9 แผนผังการไหลของสินค้าในศูนย์กระจายสินค้า DC6 แยกตามลักษณะการดำเนินงาน

จากรูปที่ 3-9 RGV ถูกนำมาใช้ในขั้นตอนการลำเลียงสินค้า Put Away ระหว่างพื้นที่จัดเก็บและสถานีงานต่างๆ โดยกิจกรรมภายในศูนย์กระจายสินค้าเริ่มต้นจากการรับสินค้าที่บริเวณ Staging Zone for Unloading เจ้าหน้าที่ฝ่ายรับสินค้าจะทำการจัดเรียงสินค้าบนพาเลท ตรวจสอบความถูกต้องของสินค้าและทำการรับสินค้าเข้าไปยังสถานี Receiving ด้วยรถลาก PE พาเลทสินค้าถูกตรวจสอบข้อมูลและความเรียบร้อยของพาเลทด้วยเซนเซอร์ภายในสถานี และแสดงผลผ่านระบบไฟสีต่างๆ ก่อนปล่อยพาเลทออกสู่จุดรับ-ส่งงาน และลำเลียงพาเลทเข้าสู่ระบบจัดเก็บสินค้าด้วย RGV และ SRM โดยอัตโนมัติ จากนั้นเมื่อมีความต้องการสินค้า คำสั่งซื้อต่างๆ จะถูกรวบรวมและเกิดการทำกิจกรรมการหยิบสินค้า ทั้งหมด 3 รอบเวฟ ระบบ AS/RS จะมีคำสั่งหยิบพาเลทสินค้าจากพื้นที่จัดเก็บด้วย SRM โดยอัตโนมัติ และลำเลียงพาเลทสินค้าไปยัง

สถานี PK-Trans ด้วย RGV เมื่อการหยิบสินค้าจากพาเลทเสร็จสิ้น RGV จะเข้ามารับพาเลทและลำเลียงไปยังสถานีอื่นที่มีความต้องการสินค้าเดียวกัน หากไม่มี พาเลทจะถูกลำเลียงกลับสู่พื้นที่จัดเก็บแบบ Single Deep Rack พนักงานเคลื่อนย้ายพาเลทสินค้าไปยังพื้นที่บรรจุด้วยรถลาก PE เพื่อดำเนินการบรรจุ และจัดส่งสินค้าต่อไป

3.2.3 ระบบการจัดการข้อมูลภายในศูนย์กระจายสินค้า DC6

การจัดการข้อมูลของระบบลำเลียงสินค้าในศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษาทำงานโดยการเชื่อมโยงระหว่างระบบ WMS และระบบ WCS ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- WMS ทำหน้าที่ส่งข้อมูลความต้องการเบิกสินค้าในแต่ละรอบเวฟ โดยปัจจุบันศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษามีการทำงานเวฟ 3 รอบต่อวันตามรอบการจัดส่ง คำสั่งเบิกที่สร้างขึ้นจะถูกส่งไปยังระบบ WCS ของพื้นที่จัดเก็บเพื่อทำการเบิกพาเลทสินค้าออกมา โดยช่วงเวลาปล่อยงานเวฟแต่ละรอบโดยประมาณมีดังนี้
  - รอบที่ 1 เป็นรอบงานจัดสินค้าส่งร้านสาขากรุงเทพมหานครและปริมณฑล เริ่มดำเนินการเวลาประมาณ 13:00 น.
  - รอบที่ 2 เป็นรอบงานจัดสินค้าส่งร้านสาขาต่างจังหวัด เริ่มดำเนินการเวลาประมาณ 04.00 น.
  - รอบ DS เป็นรอบงานจัดสินค้าส่งบ้านลูกค้า เริ่มดำเนินการเวลาประมาณ 21.00 น.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- WCS ทำหน้าที่ควบคุมเครื่องจักรอัตโนมัติให้มีความสอดประสารกันด้วยการสื่อสารระหว่าง PLC ของเครื่องจักรแต่ละตัว โดยระบบ WCS ที่ใช้นศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษามีชื่อว่า Automatic Group Controller (AGC) ในที่นี้ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของ RGV สถานีงาน และพื้นที่จัดเก็บ ด้วยการส่งผ่านข้อมูล ให้สามารถทำงานต่อเนื่องกันได้ โดยระบบ AGC ทำหน้าที่ในการมอบหมายงานที่เข้าสู่สถานี P&D เรียบร้อยแล้วให้กับ RGV ที่มีสถานะว่าง ตามนโยบายการมอบหมายงานที่บริษัทผู้ออกแบบกำหนดไว้

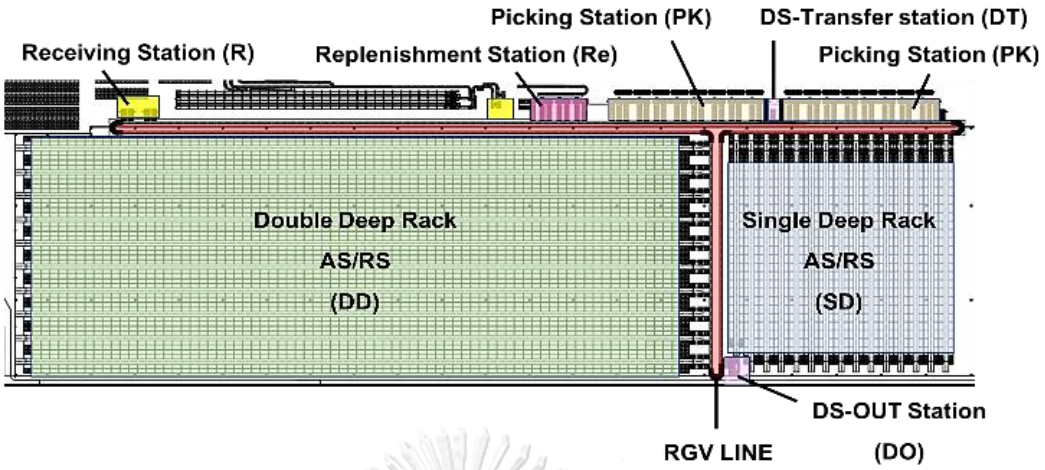
3.3 ข้อมูลเฉพาะของ RGV และสถานีงาน

ศูนย์กระจายสินค้า DC6 ปัจจุบันมีการใช้งาน RGV จำนวนทั้งหมด 38 ตัว ในการลำเลียงพาเลทสินค้ากลุ่ม Put Away ขนาดกลางและขนาดใหญ่ โดย RGV มีหน้าที่ลำเลียงพาเลทสินค้าตั้งแต่กระบวนการรับเข้าไปส่งยังพื้นที่จัดเก็บ และการลำเลียงสินค้าที่ถูกเบิกไปยังส่วนต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยหน่วยงานและสถานีที่เกี่ยวข้องดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.1 ข้อมูลของสถานีงาน

เส้นทางลำเลียงของ RGV ใน DC6 มีลักษณะเป็นวงปิดรูปตัว “T” โดยเชื่อมต่อกับสถานีงานที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงในรูปที่ 3-10



รูปที่ 3-10 ระบบการไหลของพาเลทภายในศูนย์กระจายสินค้า DC6

จากรูปที่ 3-10 สถานีงานที่เกี่ยวข้องในระบบลำเลียงของ RGV ประกอบด้วย 7 กลุ่มสถานีงาน ดังนี้

- Receiving (R) : เป็นสถานีที่พนักงานนำพาเลทสินค้าเข้ามาเพื่อรอ RGV เข้ามาลำเลียงไปเก็บที่ DD ปัจจุบันสถานี R มีจำนวน 9 สถานี พื้นที่พักพาเลท 3 พาเลทต่อสถานี จำนวน 4 สถานี และพื้นที่พักพาเลท 2 พาเลทต่อสถานี จำนวน 5 สถานี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- PK-Trans (PK) : เป็นสถานีหยิบสินค้าตามความต้องการของร้านสาขาในรอบเวฟ มีลักษณะการทำงานใน 2 ลักษณะได้แก่ การหยิบสินค้า Full Pallet และ การหยิบสินค้าในรูปกล่อง มีการทำงานร่วมกับพนักงานหยิบสินค้าสถานีละ 1 คน โดยสามารถแบ่งรูปแบบสถานี PK ออกได้ 2 ประเภทคือสถานี U-pick จำนวน 16 สถานี สถานี Full-out จำนวน 4 สถานี พื้นที่พักพาเลท 4 พาเลทต่อสถานี

- สถานี Replenish : เป็นสถานีสำหรับเบิกพาเลทสินค้าและเติมสินค้าในลักษณะกล่อง หรือ ชิ้น มีการทำงานร่วมกับพนักงานหยิบสินค้าสถานีละ 1 คน พนักงานจะหยิบสินค้าลงในตะกร้าพลาสติกเพิ่มเติมในระบบ Buffer AS/RS โดยส่วนใหญ่สินค้าจะถูกหยิบจากพาเลทจนหมด จากนั้นพนักงานนำพาเลทเปล่าออกจากสถานี ในบางกรณีที่ไม่สามารถหยิบสินค้าเติม Buffer AS/RS ได้หมดทั้งพาเลท พาเลทสินค้าจะถูกส่งกลับเข้าสถานี SD หรือส่งต่อไปยังสถานี PK เพื่อทำการหยิบสินค้าสำหรับคำสั่งซื้อในรอบเวฟ ด้วย RGV สถานี Re มีจำนวน 3 สถานี พื้นที่พักพาเลท 4 พาเลทต่อสถานี
- สถานีงาน DS-Transfer (DT) : เป็นสถานีต้นทางที่พนักงานนำพาเลทสินค้า DS เข้ามาพักเพื่อรอขนถ่าย ออกไปยังอาคารติดกันที่สถานี DO ด้วย RGV เพื่อรวมเที่ยวขนส่ง สถานี DT มีจำนวน 2 สถานี พื้นที่พักพาเลท 2 พาเลทต่อสถานี
- DS-Out (DO) : เป็นพื้นที่รับสินค้า DS ที่ส่งจากพื้นที่จัดเก็บของศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษาออกไปศูนย์กระจายสินค้าข้างเคียง โดยพนักงานจะเข้ามารับสินค้าที่เข้าสู่สถานีและลำเลียงออกไปยังแผนกบรรจุ เพื่อทำการรวมเที่ยวจัดส่ง สถานี DO มีจำนวน 2 สถานี พื้นที่พักพาเลท 7 และ 9 พาเลทต่อสถานี
- Double Deep rack AS/RS (DD) : เป็นสถานีพักพาเลทชั่วคราวระหว่างรอ RGV เข้ามารับและลำเลียงออกสำหรับงานเบิกแบบ Full

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Pallet และ Replenishment สถานี DD มีจำนวน 9 สถานี พื้นที่พัก พาเลท 3 พาเลทต่อสถานี

- Single Deep rack AS/RS (SD) : เป็นสถานีพักพาเลทชั่วคราวระหว่าง รอ RGV เข้ามารับและลำเลียงออกสำหรับงานเบิกสำหรับหน่วยหยิบ สินค้าแบบกล่อง หรือแบบชิ้น ไปยังหน่วยหยิบสินค้า U-Pick สถานี SD มีจำนวน 15 สถานี พื้นที่พักพาเลท 3 พาเลทต่อสถานี

โดยแต่ละสถานีประกอบด้วยจุด P&D จำนวน 2 จุด โดยเป็นจุดสำหรับรับพาเลทสินค้า 1 จุด และสำหรับส่งพาเลทสินค้า 1 จุด โดยปกติหากไม่มีคำสั่งงานเข้ามาในระบบ RGV จะจอดรองานที่จุด P&D ตามสถานีงานต่างๆ ไม่มีการวิ่งเปล่าหรือจอดนอกสถานีเพื่อรองาน และเมื่อมีคำสั่งงานเข้ามาในระบบให้ RGV เข้าไปรับ-ส่งงานที่สถานีใดๆ จึงจะเริ่มเคลื่อนที่ไปรับงาน ส่วน RGV ตัวอื่นๆที่อยู่ในเส้นทางการลำเลียงงานดังกล่าว แม้เป็นตัวที่ไม่มีงานก็จำเป็นต้องเคลื่อนที่ด้วยเนื่องจากต้องขยับให้ตัวที่มีงานสามารถเข้าไปรับ-ส่งพาเลทที่สถานีได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.3.2 ข้อมูลเฉพาะของ RGV

RGV รุ่นที่ใช้งานใน DC6 สามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด 1,000 กิโลกรัม (น้ำหนักรวมพาเลท) และขนาดของโหลดที่รับได้เมื่อรวมพาเลทมีรายละเอียดดังนี้

- ความกว้าง : 1,300 มิลลิเมตร
- ความยาว : 1,100 มิลลิเมตร
- ความสูง : 1,000/1,300/1,600/1,800/2,100/2,200 มิลลิเมตร

RGV แต่ละตัว ใช้มอเตอร์ 3.7 กิโลวัตต์ 4 ขั้ว จำนวน 1 ตัว ในการขับเคลื่อน และได้มีการกำหนดความเร็วที่เหมาะสมแตกต่างกัน โดยแบ่งตามสถานะการทำงานรูปแบบต่างๆ ดังนี้

- ความเร็วขณะวิ่งรถเปล่า (Travel without load) : 200 เมตร/นาที
- ความเร็วขณะลำเลียงสินค้า (Travel with load) : 160 เมตร/นาที
- ความเร็วขณะรับ-ส่งพาเลทสินค้า (Transfer) : 30 เมตร/นาที

รูปแบบและนโยบายในการจัดลำดับการเลือกรับงานของ RGV พิจารณาจากงานที่มีภาระงานตามหลังมากที่สุดร่วมลำดับกับความเร่งด่วน ซึ่งสามารถเรียงลำดับเบื้องต้นได้ดังนี้

1. งาน Receiving และงาน DS
2. งาน Replenishment
3. งานเบิกสินค้าที่สถานี U-Pick และ Full Pallet
4. การเติมสินค้าระหว่างพื้นที่จัดเก็บ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทั้งนี้การทำงานในภาพรวม RGV จะดำเนินงานสอดคล้องกับการหยิบพาเลทสินค้าของ SRM และสถานะของพื้นที่ Buffer ณ สถานี P&D ด้วยเช่นกัน โดยมีเงื่อนไขการทำงานเพิ่มเติมดังนี้

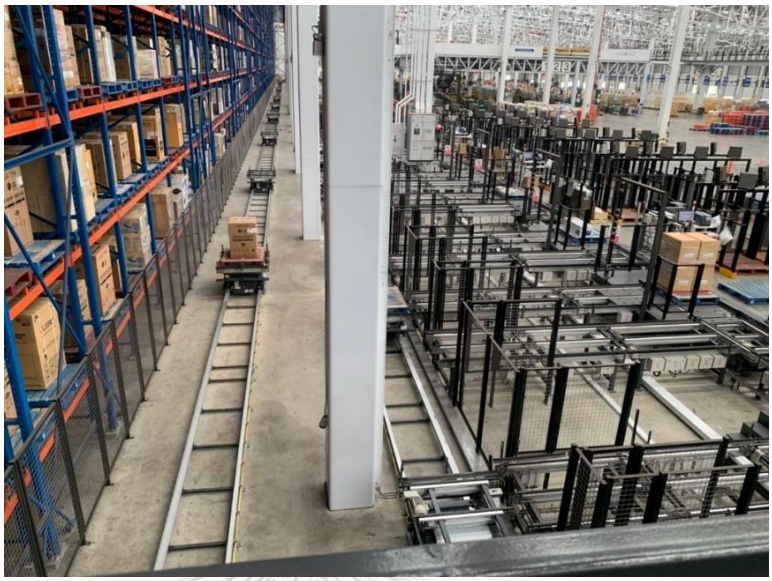
- ระยะเวลาที่ต้องเข้ารับงานจากสถานี : หากมีการปล่อยคำสั่งงานเข้าสู่ระบบ RGV ต้องเข้ามารับภายใน 3 นาที

- กรณี RGV ไม่สามารถส่งงานเข้าสถานี P&D ได้ : เนื่องจากพื้นที่ Buffer ที่สถานีงานปลายทางเต็ม RGV จะมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้
    - RGV จะจอดรอส่งงานที่สถานีงานปลายทางจนครบ 30 วินาที หากยังมาสามารถส่งได้จะเคลื่อนออกจากจากสถานี
    - RGV จะวิ่งวนจนกว่าสถานี P&D จะพร้อมรับงาน
    - หากวิ่งจนครบ 3 รอบแล้วยังไม่สามารถส่งงานที่จุดหมายได้ RGV จะ Error โดยจะแสดงสถานะเป็น “transfer timeout” หรือ “deposit impossible” เป็นต้น

3.4 แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลการลำเลียงสินค้า

บริษัทกรณีศึกษาได้มีการนำระบบอัตโนมัติเข้ามาใช้งานในศูนย์กระจายสินค้า DC6 โดยดำเนินงานตามหลักการทำงานที่ผู้ผลิตอุปกรณ์ได้เสนอแนวทางไว้ ซึ่งจากแนวทางการจัดสรร RGV ที่ดำเนินการในปัจจุบันพบว่าบางช่วงเวลาที่ RGV บางส่วนเคลื่อนที่โดยไม่มีงาน ซึ่งได้แสดงในรูปที่ 1-9 เนื่องจากต้องเคลื่อนที่ให้ RGV ตัวอื่นในระบบที่มีงานสามารถไปยังจุดหมายได้ ทั้งนี้การเคลื่อนที่โดยไม่มีงานยังสามารถเกิดได้แม้ในช่วงที่มีปริมาณงานค้างในระบบสูง เช่น เวลาที่มีการทำงานเบิกสินค้าตามรอบ Wave ซึ่ง RGV จะเข้าไปรับงานที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าก่อน หากมี RGV ที่ว่างเหลือจึงค่อยไปทำงานที่มีความสำคัญรองลงมา ทำให้งานเบิกสินค้าทำได้ล่าช้า เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3-11 RGV บางส่วนเคลื่อนที่ในระบบโดยไม่มีงาน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงอ้างอิงรูปแบบการทำงานของระบบในปัจจุบันซึ่งพิจารณาจากงานที่มีขั้นตอนตามหลังมากที่สุด และความเร่งด่วนของงาน ร่วมกัน นำมาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงรูปแบบทำงาน โดยวิเคราะห์ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ 2 ด้าน ได้แก่

3.4.1 นโยบายการเข้ารับงานหากมีงานคงค้างในระบบมากกว่า 1 งาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นโยบายการเข้ารับงานพิจารณาการจัดลำดับความสำคัญในการเข้ารับงานของ RGV แยกตามกลุ่มสถานีงาน ปัจจุบันการจัดลำดับความสำคัญในการเข้ารับงาน โดยให้คำสั่งงานจากสถานี Receiving และงาน DS อยู่เป็นอันดับแรก เนื่องจากงาน Receiving มีขั้นตอนการทำงานตามหลังมากที่สุด และงาน DS มีความเร่งด่วนในการจัดส่งลูกค้า

3.4.1.1 การจัดลำดับความสำคัญของงาน

จากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในหน้างานพบว่าในช่วงที่มีการทำ Wave Order ความต้องการในการลำเลียงพาเลทสินค้าสำหรับงานเบิกมีสูง จึงเกิดการสะสมของงานที่ค้างรอเบิก และงานที่รอส่งออกจากสถานี U-Pick เข้าพื้นที่จัดเก็บ หน้างานแก้ปัญหาด้วยการให้พนักงานลดความถี่ในการทำงาน Receiving ลง เพื่อให้ RGV สามารถเข้าไปรับงานจากสถานี PK-Trans และพื้นที่จัดเก็บ ได้มากขึ้น และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณงานเฉลี่ยต่อชั่วโมงที่เกิดขึ้นแต่ละกลุ่มสถานีงานในหัวข้อที่ 1.1. เบื้องต้นพบว่าปัจจุบันปริมาณงานลำเลียงสินค้าที่เกิดขึ้น ณ สถานี PK-Trans และ Single Deep Rack มีปริมาณมากเป็นอันดับที่ 1 และ 2 ตามลำดับ จึงมีแนวคิดในการพิจารณาจัดลำดับความสำคัญในการเข้ารับงานของ RGV ใหม่ โดยนำปัจจัยด้านปริมาณงานเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจากกลุ่มสถานีต่างๆ และปริมาณงานค้างในระบบเข้ามาพิจารณาร่วมกับ ปัจจัยด้านความเร่งด่วนของงาน และจำนวนภาระงานตามหลัง ซึ่งอ้างอิงจากแผนผังกระบวนการทำงานที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ในรูปที่ 3-9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดังนั้นปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ด้วยการสร้างแบบจำลองเปรียบเทียบกรณีในการจัดลำดับงานรูปแบบต่างๆ ดังนี้

- กรณีที่ 1 คำนึงถึงการส่งมอบสินค้าให้ลูกค้า (Customer Focus) โดยจะพิจารณางานที่มีกระบวนการทำงานที่อยู่ใกล้ขั้นตอนการส่งมอบลูกค้าที่สุดและเลือกทำก่อน

- กรณีที่ 2 คำนึงถึงการทำงานโดยรวมของคลังสินค้า (Warehouse Focus) โดยจะพิจารณางานที่ทำให้กระบวนการทำงานในศูนย์กระจายสินค้าเป็นไปได้อย่างต่อเนื่อง

3.4.1.2 การเลือกรับงานโดยพิจารณาสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในอนาคต

การเลือกรับงานโดยพิจารณาสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในอนาคต เป็นแนวคิดที่มีการนำระบบ WMS เข้ามาช่วยในการจัดลำดับงานที่ปล่อยออกจากระบบ เพื่อให้ RGV สามารถลำเลียงงานได้อย่างต่อเนื่อง ลดช่วงเวลาที่ต้องจอดรอการมอบหมายงานต่อไป โดยนำข้อมูลเส้นทางการลำเลียง มาทำการพิจารณาร่วมกับข้อมูลสัดส่วนการเกิดงาน ซึ่งสามารถทำการวิเคราะห์ได้จากข้อมูลประวัติการทำงาน ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อที่ 4.2.1.2. โดยแนวคิดในการปรับปรุงประกอบด้วยกรณีดังต่อไปนี้

- กรณีที่ 1 เลือกทำงานที่มีโอกาสได้งานจากปลายทางมากสุด ระบบ WMS จะปล่อยงานที่เมื่อ RGV ทำแล้วมีโอกาสได้งานใหม่จากสถานีปลายทางมากสุดก่อน
- กรณีที่ 2 จับคู่งานในระบบที่สามารถลำเลียงได้ต่อเนื่อง ระบบ WMS จะพิจารณางานจากสถานีต้นทางที่มีสัดส่วนการเกิดงานสูง จากนั้นจึงจับคู่งานที่สามารถทำได้ต่อเนื่องและมอบหมายงานให้กับ RGV ในกรณีที่งานในระบบมีคู่งานที่สามารถจับกันได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4.1.3 การมอบหมายงานให้ RGV

การมอบหมายงานให้ RGV เป็นรูปแบบการตัดสินใจมอบหมายงานให้ RGV ที่ไม่มีงานเข้าไปรับงาน ปัจจุบันใช้การมอบหมายงานที่สามารถทำจบได้เร็วที่สุดให้ RGV ซึ่งในบางกรณีที่ RGV ที่ว่างอยู่รวมกลุ่มกัน อาจทำให้งานที่มีระยะทางรวมระหว่างสถานีต้นทาง-ปลายทางไกลๆ ถูกเข้าไปลำเลียงล่าช้า จึงทำให้เกิดแนวคิดในการศึกษากฎการเลือก RGV ให้กับงานในระบบ โดยการพิจารณารูปแบบการมอบหมายงานให้ตัวที่ไม่มีงานและอยู่ใกล้ที่สุดเข้าไปรับงาน (Shortest Distance to the requested station : SDS) เปรียบเทียบกับวิธีการที่ใช้ในปัจจุบัน

3.4.2 ด้านการกำหนดจำนวน RGV / เพิ่มสถานี U-Pick

ด้านการกำหนดจำนวน RGV รวมถึง เพิ่มสถานี U-Pick เป็นการพิจารณาจำนวน RGV ที่ใช้งานในปัจจุบันเทียบกับปริมาณงาน เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษามีการขยายสาขาเพิ่มขึ้น และเพิ่มช่องทางการขายสินค้าผ่านทางออนไลน์ ทำให้ปริมาณสินค้าที่ต้องดำเนินการผ่าน DC6 มีเพิ่มมากขึ้น และรูปแบบการทำงานในปัจจุบันมีการปรับเปลี่ยนไปจากช่วงแรกที่ออกแบบไว้ จึงอาจทำให้จำนวน RGV ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีจำนวนไม่เหมาะสมกับปริมาณงาน จึงมีแนวคิดในการสร้างแบบจำลองพิจารณาจำนวน RGV เทียบกับปริมาณงานในปัจจุบัน เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มในการเพิ่มจำนวน RGV ในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในบทถัดไปเป็นการสร้างแบบจำลองสถานการณ์การทำงานของระบบลำเลียงสินค้าอัตโนมัติของศูนย์กระจายสินค้า DC6 ด้วยโปรแกรม R/RStudio เพื่อกำหนดนโยบายการทำงาน และกำหนด

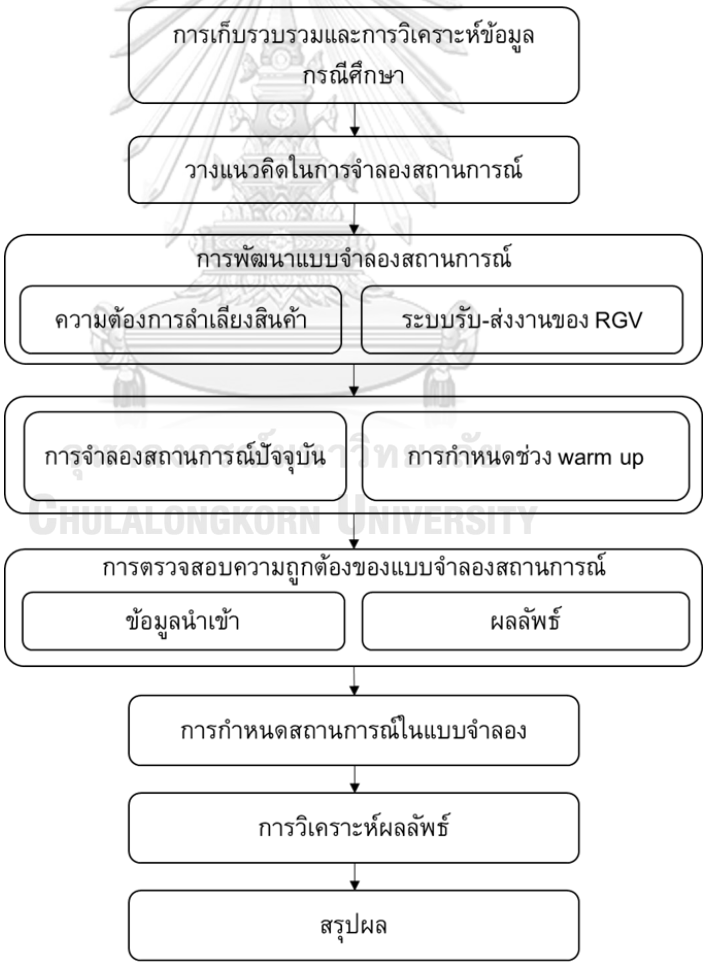
สัดส่วน RGV สำหรับปริมาณงานที่มีในปัจจุบัน ซึ่งการประเมินผลงานวิจัยนี้วัดจากประสิทธิภาพการรับส่งสินค้าของ RGV สัดส่วนเวลาที่เกิดเคลื่อนที่โดยไม่มีการลำเลียงงานเทียบกับระยะเวลาดำเนินงานทั้งหมด (%move) และระยะเวลารอที่เกิดขึ้นตั้งแต่มีการปล่อยคำสั่งจนกระทั่ง RGV เข้ามารับงานที่สถานี ของศูนย์กระจายสินค้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4

การดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้กล่าวถึงการสร้างแบบจำลองสถานการณ์สำหรับระบบลำเลียงสินค้าอัตโนมัติ และวิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง โดยอ้างอิงกระบวนการทำงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลองสถานการณ์ โดยภาพรวมการสร้างแบบจำลองสถานการณ์แสดงขั้นตอนดังรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 ภาพรวมการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

จากรูปที่ 4-1 แสดงลำดับขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ โดยภายในกล่องข้อความแสดงลำดับขั้นตอนกระบวนการดำเนินวิจัย ซึ่งได้จับกลุ่มและเรียงตามลำดับการดำเนินงาน โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงใหญ่ๆ โดยช่วงที่ 1 คือ การเตรียมแบบจำลอง โดยเริ่มต้นจากการเข้าไปเก็บข้อมูลกรณีศึกษา จากนั้นวางแนวคิดในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ นำข้อมูลที่ได้จากศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษามาทำการวิเคราะห์เพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์ตามแนวคิดที่ได้วางไว้ และจึงดำเนินการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ โดยใช้สถานการณ์ปัจจุบันในการกำหนดช่วงเวลาที่จะเข้าสู่สภาวะคงตัว รวมถึงทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง จากนั้นเข้าสู้ช่วงที่ 2 คือ การนำแบบจำลองไปประยุกต์และวิเคราะห์นโยบายการดำเนินงาน และการวิเคราะห์ผลลัพธ์ ที่จะนำเสนอในบทต่อไป

4.1 แนวคิดการจำลองสถานการณ์

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ประกอบด้วยกระบวนการ 2 ขั้นตอน คือ การเก็บข้อมูลการทำงานภายในศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา และการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

4.1.1 การเก็บข้อมูลกรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลการทำงานภายในศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา โดยข้อมูลการดำเนินงานที่ได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

- ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมจากการดำเนินงานจริงของศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษาโดยผู้วิจัย ได้แก่ ความสัมพันธ์ของหน่วยงานภายใน DC6 กระบวนการทำงานของสถานี

งานต่างๆ กระบวนการทำงานของ RGV และปัญหาในการทำงานที่เกิดขึ้น เป็นต้น

- ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่รวบรวมได้ทางอ้อมจากผู้ที่เกี่ยวข้อง และ ระบบสารสนเทศในศูนย์กระจายสินค้า เช่น ระบบ WMS ระบบ MOS และข้อมูลการออกแบบของเครื่องจักรและศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา อันได้แก่ ข้อมูลวิเคราะห์ระยะเวลาทำงานของ RGV ในช่วงที่มีการดำเนินการ (RGV Cycle Analysis) ข้อมูลวิเคราะห์ระยะเวลาภาพรวมสถานการณ์ทำงานของ RGV ตลอดวัน (Machine Status Analysis) ข้อมูลประวัติการทำงานของ RGV ตามรอบการเคลื่อนที่ (RGV Cycle History) ข้อมูลส่วนประกอบและหน้าที่การทำงานของเครื่องจักรที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลแผนผังภายในศูนย์กระจายสินค้า เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1.2 แบบจำลองสถานการณ์

แบบจำลองสถานการณ์ในวิทยานิพนธ์ได้นำข้อมูลการทำงานจริงมาวิเคราะห์ เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดของการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ผ่านโปรแกรม R/Rstudio [27]

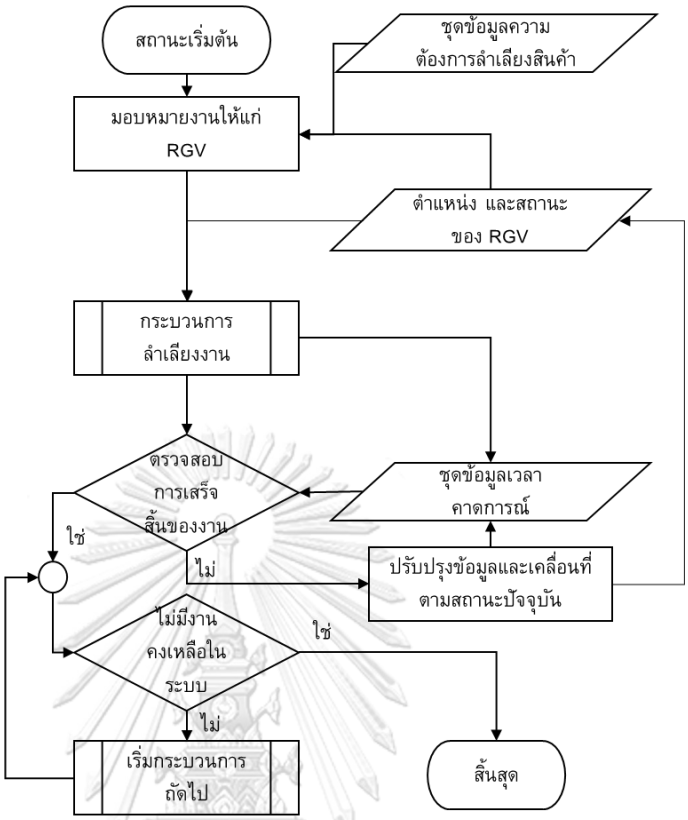
ตามที่ได้วิเคราะห์ในหัวข้อ 1.1. พบว่า RGV เป็นอุปกรณ์สำคัญในศูนย์กระจายสินค้าที่เชื่อมต่อระหว่างสถานีงาน ระหว่างกิจกรรม และ ระหว่างอาคาร ดังนั้นจำนวน RGV ในระบบ

และรูปแบบนโยบายการมอบหมายงานไม่เหมาะสม จะส่งผลโดยตรงต่ออรรถประโยชน์การใช้งานของพาหนะ รวมไปถึงความล่าช้าที่เกิดจากการหยุดชะงัก

จากการเข้าไปสอบถามและสังเกตเบื้องต้นพบว่า RGV บางตัวเคลื่อนที่สูญเปล่าโดยไม่ได้รับมอบหมายงานเนื่องจากตำแหน่งปัจจุบันของ RGV ตัวดังกล่าวกีดขวางเส้นทางการทำงานของ RGV ตัวอื่นในระบบที่ได้รับมอบหมายงานแล้ว

ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์การทำงานของ RGV นอกจากข้อมูลเกี่ยวกับการขับเคลื่อนของ RGV เช่น ความเร็ว ระยะเวลาในการรับ-ส่งสินค้า และความยาวราง แล้วนั้นข้อมูลด้านพฤติกรรมการเกิดงานที่สถานีงานถือเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญเช่นกัน เนื่องจากในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ต้องมีคำสั่งในการลำเลียงงานจากสถานีต้นทางไปยังสถานีปลายทางเป็นข้อมูลนำเข้า ดังนั้นก่อนสร้างแบบจำลองผู้วิจัยต้องเก็บข้อมูลพฤติกรรมการเกิดงานของระบบจริง เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ถึงความน่าจะเป็นในการเกิดสถานการณ์การเกิดงานรูปแบบต่างๆ โดยได้เก็บข้อมูลประวัติการทำงานของ RGV (Cycle History) วันที่ 8 ตุลาคม 2564 เวลา 0.01 น. ถึง วันที่ 10 ตุลาคม 2564 เวลา 23.58 น. ซึ่งตัวอย่างและรายละเอียดของข้อมูลจะกล่าวถึงในหัวข้อ 4.2.1.2. ข้อมูลประวัติการทำงานของ RGV จากนั้นนำไปสร้างเป็นชุดข้อมูลความต้องการลำเลียงสินค้า และดำเนินการจำลองสถานการณ์ในส่วนของกระบวนการลำเลียง โดยมีแนวคิดในการสร้างแบบจำลองดังรูปที่ 4-2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-2 แนวคิดในการจำลองสถานการณ์การลำเลียงสินค้าของ RGV

จากรูปที่ 4-2 แบบจำลองสถานการณ์วางแนวคิดให้มีการใช้ข้อมูลความต้องการลำเลียงสินค้าเป็นข้อมูลนำเข้าของระบบ ภาพรวมการทำงานของระบบลำเลียงพาเลทประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ การมอบหมายงานให้ RGV กระบวนการลำเลียงงาน และการตรวจสอบการเสร็จสิ้นของงาน โดยมีการเรียกชุดข้อมูลระหว่างการทำงานอีก 2 ชุด ได้แก่ ชุดข้อมูลที่ระบุตำแหน่งและสถานะของ RGV ณ ปัจจุบัน และชุดข้อมูลที่เก็บค่าเวลาคาดการณ์ที่ระบบสามารถดำเนินเหตุการณ์ต่างๆ เสร็จสิ้นได้ โดยรายละเอียดการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ทั้งหมดจะนำเสนอในหัวข้อที่ 4.3.1 การพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์

Chulalongkorn University

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการทำงานภายในศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา

หนึ่งในกระบวนการที่สำคัญคือการรวบรวมข้อมูล ซึ่งได้แบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 ส่วน ตามลักษณะการใช้งาน ได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า และการวิเคราะห์กระบวนการทำงาน

4.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า

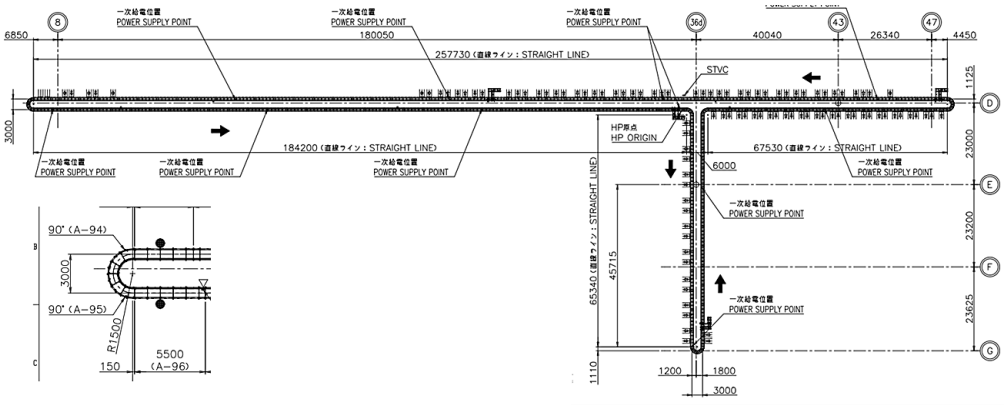
4.2.1.1 ฐานข้อมูลเครื่องจักรและเส้นทางการเคลื่อนที่

ข้อมูลดังกล่าวศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษาได้จัดเก็บในเอกสารข้อมูลเครื่องจักร (Machine Master Data) โดยระบุเป็นหมายเลขเครื่องจักร (Machine No.) ที่แสดงในระบบ WCS แยกตามพื้นที่ทำงาน (Zone) และ สถานีงาน (Location) ดังแสดงในรูปที่ 4-3 และข้อมูลเส้นทางการลำเลียง ดังแสดงในรูปที่ 4-4

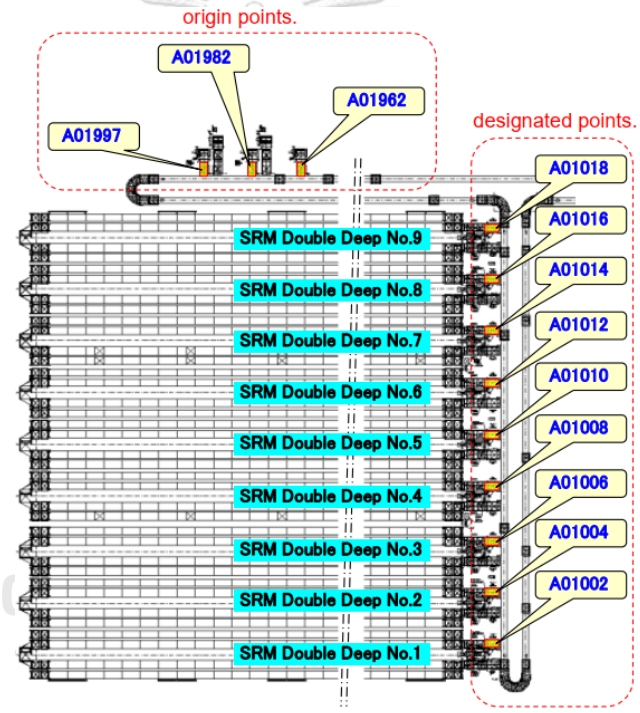
Machine No.	**A01006**	**<< ใส่หมายเลขเครื่องจักร**
Zone :	**Double Deep**	
Location :	**Double Deep St.03**	

Zone	Machine No.
Double Deep	A01001
	A01002
	A01003
	A01004
	A01005
	A01006
	A01007
	A01008
	A01009
	A01010
	A01011
	A01012
	A01013
	A01014
	A01015
	A01016
	A01017
	A01018

รูปที่ 4-3 ตัวอย่างข้อมูลจากเอกสาร Machine Master Data ของศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา



ก.) ภาพเขียนแบบเส้นทางเคลื่อนที่ของ RGV



ข.) ตัวอย่างข้อมูลการระบุหมายเลขเครื่องจักร

รูปที่ 4-4 ตัวอย่างข้อมูลเส้นทางการลำเลียงและการระบุหมายเลขเครื่องจักร

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลส่วนนี้มาใช้ในการแปลข้อมูลจากหมายเลขเครื่องจักร ได้แก่ หมายเลข RGV และปลายทางการดำเนินงาน ที่ระบุในข้อมูลประวัติการทำงานของ RGV ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อ 4.2.1.2. ออกมาเป็นชื่อของพื้นที่ทำงาน และชื่อสถานีงาน เพื่อนำไป

วิเคราะห์พฤติกรรมการเกิดงานประเภทต่างๆ และสร้างข้อมูลนำเข้าสำหรับเส้นทางการเคลื่อนที่โดยแบ่งเส้นทางการลำเลียงเป็นช่อง (Grid) เพื่อง่ายต่อการนำข้อมูลไปใช้ต่อในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ โดยตัวอย่างข้อมูลเส้นทางการเคลื่อนที่แสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ตัวอย่างข้อมูลเส้นทางการเคลื่อนที่

Zone	LocationName	Loc	Direction	gridNo
X	X-52	X-52	N/A	52
DD	SRA004 pallet-in	DD-04	in-out	53
X	X-54	X-54	N/A	54
DD	SRA003 pallet-in	DD-03	in-out	55
X	X-56	X-56	N/A	56
DD	SRA002 pallet-in	DD-02	in-out	57
X	X-58	X-58	N/A	58
DD	SRA001 pallet-in	DD-01	in-out	59
X	X-60	X-60	N/A	60
X	X-61	X-61	N/A	61
DO	DS-OUT 5.1 st.01	DSout-01	in	62
DO	DS-OUT 5.1 st.02	DSout-02	in	62

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4-1 ข้อมูลเส้นทางการเคลื่อนที่ที่นำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ประกอบด้วยข้อมูล พื้นที่ทำงาน ชื่อสถานีงานย่อย หมายเลขสถานีงานย่อย ทิศทางการลำเลียงในสถานี และหมายเลขช่อง

4.2.1.2 ข้อมูลประวัติการทำงานของ RGV

ข้อมูลประวัติการทำงานของ RGV นั้น ทางศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษาได้เก็บรวบรวมข้อมูลประวัติการทำงานของ Cycle History ในระบบ WCS ซึ่งบันทึกไว้ในระบบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในข้อมูล Cycle History มีการบันทึกข้อมูล วันและเวลา หมายเลข RGV สถานะการทำงานในระบบ ปลายทาง ระยะเวลาดำเนินงาน และผลการดำเนินงาน ดังแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ตัวอย่าง Cycle History ของศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา

Cycle History (10/08/2021 00:01-10/08/2021 04:00 Area:STV WCS:)								
Date/Time	Machine	Cycle	Destination	Transit Time	Transfer Time	Battery Charge Time	Completion Type	
10/8/2021 0:01	SLA032	Pickup	A01658	0:00:37	-	-	Completed Successfully	7626
10/8/2021 0:01	SLA009	Deposit	A01039	0:10:36	-	-	Completed Successfully	7624
10/8/2021 0:01	SLA033	Pickup	A01608	0:00:14	-	-	Completed Successfully	7625
10/8/2021 0:01	SLA019	Move	A01028	0:08:25	-	-	Completed Successfully	7616
10/8/2021 0:01	SLA021	Move	A01024	0:08:20	-	-	Completed Successfully	7617
10/8/2021 0:01	SLA020	Move	A01026	0:08:22	-	-	Completed Successfully	7618
10/8/2021 0:01	SLA016	Move	A01034	0:08:30	-	-	Completed Successfully	7619
10/8/2021 0:01	SLA014	Move	A01022	0:03:46	-	-	Completed Successfully	7620
10/8/2021 0:01	SLA017	Move	A01032	0:08:29	-	-	Completed Successfully	7621
10/8/2021 0:01	SLA018	Move	A01030	0:08:28	-	-	Completed Successfully	7622
10/8/2021 0:01	SLA009	Pickup	A01044	0:00:13	-	-	Completed Successfully	7623
10/8/2021 0:01	SLA036	Deposit	A01460	0:01:50	-	-	Completed Successfully	7615
10/8/2021 0:01	SLA038	Deposit	A01351	0:01:23	-	-	Completed Successfully	7614
10/8/2021 0:01	SLA012	Deposit	A01027	0:07:21	-	-	Completed Successfully	7613
10/8/2021 0:01	SLA013	Pickup	A01024	0:00:36	-	-	Completed Successfully	7611
10/8/2021 0:01	SLA035	Deposit	A01531	0:08:52	-	-	Completed Successfully	7612
10/8/2021 0:01	SLA036	Pickup	A01608	0:00:16	-	-	Completed Successfully	7610
10/8/2021 0:01	SLA012	Pickup	A01034	0:00:14	-	-	Completed Successfully	7609
10/8/2021 0:01	SLA037	Deposit	A01531	0:09:43	-	-	Completed Successfully	7608

CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากข้อมูล Cycle History ในตารางที่ 4-2 ผู้วิจัยแปลหมายเลขเครื่องจักรในส่วนของ Machine และ Destination เป็นชื่อของพื้นที่ทำงาน และชื่อสถานีงาน ด้วยข้อมูลจาก Machine Master Data และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณงานและลักษณะการกระจายของงานที่เกิดขึ้น ณ ช่วงเวลาต่างๆ พบรูปแบบการรับ-ส่งงานทั้งหมด 13 ประเภท เป็นงานที่เกิด ณ สถานีต้นทางและปลายทาง รวมถึงวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการเกิดงานต่อวัน ดัง

แสดงในตารางที่ 4-3 เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายการเลือกรับงานโดยพิจารณาสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในอนาคต ซึ่งจะกล่าวถึงในบทที่ 5

ตารางที่ 4-3 ประเภทของงานที่เกิด ณ สถานีต้นทางและปลายทาง

รหัสงาน	สถานีต้นทาง	สถานีปลายทาง	สัดส่วนงาน
DDDO	Double Deep Rack (DD)	DS-Out (DO)	0.03
DDPK	Double Deep Rack (DD)	PK-Trans (PK)	0.10
DDRe	Double Deep Rack (DD)	Replenishment (Re)	0.01
DDSD	Double Deep Rack (DD)	Single Deep Rack (SD)	0.06
SDDO	Single Deep Rack (SD)	DS-Out (DO)	0.01
SDPK	Single Deep Rack (SD)	PK-Trans (PK)	0.26
SDRe	Single Deep Rack (SD)	Replenishment (Re)	0.03
RePK	Replenishment (Re)	PK-Trans (PK)	0.01
ReSD	Replenishment (Re)	Single Deep Rack (SD)	0.02
PKSD	PK-Trans (PK)	Single Deep Rack (SD)	0.21
PKPK	PK-Trans (PK)	PK-Trans (PK)	0.11
RDD	Receiving (R)	Double Deep Rack (DD)	0.14
DTDO	DS-Transfer (DT)	DS-Out (DO)	0.02

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลไปแบ่งกลุ่มเพื่อดูการกระจายของงานที่เกิดขึ้นรายชั่วโมงตามประเภทงาน โดยเก็บข้อมูลจำนวนงานที่เกิดขึ้น นำไปหาสัดส่วนค่าเฉลี่ยของการเกิดงานนั้นๆ ปริมาณงานที่เกิดขึ้นต่อชั่วโมง และระยะห่างของเวลาที่งานเข้าสู่ระบบ ดังแสดงในตารางที่ 4-4 ถึง 4-5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-4 ปริมาณงานเฉลี่ยต่อชั่วโมงจากระบบจริงแยกตามประเภทงาน

Hr	SDPK	PKPK	DDDO	RDD	DDSD	PKSD	DDPK	ReSD	DTDO	RePK	SDRe	DDRe	SDDO
0	138	21	18	69	27	135	46	10	42	4	8	2	3
1	89	21	11	61	22	115	45	10	57	1	9	4	6
2	7	2	0	31	29	17	0	9	73	1	5	3	0
3	3	0	0	130	16	4	0	10	41	2	10	1	0
4	115	4	5	86	20	46	44	11	0	4	14	2	2
5	137	19	0	26	39	96	50	3	0	0	5	2	0
6	124	43	0	14	15	119	36	8	0	1	3	0	0
7	207	97	0	51	28	168	53	21	0	3	16	6	0
8	189	122	0	93	32	156	49	18	0	4	18	4	0
9	169	143	7	88	30	127	54	16	0	3	16	4	2
10	113	133	3	67	31	89	81	0	0	0	1	0	0
11	58	75	6	63	30	63	62	21	0	5	18	3	1
12	41	24	6	106	46	46	38	18	0	4	10	11	13
13	40	37	70	110	45	34	18	8	0	3	5	4	4
14	55	17	25	79	44	29	20	2	0	1	11	1	0
15	135	19	4	53	24	104	34	29	0	4	29	4	0
16	186	65	9	90	15	156	54	23	0	3	18	4	8
17	213	77	55	25	22	160	37	10	0	4	18	4	6
18	136	57	13	78	25	107	35	7	0	2	5	2	0
19	155	88	0	154	6	128	71	14	0	1	14	1	0
20	52	72	3	120	24	62	54	16	0	2	11	4	12
21	158	22	35	70	25	104	67	16	0	4	17	3	16
22	105	26	33	4	18	171	67	5	42	1	7	3	3
23	162	25	12	77	16	118	45	6	33	1	4	1	9

ตารางที่ 4-5 ตัวอย่างข้อมูลวิเคราะห์การกระจายของงานจากระบบจริง

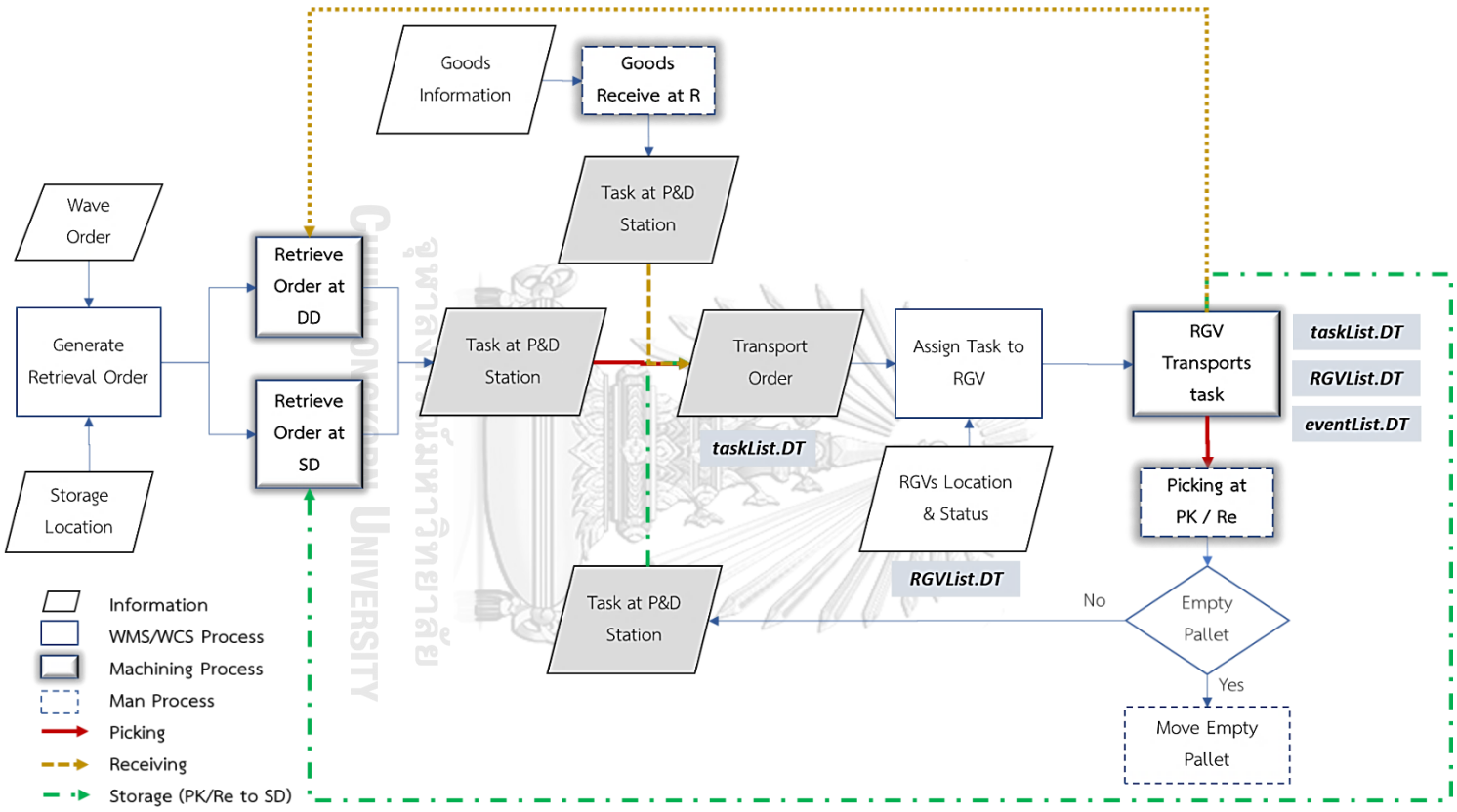
taskType	infoHr	interArr	taskProb	numTask	Wave
SDPK	0	0.02,0.07,0.37,0,0.23,0.05,0.03,0.05,0.07,0.07,0.8,1.15,8.03,0.3...	0.2639	138	w3
PKPK	0	3.25,0.77,2.93,6.05,1.17,2,2.63,0.18,7.07,3.05,4.68,1.2,3.95,0.2...	0.0402	21	w3
DDDO	0	0.05,1.8,0.13,1.53,1.58,2.98,0.93,42.02,20.9,8.85,0.97,0.73,2.6,...	0.0344	18	w3
RDD	0	6.15,0.93,0.12,0.98,0.02,0.87,1.28,0.38,0.23,2.68,0.1,0.03,1.35,...	0.1319	69	w3
DDSD	0	2.22,1.18,2.27,5.22,1.07,2.82,2.13,0.02,3.13,0.13,2.82,2,0.95,0....	0.0516	27	w3
PKSD	0	0.03,0.35,1.87,0.12,1.03,0.57,0.57,0.07,1.08,0.13,0.62,0.2,0.27,...	0.2581	135	w3
DDPK	0	0.07,0.15,0.5,3.68,0.58,0.3,0.18,0.63,1.33,0.57,0.68,2.02,2.28,0....	0.0880	46	w3
ReSD	0	14.87,0.85,4.15,3.77,17.22,0.87,7.52,11,3.02,2.57,1.73,0.03,5.3...	0.0191	10	w3
DTDO	0	0.32,0.35,3.48,2.68,6.22,0.92,13.9,0.27,0.48,0.4,0.27,1.82,0.38,...	0.0803	42	w3
RePK	0	10.3,8.95,15.17,12.27,12.27.3.08,16.92,7.03,0.18	0.0076	4	w3
SDRe	0	0.05,6.03,3.92,4.98,15.6,6.83,1.07,7.35,6.12,0.47,3.85,5.07,6.47...	0.0153	8	w3
DDRe	0	3.08,3.82,2.27,11.3	0.0038	2	w3
SDDO	0	0.45,0.17,0.58,1,1.43,2.62,1.95,0.53,16.52	0.0057	3	w3
SDPK	1	0.2,0.12,0.03,0.03,0.18,0.07,0.03,0.18,0.15,0.25,0.23,0.02,0.2,0....	0.1973	89	w3
PKPK	1	32.05,1.1,1.25,3.1,0.32,0.68,2.28,0.58,1,0.8,1.23,0.03,0.33,0.1,0...	0.0466	21	w3
DDDO	1	0.78,15.77,2.38,1.55,7.53,2.43,7.3,8.38,1.17,3.93,3.38,0.62,0.95...	0.0244	11	w3

จากตารางที่ 4-5 ข้อมูลวิเคราะห์การกระจายของงานจากระบบจริง ประกอบด้วยข้อมูลจำนวนงานที่เกิดขึ้น (interArr) ความน่าจะเป็นของการเกิดงาน (taskProb) คำนวณจากสัดส่วนของ จำนวนครั้งการเกิดงาน (numTask) ต่อจำนวนงานที่เกิดขึ้นทั้งหมด ในชั่วโมงที่สนใจแยกตามประเภทงาน ข้อมูลชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นข้อมูลขาเข้าในการสร้างข้อมูลแบบสุ่มของงานที่ต้องการการลำเลียงด้วย RGV ผ่านโปรแกรม R/RStudio ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไปในหัวข้อที่ 4.3.1.1. การสร้างข้อมูลความต้องการลำเลียงสินค้า

4.2.2 การวิเคราะห์กระบวนการทำงาน

จากการศึกษากระบวนการทำงานของระบบลำเลียงสินค้าในศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา การทำงานของ RGV มีการเชื่อมโยงข้อมูลกับ ระบบ WMS ระบบ WCS และสถานีงานที่เกี่ยวข้อง โดยมีการส่งผ่านข้อมูล และทำงานต่อเนื่องกันดังแสดงในรูปที่ 4-5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-5 แผนผังกระบวนการทำงาน

จากรูปที่ 4-5 ระบบลำเลียงสินค้าในศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษาทำงานโดยการรับข้อมูลความต้องการเบิกสินค้าในแต่ละรอบการเบิกจากระบบ WMS ประกอบกับรับข้อมูลงานที่ต้องการลำเลียงที่พนักงานรับเข้าสู่สถานีงาน โดยในการจำลองสถานการณ์ได้มีแนวคิดในการออกแบบให้ข้อมูลดังกล่าวจัดเก็บอยู่ในชุดข้อมูลความต้องการลำเลียงงานทั้งหมดถูกรวมอยู่ในชุดข้อมูลความต้องการลำเลียงสินค้า (taskList.DT) จากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนที่ระบบ WCS ทำการมอบหมายงานให้ RGV ซึ่งในกระบวนการนี้ ในแบบจำลองสถานการณ์ออกแบบให้มีการเรียกชุดข้อมูลตำแหน่งและสถานะของ RGV (RGVList.DT) เพื่อเทียบเคียงกับตำแหน่งของ RGV ในระบบการทำงานจริง จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการลำเลียงงาน โดยลำดับกระบวนการทำงานย่อยในกระบวนการลำเลียง ถูกออกแบบให้จัดเก็บอยู่ในชุดข้อมูลเหตุการณ์ที่ต้องเกิดขึ้นและเวลาคาดการณ์ (eventList.DT) เมื่อกระบวนการทำงานดำเนินไปจนงานในรอบเวฟนั้นๆ หมดลง จึงถือว่าสามารถปิดเวฟได้

4.2.2.1 งานและสถานีงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในระบบลำเลียงสินค้าของ RGV มีพื้นที่ทำงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 7 กลุ่ม ตามลักษณะการทำงาน โดยสามารถจัดเป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามที่มาของงาน ดังนี้

1. งานที่เกิดจากความต้องการของระบบ WMS และ WCS ได้แก่ งาน DDSD PKSD DDPK SDPK PKPK RePK ReSD SDRe DDRe DDDO และ SDDO โดยระบบ WMS สร้างข้อมูลความต้องการเบิกสินค้าตามรอบเวฟ จากนั้นส่งข้อมูลไปยัง AGC เพื่อควบคุมการทำงานของ SRM ให้นำพาเลท

สินค้าออกจากพื้นที่จัดเก็บมายังจุดพักพาเลทสินค้า เมื่อพาเลทลำเลียงมายังจุดพักเรียบร้อย ระบบ AGC จะสั่งสัญญาณไปยัง RGV เพื่อเข้ามารับงาน และลำเลียงไปยังจุดหยิบสินค้าซึ่งเป็นสถานีปลายทาง เมื่อพนักงานหยิบสินค้าครบตามยอดคำสั่งซื้อ พาเลทสินค้าจะเคลื่อนด้วยสายพานลำเลียงไปยังจุดพักพาเลท จากนั้น AGC ส่งสัญญาณไปยัง RGV เพื่อเข้ามารับพาเลทสินค้าและลำเลียงกลับไปยังพื้นที่จัดเก็บ หรือส่งต่อไปยังจุดหยิบสินค้าอื่น

2. งานที่เกิดจากการสั่งการของพนักงานที่สถานีงาน ได้แก่ งาน RDD และ DTDO พนักงานจะเป็นผู้ลำเลียงพาเลทงานเข้าสู่สถานี พาเลทสินค้าจะเคลื่อนด้วยสายพานลำเลียงไปยังจุดพักพาเลท จากนั้น AGC ส่งสัญญาณไปยัง RGV เพื่อเข้ามารับพาเลทสินค้าและลำเลียงไปยังสถานีปลายทาง

4.2.2.2 การทำงานของ RGV

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการศึกษาข้อมูลการดำเนินงานของ RGV ในศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษาพบว่าปัจจุบันมีการใช้งาน RGV 38 ตัว ทำงานด้วยการสอดประสานกันของระบบ WMS และ WCS โดยมี AGC ดูแลการประสานงานของเครื่องจักรตามพาเลทสินค้า และระบบ SRM หรือ AGC A และ AGC B ตามลำดับ ซึ่งได้แสดงแผนผังการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบ WMS และระบบ WCS ในรูปที่ 3-23 กิจกรรมของ RGV สามารถแบ่งเป็น 3 รูปแบบตามลักษณะการเคลื่อนที่ ดังนี้

- Pickup เป็นการเคลื่อนที่เพื่อรับงาน ณ สถานีงานต้นทาง โดยงานดังกล่าวเป็นงานที่ SRM ลำเลียงออกจากพื้นที่จัดเก็บ เมื่องานลงมาถึงยังจุดพักพาเลทระบบ AGC จะส่งสัญญาณ
- Deposit เป็นการลำเลียงพาเลทไปส่งยังสถานีงานปลายทาง
- Idle Move การเคลื่อนที่ของ RGV ที่มีสถานะว่าง

ศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษากำหนดลำดับความสำคัญของงานที่ RGV จะเลือกรับจากแต่ละสถานีงานกรณีที่งานเข้าสู่ระบบพร้อมกันตามคำแนะนำของผู้ผลิตอุปกรณ์ ซึ่งเป็นการพิจารณานโยบายการมอบหมายงานที่กระบวนการตามหลังมากสุดร่วมกับความเร่งด่วนของงาน โดยสามารถเรียงลำดับความสำคัญของงานจากมากไปน้อยได้ดังนี้

1. งานรับสินค้าเข้าพื้นที่จัดเก็บ และงาน DS
2. งานเบิกพาเลทสินค้าและเติมสินค้าในลักษณะกล่อง หรือชิ้น
3. งานหยิบสินค้าตามรอบเวฟ
4. งานย้ายสินค้าระหว่างพื้นที่จัดเก็บ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระบบจะพิจารณามอบหมายงานให้กับ RGV ที่มีสถานะว่าง และเลือกมอบหมายงานที่ RGV ตัวนั้นๆ สามารถทำจบได้เร็วที่สุด โดยศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษามีค่าดัชนีชี้วัดที่เกี่ยวกับเวลารอของงาน โดยคาดหวังให้งานที่เข้าสู่ระบบแล้วควรต้องถูกมอบหมายให้ RGV ภายใน 3 นาที เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องในการดำเนินงานที่สถานีงาน

4.3 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์

ผู้วิจัยประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์แบบ Monte Carlo เนื่องจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยสัดส่วนงานที่เกิดขึ้นรายชั่วโมงจากข้อมูลประวัติการทำงานของ RGV ในหัวข้อ 4.2.1.2 พบว่าอัตราการเกิดงานแต่ละประเภทในระบบจริงมีความไม่คงที่ จึงใช้ค่าความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่งานประเภทต่างๆ เข้าสู่ระบบ [28] นอกจากนี้ได้ใช้ข้อมูลค่าคงที่และค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่างๆในระเง เช่น ความเร็ว และตำแหน่งขอสถานีงาน มาเป็นข้อมูลในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ โดยพิจารณาสถานะของระบบตามจุดเวลาที่สนใจ (TNOW)

4.3.1 การพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์

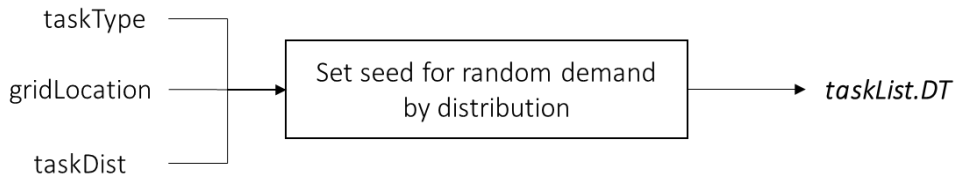
ผู้วิจัยได้แบ่งการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ การสร้างข้อมูลความต้องการลำเลียงสินค้า และการสร้างระบบรับ-ส่งงานของ RGV โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.3.1.1 การสร้างข้อมูลความต้องการลำเลียงสินค้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระบบการทำงานของศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษาจะมีการรวบรวมข้อมูลความต้องการสินค้าทั้งหมดที่ได้มีเข้ามาจากสาขา จากนั้นทำการสรุปจำนวนสินค้าที่ต้องการเบิกทั้งหมดในรอบการหยิบนั้นๆ ก่อนจะเปิดรอบการหยิบสินค้าและส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบไปยังพื้นที่จัดเก็บเพื่อทำการเบิกสินค้าต่อไป พาเลทสินค้าที่ถูกเบิกออกจากพื้นที่จัดเก็บเรียบร้อยแล้วจะเคลื่อนมาที่สถานี P&D เพื่อรอลำเลียงด้วย RGV นอกจากนี้ยังมีงานที่จะเข้าสู่สถานี P&D เนื่องจากการสั่งลำเลียงของพนักงานที่สถานี ได้แก่ งานรับสินค้าเข้า งานย้ายสินค้าระหว่างอาคาร และงานคืนสินค้าเข้าพื้นที่จัดเก็บ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลงานที่เข้าสู่สถานี P&D

ทั้งหมดจะถูกรวมเข้าเป็นข้อมูลความต้องการลำเลียงสินค้า โดยมีแผนผังแบบจำลองสถานการณ์ดังรูปที่ 4-6



รูปที่ 4-6 แผนผังการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ส่วนข้อมูลความต้องการลำเลียงสินค้า

จากรูปที่ 4-6 ในการสร้างข้อมูลความต้องการลำเลียงสินค้าใช้ข้อมูลนำเข้า 3 รายการ คือ ข้อมูลประเภทของงาน (taskType) ข้อมูลเส้นทางการเคลื่อนที่ (gridLocation) และข้อมูลวิเคราะห์การกระจายของงานจากระบบจริง (taskDist) สร้างชุดข้อมูลความต้องการลำเลียงงาน (taskList.DT) ซึ่งอยู่ในรูปแบบ Data Table ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 4-6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-6 ตัวอย่างข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นใน taskList.DT

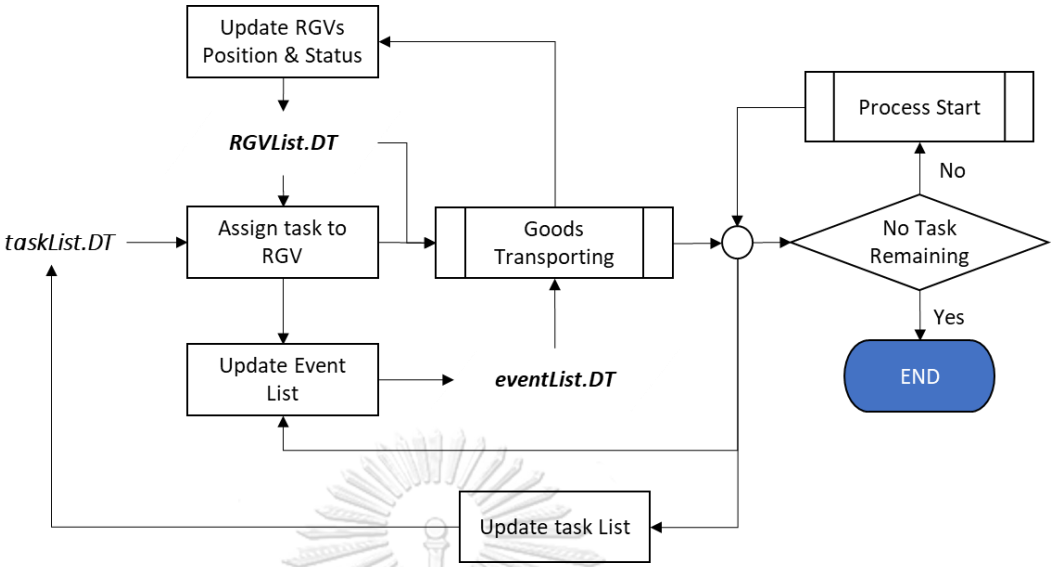
destLoc	destGrid	oriLoc	oriGrid	taskID	task	hr	genTime
PK-08	113	SD-12	80	1	SDPK	0	0.13
PK-06	115	SD-13	81	2	SDPK	0	0.13
PK-01	120	SD-16	84	3	SDPK	0	0.18
DSout-01	62	DST-02	109	4	DTDO	0	0.27
PK-12	103	SD-25	93	5	SDPK	0	0.55
DSout-02	62	DST-01	109	6	DTDO	0	0.55
PK-07	114	SD-15	83	7	SDPK	0	0.57
SD-18	86	DD-08	45	8	DDSD	0	0.60
PK-08	113	PK-16	99	9	PKPK	0	0.77
PKF-02	112	SD-12	80	10	SDPK	0	0.80

จากตารางที่ 4-6 ข้อมูลที่ระบุใน taskList.DT ประกอบด้วย หมายเลขงาน ชั่วโมงการดำเนินงาน เวลาที่งานเข้าสู่ระบบ สถานีงานต้นทาง และ สถานีงานปลายทาง โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลนำเข้าของระบบรับ-ส่งงานของ RGV

4.3.1.2 การสร้างระบบรับ-ส่งงานของ RGV

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบจำลองสถานการณ์ในส่วนระบบรับ-ส่งงานของ RGV เป็นส่วนที่ต่อจากแบบจำลองสถานการณ์ส่วนข้อมูลความต้องการลำเลียงสินค้า โดยแผนผังการสร้างแบบจำลองสถานการณ์แสดงดังรูปที่ 4-7



รูปที่ 4-7 แผนผังการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ส่วนระบบรับ-ส่งงานของ RGV

จากรูปที่ 4-7 แบบจำลองสถานการณ์ของระบบรับ-ส่งงานของ RGV จะรับเข้าข้อมูลความต้องการลำเลียงงานเริ่มต้นจากข้อมูล taskList.DT ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ส่วนแรก โดยกระบวนการมอบหมายงานจะพิจารณาจาก RGV ที่มีสถานะว่างงานที่อยู่ใกล้สถานีงานที่สุดเข้ามารับงานจากข้อมูล RGVList.DT จากนั้นสร้างฐานข้อมูล eventList.DT ซึ่งจะถูกนำเข้ามูลเหตุการณ์เข้าไปดำเนินงานในกระบวนการลำเลียงงาน ซึ่งกระบวนการนี้ประกอบด้วยกิจกรรมย่อยได้แก่ กิจกรรมเคลื่อนที่ แบบ Pickup แบบ Deposit และ การเข้ารับ-ส่งพาเลทที่สถานีงาน แบบจำลองสถานการณ์ในส่วนนี้กำหนดให้ RGV เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่และไม่พิจารณาการชะลอความเร็วขณะเลี้ยวโค้ง เมื่อจบแต่ละกิจกรรมแบบจำลองสถานการณ์จะปรับปรุงข้อมูลเวลาคาดการณ์เป็นเวลาที่กิจกรรมเสร็จสิ้นจริง โดยเวลาคาดการณ์และเวลาที่งานเข้าสู่ระบบจะถูกใช้เป็น TNOW

เมื่อพิจารณา taskList.DT แล้วพบว่าไม่มีงานที่รอการลำเลียงคงเหลือในระบบ และเหตุการณ์ใน eventList.DT ถูกดำเนินการจนครบทุกรายการ จึงจะถือว่าระบบทำงานเสร็จสิ้น โดยตัวอย่างชุดข้อมูลที่ใช้ในกระบวนการแสดงดังตารางที่ 4-7 ถึง 4-9

ตารางที่ 4-7 ตัวอย่างข้อมูล RGVList.DT

name	posi	cumDist	status	gridNo
R01	121.68	122.68	X	122
R02	118.94	120.94	X	119
R03	115.80	118.80	T	116
R04	112.83	116.83	T	113
R05	108.49	113.49	I	108
R06	107.49	113.49	I	107
R07	98.32	105.32	T	98
R08	84.44	92.44	T	84
R09	83.44	92.44	I	83
R10	80.14	90.14	T	80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-8 ตัวอย่างข้อมูล eventList.DT

taskType	order	EventCode	EventDescrip	RelatedTask	Prob	destLoc	destGrid	oriLoc	oriGrid	taskID	hr	genTime	odDist	eventID	status	assiTime	estCompTime	actCompTime
DTDO	1	I	DTDO_RGV move to O	NA	0.00	DSout-02	62	DST-01	109	31	0	2.40	103	E00031_1	C	2.400000	6.226087	6.226087
DTDO	2	L	DTDO_load	NA	0.00	DSout-02	62	DST-01	109	31	0	2.40	103	E00031_2	C	2.400000	6.256087	6.256087
DTDO	3	T	DTDO_RGV transport to D	NA	0.00	DSout-02	62	DST-01	109	31	0	2.40	103	E00031_3	X	2.400000	9.117198	-1.000000
DTDO	4	U	DTDO_unload	NA	0.00	DSout-02	62	DST-01	109	31	0	2.40	103	E00031_4	X	2.400000	9.147198	-1.000000
RDD	1	I	RDD_RGV move to O	NA	0.00	DD-06	49	R-04	147	32	0	2.46	52	E00032_1	C	2.460000	3.199130	3.199130
RDD	2	L	RDD_load	NA	0.00	DD-06	49	R-04	147	32	0	2.46	52	E00032_2	C	2.460000	3.229130	3.229130
RDD	3	T	RDD_RGV transport to D	NA	0.00	DD-06	49	R-04	147	32	0	2.46	52	E00032_3	C	2.460000	4.673575	4.673575
RDD	4	U	RDD_unload	NA	0.00	DD-06	49	R-04	147	32	0	2.46	52	E00032_4	C	2.460000	4.703575	4.703575
PKSD	1	I	PKSD_RGV move to O	NA	0.00	SD-22	90	PK-02	119	33	0	2.50	121	E00033_1	C	2.500000	2.521739	2.521739
PKSD	2	L	PKSD_load	NA	0.00	SD-22	90	PK-02	119	33	0	2.50	121	E00033_2	C	2.500000	2.551739	2.551739
PKSD	3	T	PKSD_RGV transport to D	NA	0.00	SD-22	90	PK-02	119	33	0	2.50	121	E00033_3	C	2.500000	5.912850	5.912850
PKSD	4	U	PKSD_unload	NA	0.00	SD-22	90	PK-02	119	33	0	2.50	121	E00033_4	C	2.500000	5.942850	5.942850

ตารางที่ 4-9 ตัวอย่างข้อมูล taskList.DT หลังดำเนินงาน

destLoc	destGrid	oriLoc	oriGrid	taskID	task	hr	genTime	odDist	status	whRGV	RGV2.Ori	RGV2.Dest	assiTime
PK-08	113	SD-12	80	1	SDPK	0	0.13	33	C	R01	118	1	0.130000
PK-06	115	SD-13	81	2	SDPK	0	0.13	34	C	R02	117	1	0.130000
PK-01	120	SD-16	84	3	SDPK	0	0.18	36	C	R03	11	47	0.180000
DSout-01	62	DST-02	109	4	DTDO	0	0.27	103	C	R04	51	4	0.270000
PK-12	103	SD-25	93	5	SDPK	0	0.55	10	C	R05	3	13	0.550000
DSout-02	62	DST-01	109	6	DTDO	0	0.55	103	C	R06	49	2	0.550000
PK-07	114	SD-15	83	7	SDPK	0	0.57	31	C	R07	10	41	0.570000
SD-18	86	DD-08	45	8	DDSD	0	0.60	41	C	R08	16	57	0.600000
PK-08	113	PK-16	99	9	PKPK	0	0.77	14	C	R09	3	17	0.770000
PKF-02	112	SD-12	80	10	SDPK	0	0.80	32	C	R10	19	51	0.800000

จากตารางที่ 4-7 ข้อมูล RGVList.DT ประกอบด้วยข้อมูล ชื่อและหมายเลข RGV (name) ตำแหน่งจริงของ RGV ณ ปัจจุบัน (posi) ระยะทางเคลื่อนที่สะสม (cumDist) สถานะปัจจุบันของ RGV (status) โดยสถานะของ RGV จะมีการเชื่อมโยงและเปลี่ยนไปตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในข้อมูล eventList.DT และสุดท้ายคือข้อมูล หมายเลขช่องที่ RGV อยู่ในเส้นทางการเคลื่อนที่ โดยหมายเลขช่องจะเป็นข้อมูลบริเวณที่ RGV อยู่ ณ เวลาที่สังเกต

ในตารางที่ 4-8 ข้อมูล eventList.DT ประกอบด้วยรายละเอียดหลักดังนี้ ชื่องาน (taskType) ลำดับ (order) รหัสเหตุการณ์ (EventCode) ชื่อเหตุการณ์ (EventDescrip) ตำแหน่งสถานีต้นทาง-ปลายทาง (oriGrid และ destGrid) ชื่อสถานีต้นทาง-ปลายทาง (oriLoc และ destLoc) หมายเลขงาน (taskID) เวลาที่งานเข้าสู่ระบบ (genTime) สถานการณ์ดำเนินงาน (status) เวลาที่งานถูกมอบหมาย (assiTime) เวลาคาดการณ์ (estCompTime) และเวลาที่เหตุการณ์ดำเนินการเสร็จสิ้นจริง (actCompTime)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ในตารางที่ 4-9 ข้อมูล taskList.DT หลังดำเนินงานมีข้อมูลที่เพิ่มขึ้นจากชุดข้อมูลที่ออกจากแบบจำลองสถานการณ์ในส่วนแรก ดังนี้ ระยะทางจากต้นทางถึงปลายทาง (odDist) สถานะการดำเนินงาน RGV ที่ได้รับมอบหมาย (status) ระยะห่างระหว่าง RGV จากสถานีต้นทางและปลายทาง ณ เวลาที่มอบหมายงาน (RGV2.Ori และ RGV2.Dest) และเวลาที่มอบหมายงานให้ RGV (assiTime)

ในชุดข้อมูลทั้ง 3 รายการของระบบรับ-ส่งงานของ RGV มีการใช้ตัวย่อเพื่อแทนสถานะการทำงานในชุดข้อมูลนั้นๆ โดยตัวอักษรต่างๆที่ถูกนำมาใช้งานมีความหมายดังนี้

- X หมายถึง สถานะว่าง หรือ ยังไม่ถูกมอบหมาย
- A หมายถึง ถูกมอบหมายเรียบร้อย
- C หมายถึง ดำเนินการสำเร็จ
- I หมายถึง RGV เคลื่อนที่ไปยังสถานีต้นทาง (Pickup)
- L หมายถึง RGV รับงานจากสถานีต้นทาง
- U หมายถึง RGV ส่งงานที่สถานีปลายทาง
- T หมายถึง RGV ลำเลียงงานจากสถานีต้นทางไปยังปลายทาง (Deposit)

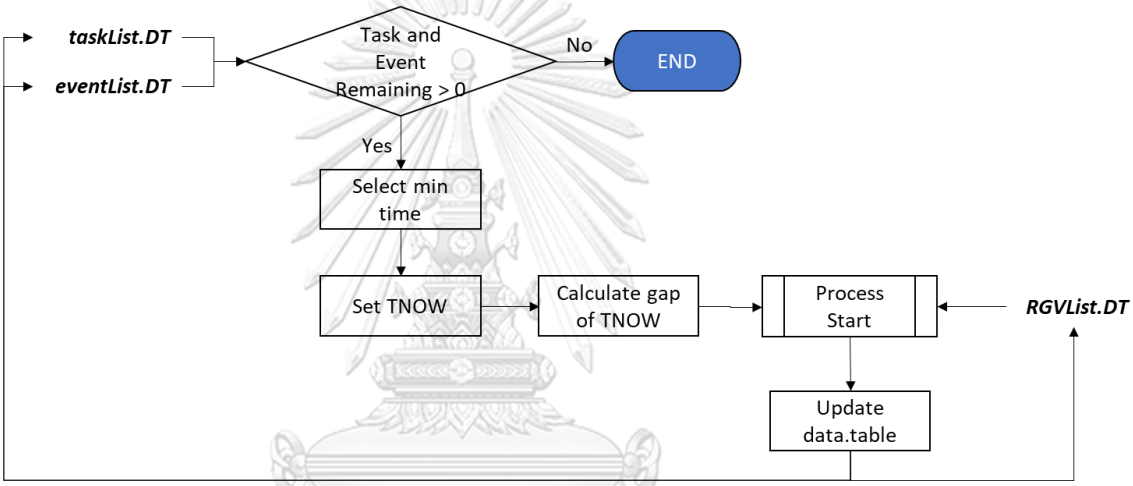
4.3.1.3 การดำเนินไปของสถานการณ์ในแบบจำลอง

การดำเนินไปของสถานการณ์ในแบบจำลองเกิดจากการเลือกเหตุการณ์ในอนาคตที่ใกล้ที่สุดมาทำ และกำหนดให้ TNOW ที่สนใจมีค่าเท่ากับเวลาเสร็จสิ้นของเหตุการณ์นั้นๆ โดยอนุมานว่าเหตุการณ์ดำเนินไปในช่วงเวลา TNOW ที่เปลี่ยนไป ข้อมูลที่ถูกนำมาพิจารณาเพื่อเป็น TNOW ถัดไป มีดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- เวลาที่งานเข้าสู่ระบบ (genTime) และมีสถานะ “X” จาก taskList.DT
- เวลาคาดการณ์ (estCompTime) และมีสถานะ “X” จาก eventList.DT

เมื่อระบบของแบบจำลองสถานการณ์ทำเหตุการณ์หรือกิจกรรมใดๆจบกระบวนการ ระบบจะคืนค่าสถานะของเหตุการและงานกลับสู่ชุดข้อมูล eventList.DT และ taskList.DT และคืนค่าเวลาที่เหตุการณ์ดำเนินการเสร็จสิ้นจริงกลับสู่ชุดข้อมูล eventList.DT จากนั้น ระบบจะค้นหา TNOW ถัดไปจนกว่างานและเหตุการณ์ที่ยังไม่เกิดขึ้นของระบบหมดลง โดยแผนผังการดำเนินสถานการณ์ในแบบจำลองแสดงในรูปที่ 4-8

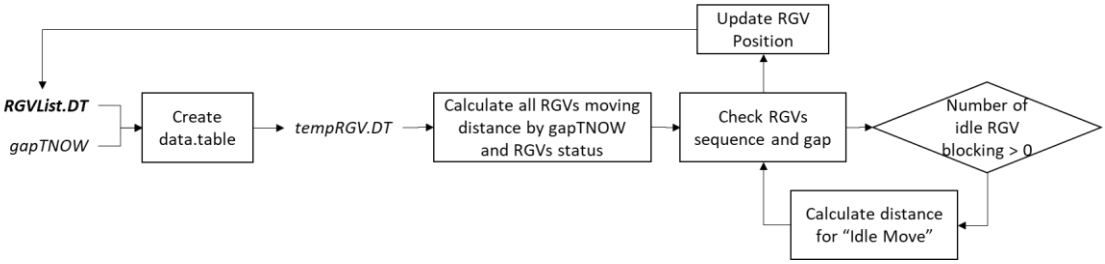


รูปที่ 4-8 แผนผังการดำเนินสถานการณ์ในแบบจำลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3.1.4 การคำนวณระยะเคลื่อนที่ของ RGV

RGV แต่ละตัวมีการทำงานเกี่ยวเนื่องกัน เนื่องจากเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นวงปิดรูปตัว “T” ทำให้มีการเคลื่อนที่ตามกัน ดังนั้นการเคลื่อนที่ของ RGV จึงต้องมีการเว้นระยะเพื่อป้องกันการชน ซึ่งในแบบจำลองกำหนดให้ต้องมีการเว้นระยะห่างระหว่าง RGV อย่างน้อย 1 grid และระยะทางที่สามารถเคลื่อนที่ได้จะพิจารณาจากตำแหน่งของ RGV ตัวที่อยู่ด้านหน้าในการคำนวณด้วย เพื่อป้องกันการสลับตำแหน่ง โดยกระบวนการที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของ RGV ถูกบรรจุในฟังก์ชัน updateRGVPosi ซึ่งแสดงแผนผังได้ดังรูปที่ 4-9



รูปที่ 4-9 แผนผังกระบวนการควบคุมการเคลื่อนที่ของ RGV

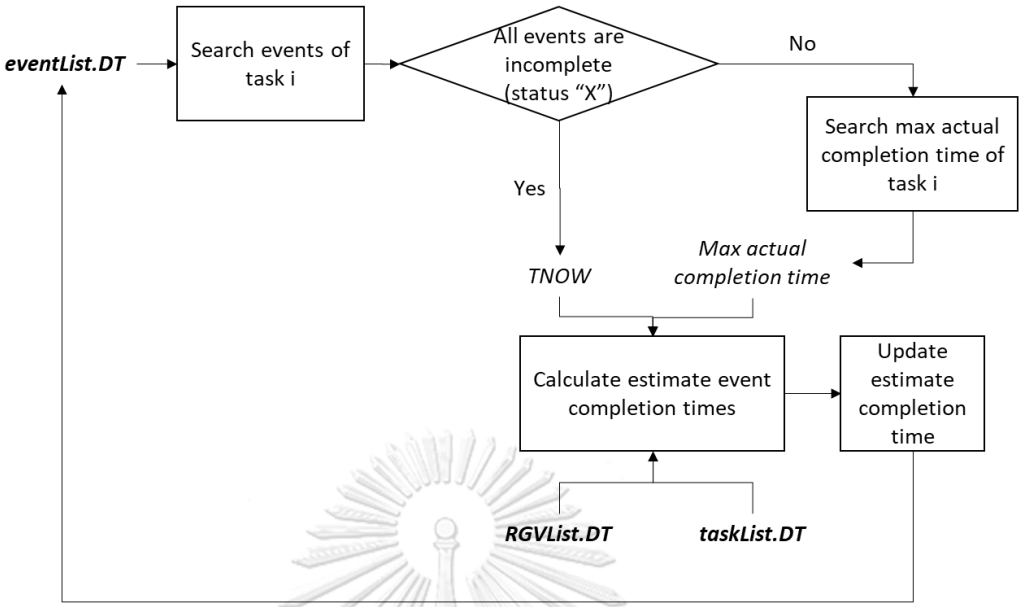
จากหัวข้อที่ 4.2.2.3. การทำงานของ RGV สามารถแบ่งได้ 3 รูปแบบ ตามลักษณะการเคลื่อนที่ คือ Pickup Deposit และ Idel Move ซึ่งแต่ละรูปแบบการเคลื่อนที่มีการเลือกใช้ความเร็วในการคำนวณที่ต่างกัน ดังนี้

- ความเร็วขณะวิ่งรถเปล่า : Pickup และ Idel Move
- ความเร็วขณะลำเลียงสินค้า : Deposit

4.3.1.5 การคำนวณเวลาคาดการณ์ในชุดข้อมูล eventList.DT

เวลาคาดการณ์ถูกสร้างขึ้นเพื่อให้ระบบมีการตรวจสอบการเสร็จสิ้นของงานที่มีการมอบหมายให้ RGV และเปลี่ยนสถานะการทำงานให้สามารถดำเนินกิจกรรมสำหรับเหตุการณ์ต่อไปได้ โดยกระบวนการที่คำนวณเวลาเสร็จสิ้นเหตุการณ์ถูกบรรจุในฟังก์ชัน estimateEventTime ดังแสดงในรูปที่ 4-10

Chulalongkorn University



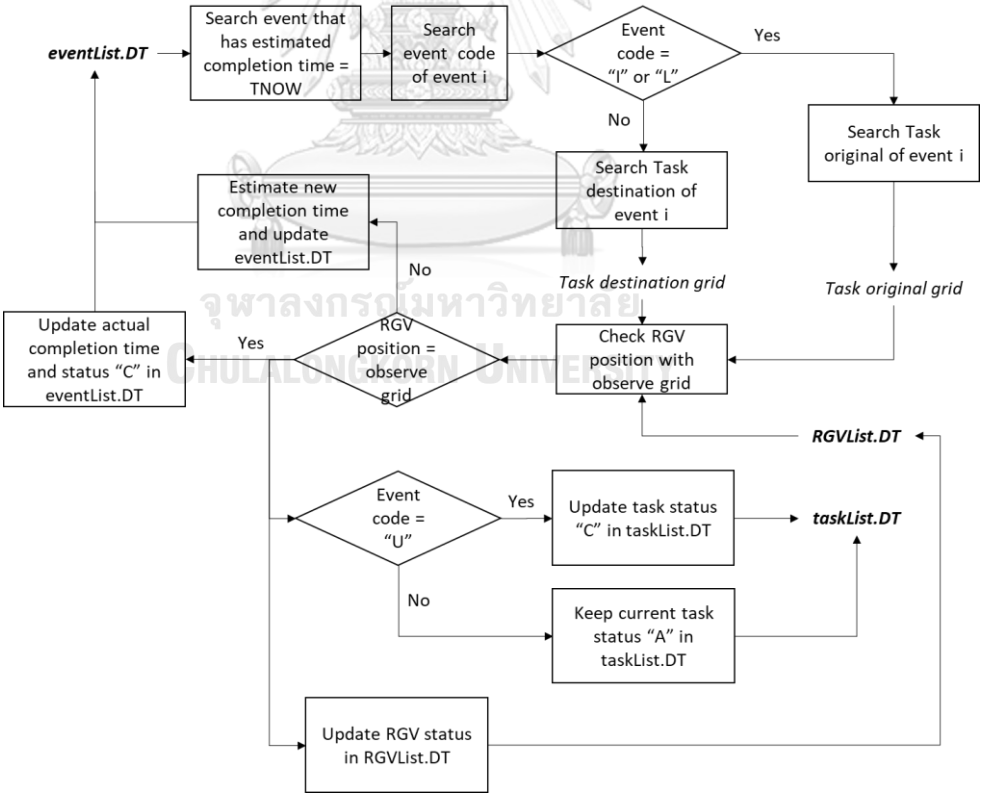
รูปที่ 4-10 แผนผังกระบวนการคาดการณ์เวลาเสร็จสิ้นเหตุการณ์

การคำนวณเวลาเสร็จสิ้นเหตุการณ์ในรูปที่ 4-10 จะเกิดขึ้นครั้งแรกเมื่องานใดๆ ถูกมอบหมายให้ RGV และจะเกิดการคำนวณใหม่เมื่อเหตุการณ์ไม่เสร็จสิ้นตามเวลาคาดการณ์ในชุดข้อมูล eventList.DT โดยอ้างอิงจากเวลาเสร็จสิ้นจริงของเหตุการณ์ก่อนหน้า หากเหตุการณ์เสร็จสิ้นระบบจะบันทึกเวลาเสร็จสิ้นเหตุการณ์จริงลงในชุดข้อมูล eventList.DT และเปลี่ยนสถานะเป็นเสร็จสิ้น “C” โดยรายละเอียดการเปลี่ยนสถานะเหตุการณ์จะกล่าวถึงในหัวข้อ 4.3.1.6. การระบุสถานะในชุดข้อมูล taskList.DT และ eventList.DT

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3.1.6 การระบุสถานะในชุดข้อมูล taskList.DT eventList.DT และ RGVList.DT

การระบุสถานะในชุดข้อมูล taskList.DT eventList.DT และ RGVList.DT เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อเหตุการณ์ใดๆ ถูกทำเสร็จสิ้น จากนั้นระบบทำการระบุสถานะของเหตุการณ์ถัดไปเพื่อให้ RGV ทำเหตุการณ์นั้น โดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการระบุสถานะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับ การลำเลียงงาน ตำแหน่ง และสถานะของ RGV ประกอบกับเวลาคาดการณ์การเสร็จสิ้นเหตุการณ์ และ TNOW โดยกระบวนการระบุสถานะงานและเหตุการณ์ในชุดข้อมูล taskList.DT eventList.DT และ RGVList.DT ถูกบรรจุในฟังก์ชัน stampCompeteTime ของแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งแสดงแผนผังดังรูปที่ 4-11



รูปที่ 4-11 แผนผังกระบวนการระบุสถานะในชุดข้อมูลในแบบจำลอง

จากแผนผังกระบวนการระบุสถานะในรูปที่ 4-11 เมื่อเหตุการณ์ใดๆ ถูกทำเสร็จสิ้น ณ เวลา TNOW จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะเหตุการณ์เป็น เสร็จสิ้น “C” ในชุดข้อมูล eventList.DT และเปลี่ยนสถานะการทำงานของ RGV เป็นสถานะที่ระบุด้วยรหัสเหตุการณ์ต่อไป และเมื่อเหตุการณ์ถูกทำเสร็จสิ้นจนถึงเหตุการณ์ส่งงานที่สถานีปลายทาง “U” จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของงานในชุดข้อมูล taskList.DT เป็นการลำเลียงงานเสร็จสิ้น “C” ส่วนสถานะของ RGV จะถูกเปลี่ยนเป็น ว่าง “X” เพื่อรอรับการมอบหมายงานในอนาคต

4.3.2 การจำลองสถานการณ์ในปัจจุบัน

จากการพิจารณาระบบการลำเลียงงานของ RGV พบว่าเป็นระบบที่ไม่ต่อเนื่องตามเวลา กิจกรรมในระบบเปลี่ยนแปลงไปตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น พิจารณาสถานะของระบบตามจุดเวลาที่สนใจเป็นเวลาที่ TNOW ต่างๆ ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ประกอบด้วย ข้อมูลข้อมูล taskType ข้อมูล gridLocation ข้อมูล taskDist ที่ได้จากการวิเคราะห์ และข้อมูลค่าคงที่และค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่างๆในรบบจริง เช่น ความเร็ว และตำแหน่งขอสถานีงาน มาเป็นข้อมูลในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ โดยผู้วิจัยได้จำลองสถานการณ์ของระบบที่ดำเนินการในปัจจุบัน ด้วยรูปแบบนโยบายการทำงานดังนี้

1. รูปแบบนโยบายการมอบหมายงานให้ RGV จะเลือก RGV ที่มีสถานะว่างและอยู่ใกล้สถานีงานต้นทางมากที่สุด โดยในระบบมี RGV ทั้งหมด 38 ตัว

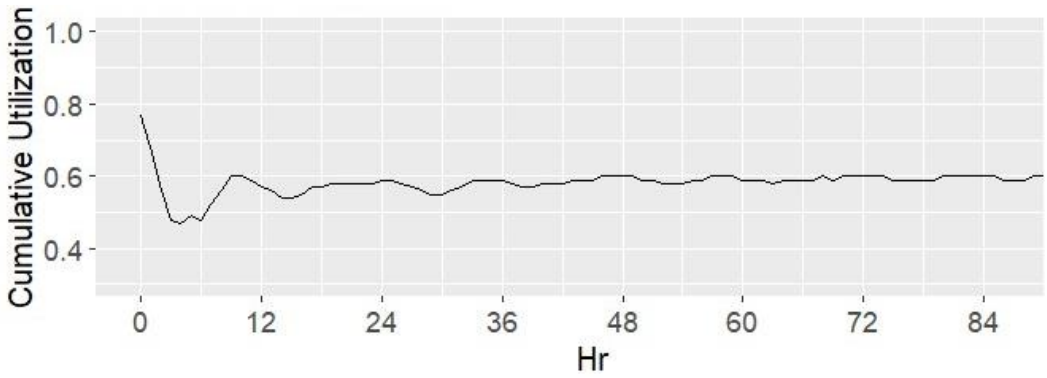
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. นโยบายการจัดลำดับงานจะเลือกงานที่สามารถทำจบได้เร็วที่สุดก่อน โดยพิจารณาจากระยะทางเคลื่อนที่รวม หากมีงานที่ระยะทางเคลื่อนที่รวมเท่ากันหลายงาน จะเลือกรับงานแบบ FIFO
3. แบบจำลองสถานการณ์จะสิ้นสุดเมื่อการลำเลียงงานปัจจุบันเสร็จสิ้นและไม่มีงานค้างในระบบ
4. กำหนดให้แบ่งระยะในเส้นทางการเคลื่อนที่เป็น grid จำนวน 150 grid โดยในแต่ละ grid จะมี RGV อยู่ได้ 1 ตัวเท่านั้น เพื่อป้องกันการชนและแซงกันของ RGV

4.3.3 การกำหนดช่วงเวลาที่จะเข้าสู่สภาวะคงตัว

การกำหนดช่วงเวลาที่จะเข้าสู่สภาวะคงตัว (Warm-up Period) ทำโดยการจำลองสถานการณ์ในปัจจุบัน และเก็บผลของค่าอรรถประโยชน์สะสม (Cumulative Utilization) ของ RGV โดยได้ผลดังรูปที่ 4-12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-12 ค่า Cumulative Utilization รายชั่วโมงของสถานการณ์ปัจจุบัน

จากรูปที่ 4-12 ค่า Cumulative Utilization สูงสุดในชั่วโมงที่ 0 โดยมีค่าอยู่ที่ 0.77 และตกลงมาต่ำสุดในชั่วโมงที่ 4 โดยมีค่าอยู่ที่ 0.47 และเริ่มเข้าสู่สภาวะคงตัวในชั่วโมงที่ 8 เป็นต้นไป โดยให้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.6 ผู้วิจัยจึงกำหนดให้ช่วง Warm-up Period ของการจำลองสถานการณ์อยู่ที่ 12 ชั่วโมง เนื่องจากตรงกับเวลาพักระหว่างเวฟของการทำงานจริงในศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา

4.4 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์

แบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นจะถูกทำการทดสอบความถูกต้องก่อนนำไปประยุกต์ใช้งานและเก็บผลการทดลอง ด้วยการทำทดสอบสมมติฐานสองทาง (Two-Tailed Hypothesis Test หรือ t-test) ผ่านโปรแกรม R/RStudio โดยได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ช่วงด้วยกัน คือ การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองสถานการณ์ และ การตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.4.1 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองสถานการณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลนำเข้า ผู้วิจัยตรวจสอบข้อมูลแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้น เปรียบเทียบปริมาณความต้องการลำเลียงสินค้าของแบบจำลองสถานการณ์กับข้อมูลของระบบจริง โดยทำการทดสอบ t-test วิเคราะห์ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยกำหนดสมมติฐานดังนี้

H_0 ปริมาณความต้องการลำเลียงสินค้ามีค่าไม่แตกต่างกัน

H_a ปริมาณความต้องการลำเลียงสินค้ามีค่าแตกต่างกัน

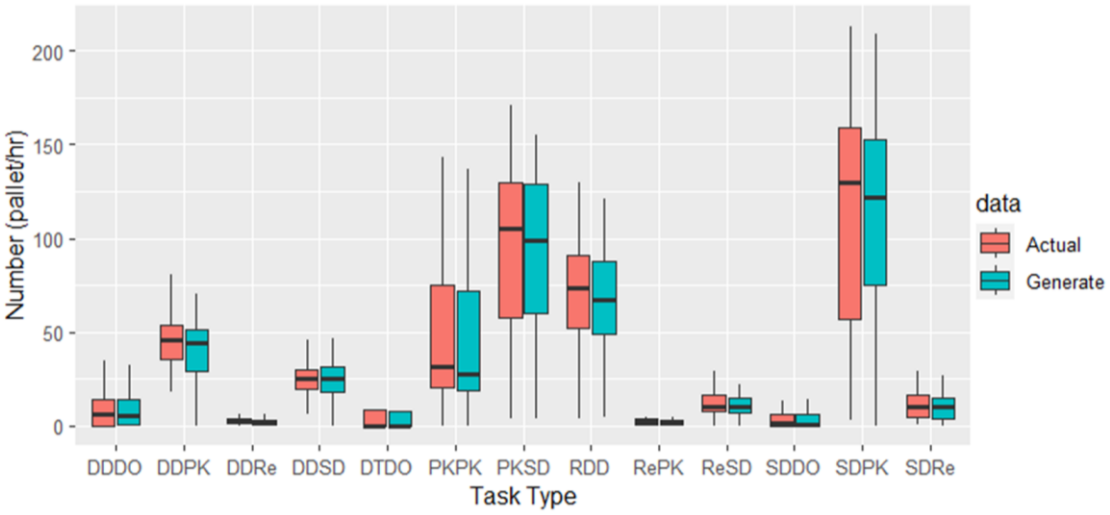
ทำการทดสอบข้อมูลด้วยโปรแกรม R/Rstudio ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 4-13

```
> t.test(actualDemand,generaDemand)

        Welch Two Sample t-test

data:  actualDemand and generaDemand
t = 0.55141, df = 620.82, p-value = 0.5816
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -5.139253  9.152074
sample estimates:
mean of x mean of y
 35.78846  33.78205
```

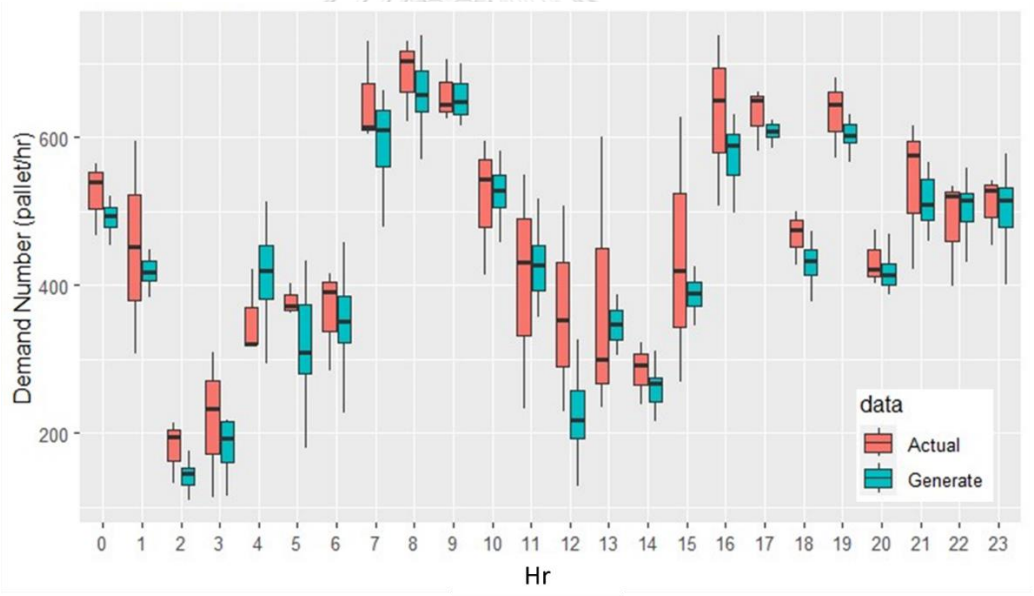
รูปที่ 4-13 ผลการทดสอบความถูกต้องของปริมาณความต้องการลำเลียงสินค้า

จากรูปที่ 4-13 ผลการทดสอบ t-test ค่า p-value เท่ากับ 0.5816 มีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ปริมาณความต้องการลำเลียงสินค้าทั้งหมดมีค่าไม่แตกต่างกัน ส่วนปริมาณงานที่เกิดขึ้นแต่ละประเภทของข้อมูลจริงและข้อมูลที่สร้างขึ้น และข้อมูลปริมาณงานภาพรวมที่เกิดขึ้นต่อชั่วโมง นำเสนอด้วย Box-and-Whisker Plot ดังรูปที่ 4-12 และ 4-13 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-14 การกระจายของข้อมูลงานที่เกิดขึ้นตามประเภทงาน



รูปที่ 4-15 การกระจายของข้อมูลปริมาณงานภาพรวมที่เกิดขึ้นต่อชั่วโมง

การกระจายในรูปที่ 4-14 และ 4-15 แสดงการกระจายของคำสั่งงาน ของงานที่เกิดขึ้นจริงและข้อมูลที่สร้างขึ้นมีลักษณะการกระจายที่ใกล้เคียงกัน และได้นำข้อมูลไปทำทดสอบเปรียบเทียบลักษณะการกระจายด้วยวิธี Kolmogorov-Smirnov Test หรือ KS-Test ผ่าน

โปรแกรม R/RStudio ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยกำหนดสมมติฐานดังนี้

H_0 งานของข้อมูลจริงและข้อมูลที่สร้างขึ้นมีลักษณะการกระจายเหมือนกัน

H_1 งานของข้อมูลจริงและข้อมูลที่สร้างขึ้นมีลักษณะการกระจายต่างกัน

โดยค่า p-value ที่ได้จากการทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลงานที่เกิดขึ้นจริงและข้อมูลที่สร้างขึ้นตามประเภทงาน ดังตารางที่ 4-10 และรูปที่ 4-16

ตารางที่ 4-10 ค่า p-value จากการทดสอบปริมาณงานที่เกิดขึ้นตามประเภทงาน

ประเภทงาน	**ค่า p-value**
DDDO	1.0000
DDPK	0.9920
DDRe	0.6749
DDSD	0.8928
DTDO	1.0000
PKPK	1.0000
PKSD	0.6749
RDD	0.9920
RePK	0.8928
ReSD	0.9920
SDDO	1.0000
SDPK	0.9920
SDRe	0.8928

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
> ks.test(actualDem,generateDem)

        Two-sample Kolmogorov-Smirnov test

data:  actualDem and generateDem
D = 0.16667, p-value = 0.8928
alternative hypothesis: two-sided
```

รูปที่ 4-16 ผลการทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณงานภาพรวมที่เกิดขึ้นต่อชั่วโมง

จากตารางที่ 4-10 ผลการทดสอบเปรียบเทียบปริมาณงานที่เกิดขึ้นจริงกับข้อมูลที่สร้างขึ้นตามประเภทงาน และรูปที่ 4-16 ผลการทดสอบเปรียบเทียบปริมาณงานภาพรวมที่เกิดขึ้นต่อชั่วโมง พบว่าค่า p-value ของปริมาณงานทุกประเภท รวมถึงปริมาณงานภาพรวมที่เกิดขึ้นต่อชั่วโมง มีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นสรุปว่าไม่สามารถปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 งานจากข้อมูลจริงกับงานจากข้อมูลที่สร้างขึ้นมีลักษณะการกระจายเหมือนกันสามารถนำข้อมูลการกระจายของงานไปสร้างแบบจำลองในส่วนการสร้างข้อมูลความต้องการสินค้าได้

4.4.2 การตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์ ด้วยการทดสอบ t-test เปรียบเทียบปริมาณงานที่ลำเลียงสำเร็จจากแบบจำลองสถานการณ์กับข้อมูลของระบบจริง โดยวิเคราะห์ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยกำหนดสมมติฐานดังนี้

H_0 ปริมาณงานที่ลำเลียงสำเร็จมีค่าไม่แตกต่างกัน

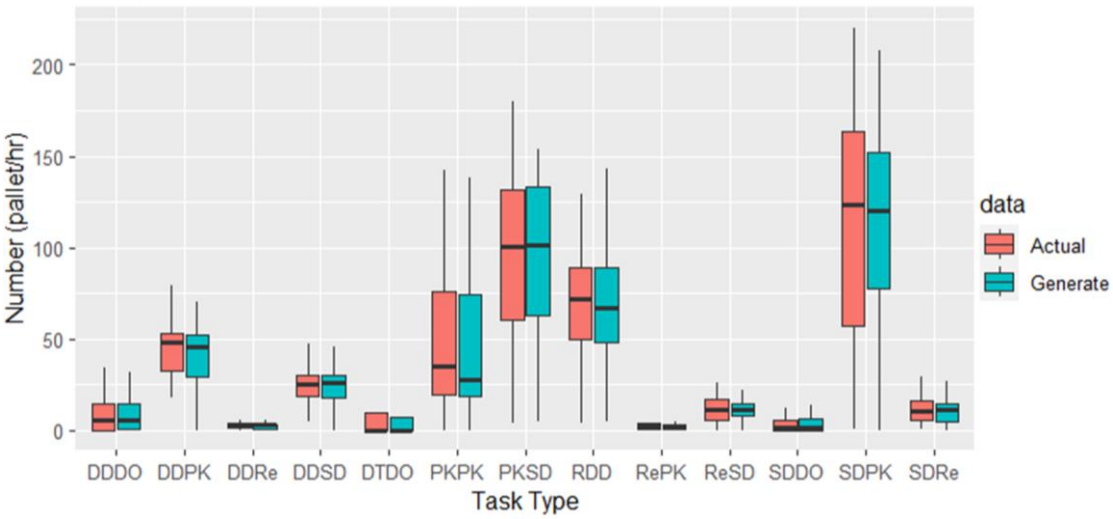
H_a ปริมาณงานที่ลำเลียงสำเร็จมีค่าแตกต่างกัน

ทำการทดสอบข้อมูลด้วยโปรแกรม R/Rstudio ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 4-12

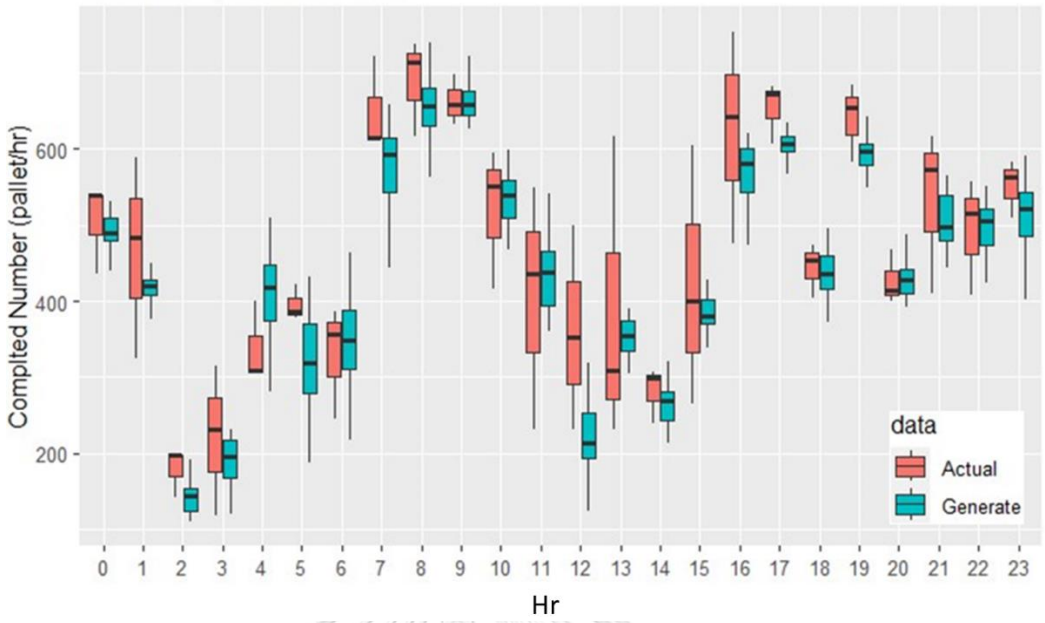
```
> t.test(actualCompNum,generaCompNum)

        Welch Two Sample t-test

data:  actualCompNum and generaCompNum
t = 0.567, df = 620.13, p-value = 0.5709
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -5.084868  9.213073
sample estimates:
mean of x mean of y
 35.80449  33.74038
```

รูปที่ 4-17 ผลการทดสอบความถูกต้องของปริมาณงานที่ลำเลียงสำเร็จ

จากรูปที่ 4-17 ผลการทดสอบ t-test ค่า p-value เท่ากับ 0.5709 มีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ปริมาณงานที่ลำเลียงสำเร็จมีค่าไม่แตกต่างกัน จากนั้นได้นำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์ลักษณะการกระจายของงานที่ลำเลียงสำเร็จตามประเภทของงาน และปริมาณงานภาพรวมที่ลำเลียงสำเร็จต่อชั่วโมง โดยการทำ Box-and-Whisker Plot ได้ดังรูปที่ 4-18 และ 4-19 ตามลำดับ



รูปที่ 4-18 การกระจายของปริมาณงานที่ลำเลียงสำเร็จตามประเภทงาน



รูปที่ 4-19 การกระจายของข้อมูลปริมาณงานภาพรวมที่ลำเลียงสำเร็จต่อชั่วโมง

จากรูปที่ 4-18 และ 4-19 การกระจายของปริมาณงานที่ลำเลียงสำเร็จจากข้อมูลจริงและจากแบบจำลองสถานการณ์แสดงลักษณะการกระจายที่ใกล้เคียงกัน จึงได้นำข้อมูลไปทำการทดสอบด้วยวิธี KS-Test ผ่านโปรแกรม R/RStudio ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยกำหนดสมมติฐานดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

H_0 การกระจายของงานที่ลำเลียงสำเร็จจากข้อมูลจริงและผลจากแบบจำลองสถานการณ์มี ลักษณะไม่แตกต่างกัน

H_a การกระจายของงานที่ลำเลียงสำเร็จจากข้อมูลจริงและผลจากแบบจำลองสถานการณ์มี ลักษณะแตกต่างกัน

โดยค่า p-value ที่ได้จากการทดสอบเปรียบเทียบปริมาณงานที่ลำเลียงสำเร็จจากข้อมูลจริงและข้อมูลที่สร้างขึ้น ดังตารางที่ 4-11 และรูปที่ 4-20

ตารางที่ 4-11 ค่า p-value ที่ได้จากการทดสอบปริมาณงานที่ลำเลียงสำเร็จตามประเภทงาน

ประเภทงาน	ค่า p-value
DDDO	1.0000
DDPK	0.9920
DDRe	0.6749
DDSD	0.8928
DTDO	1.0000
PKPK	1.0000
PKSD	0.8928
RDD	0.9920
RePK	0.8928
ReSD	0.8928
SDDO	1.0000
SDPK	0.9920
SDRe	0.9920

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
> ks.test(actualComp,generateComp)

        Two-sample Kolmogorov-Smirnov test

data:  actualComp and generateComp
D = 0.16667, p-value = 0.8928
alternative hypothesis: two-sided
```

รูปที่ 4-20 ผลการทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณงานภาพรวมที่ลำเลียงสำเร็จต่อชั่วโมง

จากตารางที่ 4-12 ผลการทดสอบเปรียบเทียบปริมาณงานที่ลำเลียงสำเร็จตามประเภทของงาน และรูปที่ 4-20 ผลการทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณงานภาพรวมที่ลำเลียงสำเร็จต่อชั่วโมง พบว่าค่า p-value ของงานทุกประเภทมีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นสรุปว่าไม่สามารถปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 งานที่ลำเลียงสำเร็จจากข้อมูลจริงและผลจากแบบจำลองสถานการณ์มีลักษณะการกระจายไม่แตกต่างกัน

จากการพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ตามนโยบายที่ศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษาได้ดำเนินการอยู่ ทั้ง 2 ส่วน พบว่าให้ผลลัพธ์ในลักษณะที่สอดคล้องกับข้อมูลการทำงานจริงที่เกิดขึ้น ผลการทดสอบอยู่ในขอบเขตที่สามารถยอมรับได้ จึงสามารถนำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยได้ โดยในส่วนถัดไปจะเป็นการนำแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นไปทำการจำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มอรรถประโยชน์การใช้งาน RGV โดยวิเคราะห์ด้านการกำหนดนโยบายการทำงาน และจำนวน RGV

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5

แบบจำลองสถานการณ์และการวิเคราะห์ผล

ในบทนี้เป็นการนำแบบจำลองสถานการณ์มาทำการทดสอบนโยบายรูปแบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของ RGV ภายในศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์รูปแบบการดำเนินงานที่เหมาะสม โดยสามารถเพิ่มอรรถประโยชน์การใช้งานพาหนะและประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

5.1 การกำหนดสถานการณ์ในแบบจำลองสถานการณ์

การกำหนดสถานการณ์ที่นำมาทดสอบกับแบบจำลอง เกิดจากการพิจารณาปัจจัย 2 ส่วนด้วยกันคือ 1.ปัจจัยด้านนโยบายการทำงาน และ 2.ปัจจัยด้านการกำหนดจำนวน RGV โดยแนวคิดของนโยบายและสถานการณ์ใช้ในการทดสอบมีรายละเอียดดังนี้

5.1.1 รูปแบบนโยบายที่ใช้ในการทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากหัวข้อ 4.2.2.3. การทำงานของ RGV ภายในศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษามีการใช้นโยบายด้านจัดระดับความสำคัญของงาน ร่วมกับนโยบายการมอบหมายงานให้กับ RGV ผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดของ 2 นโยบายหลักนี้ มาเป็นแนวคิดในการสร้างนโยบายควบคุมการทำงานใหม่ 3 รูปแบบ ประกอบกับแนวคิดการเพิ่มจำนวณ RGV โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1.1.1 นโยบายการเลือกรับงานจากความสำคัญของประเภทงาน

นโยบายการเลือกรับงานจากความสำคัญของประเภทงาน (Task Priority : TP) ที่ใช้ในปัจจุบันกระบวนการเลือกรับงานถูกพิจารณาตามลำดับความสำคัญตามประเภทของงานที่ผู้ผลิตเสนอ โดยคำนึงถึงภาระงานตามหลังเป็นหลัก แต่จัดให้มีการทำงานหยิบสินค้า DS แทรกเนื่องจากความเร่งด่วนในการส่งมอบ ซึ่งจากการเข้าไปศึกษาและสอบถามข้อมูลพฤติกรรมการทำงาน พบว่าทางศูนย์กระจายสินค้าให้พนักงานชะลองานรับสินค้า ที่สถานีต้นทาง R ซึ่งถูกจัดอยู่งานที่มีความสำคัญสูงสุดในช่วงใกล้ถึงเวลาปิดรอบเวฟ เพื่อให้ RGV สามารถลำเลียงงานหยิบสินค้าออกมาทำการหยิบที่สถานี PK และปิดเวฟรวมถึงจัดส่งได้ทันกำหนด จึงเกิดแนวคิดว่าระดับความสำคัญของงานที่ใช้อยู่สามารถปรับเปลี่ยนได้ ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลข้อมูลการวิเคราะห์สัดส่วนงาน ณ สถานีต้นทางและปลายทางในตารางที่ 4-3 มาสรุปเป็นสัดส่วนแยกตามประเภทงานเพื่อพิจารณาการจัดลำดับความสำคัญของงานในนโยบายการเลือกรับงาน ได้เป็นสัดส่วนดังตารางที่ 5-1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5-1 สัดส่วนงานที่เกิดขึ้นตามประเภทของงาน

ประเภทงาน	สัดส่วน
1. งาน DS และ งานหยิบสินค้าตามรอบเวฟ	0.53
2. งานคืนสินค้าเข้าพื้นที่จัดเก็บ	0.24
3. งานรับสินค้า	0.14
4. งานย้ายสินค้าระหว่างพื้นที่จัดเก็บ และงานเบิกพาเลทสินค้าและเติมสินค้าในลักษณะกล่อง หรือชิ้น	0.09

จากตารางที่ 5-1 งานรับสินค้า มีสัดส่วนการเกิดงานเป็นอันดับที่ 3 รองจากงานหยิบสินค้า และงานคืนสินค้าเข้าพื้นที่จัดเก็บ ตามลำดับ และงานที่มีสัดส่วนการเกิดน้อยที่สุดคืองานประเภทย้ายสินค้าระหว่างพื้นที่จัดเก็บ และงานเบิกพาเลทสินค้าและเติมสินค้าในลักษณะกล่อง หรือชิ้น เมื่อพิจารณาสัดส่วนงานที่เกิดขึ้นและกระบวนการทำงานของศูนย์กระจายสินค้า จึงเกิดแนวคิดในการกำหนดนโยบายการเลือกรับงานจากความสำคัญของประเภทงาน 2 รูปแบบ ดังนี้

TP1 คำนึงถึงการส่งมอบสินค้าให้ลูกค้า (Customer Focus) : รูปแบบนโยบายนี้เป็นการพิจารณาจากงานที่อยู่ในกระบวนการใกล้กับการส่งมอบสินค้าเป็นหลัก โดยพิจารณาจากแผนผังการไหลของสินค้า ดังแสดงในรูปที่ 3-9

TP2 คำนึงถึงการทำงานโดยรวมของคลังสินค้า (Warehouse Focus) : รูปแบบนโยบายนี้เป็นการพิจารณางานที่ทำให้กระบวนการทำงานในศูนย์กระจายสินค้าเป็นไปได้อย่างต่อเนื่อง โดยพิจารณาจากข้อมูลสัดส่วนการเกิดงาน ในตารางที่ 5-1 และแผนผังการไหลของสินค้า ในรูป 3-22

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยลำดับความสำคัญของประเภทงานแยกตามกรณี ดังตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 ลำดับความสำคัญของงานแยกตามกรณี

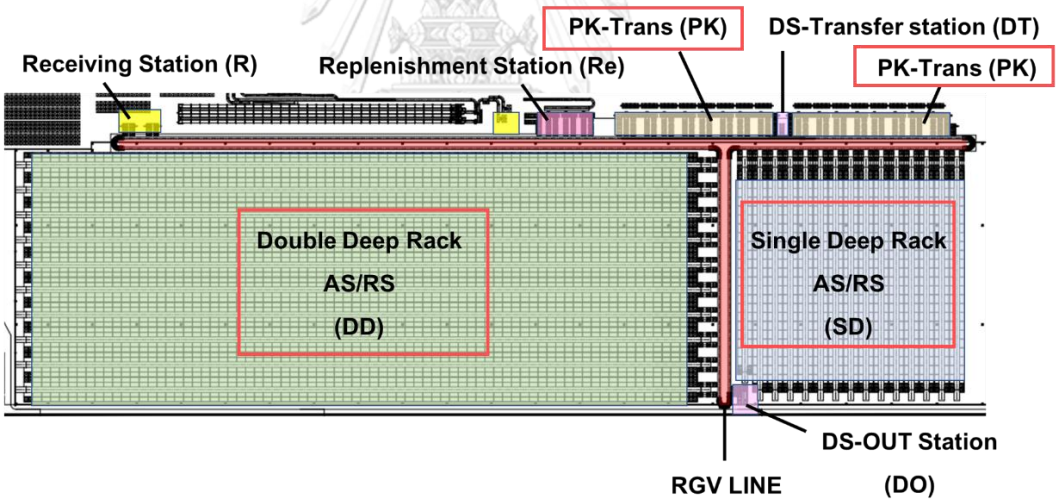
TP1	TP2
1. งาน DS และ งานหยิบสินค้าตามรอบเวฟ 2. งานย้ายสินค้าระหว่างพื้นที่จัดเก็บ และงานเติมสินค้าในลักษณะกล่อง หรือชิ้น 3. งานคืนสินค้าเข้าพื้นที่จัดเก็บ 4. งานรับสินค้า	1. งานย้ายสินค้าระหว่างพื้นที่จัดเก็บ และงานเติมสินค้าในลักษณะกล่อง หรือชิ้น 2. งาน DS และ งานหยิบสินค้าตามรอบเวฟ 3. งานคืนสินค้าเข้าพื้นที่จัดเก็บ 4. งานรับสินค้า

5.1.1.2 นโยบายการเลือกรับงานจากสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในอนาคต

นโยบายการเลือกรับงานจากสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในอนาคต (Task Interleaving : TI) เป็นแนวคิดที่ถูกพัฒนาขึ้นเนื่องจากเส้นทางการเคลื่อนที่ของ RGV ในศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษามีการเคลื่อนที่เป็นลักษณะวงปิดรูปตัว “T” จากการวิเคราะห์ข้อมูลสัดส่วนงาน ณ สถานีต้นทางและปลายทาง ดังตารางที่ 4-4 พบว่าสัดส่วนงานที่เกิดมีค่าแตกต่างกัน จึงเกิดแนวคิดในการออกแบบนโยบายการเลือกรับงานโดยพิจารณาสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในอนาคต เพื่อให้ RGV สามารถลำเลียงงานได้อย่างต่อเนื่อง โดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

TI1 เลือกทำงานที่มีโอกาสได้งานจากปลายทางมากสุด : รูปแบบนโยบายนี้จะให้ RGV ทำงานที่มีโอกาสได้งานใหม่จากสถานีปลายทางมากสุดก่อน โดยอ้างอิงโอกาสการเกิดงานจากข้อมูลสัดส่วนการเกิดงานในตารางที่ 4-3 โดยลำดับงานที่ถูกเลือกมาทำก่อนที่มีสถานีปลายทางดังนี้ ตามลำดับ สถานี PK สถานี SD สถานี DD และกลุ่มสุดท้ายถูกจัดให้มีความสำคัญเท่ากันคือ สถานี Re และ DO

TI2 จับคู่งานในระบบที่สามารถลำเลียงได้ต่อเนื่อง : รูปแบบนโยบายนี้เป็นการพิจารณาคู่งานที่สนใจจากสถานีต้นทางที่มีสัดส่วนการเกิดงานสูง ขึ้นมาทำก่อนในกรณีที่งานในระบบมีคู่งานที่สามารถจับกันได้ โดยจากข้อมูลสัดส่วนการเกิดงาน ณ สถานีต้นทาง ในตารางที่ 4-3 พบว่า PK มีสัดส่วนงานมากที่สุด เท่ากับ 0.33 รองลงมาคือ SD สัดส่วนงานเท่ากับ 0.29 และ DD สัดส่วนงานเท่ากับ 0.19 และเมื่อพิจารณาตำแหน่งสถานีงานในรูปที่ 5-1 จะสามารถจับคู่งานที่มีเส้นทางการลำเลียงต่อเนื่องกันได้ 3 คู่ คือ RDD-SDPK SDPK-PKSD และ PKSD-SDPK



รูปที่ 5-1 สถานีงานที่พิจารณาจับคู่งาน

5.1.1.3 นโยบายการมอบหมายงานให้ RGV

นโยบายการมอบหมายงานให้ RGV (Task Assignment for RGV: TA) เป็นแนวคิดที่ถูกพัฒนาขึ้นเนื่องจากรูปแบบการมอบหมายงานให้ RGV ในปัจจุบัน ที่พิจารณามอบหมายงานให้กับ RGV ที่มีสถานะว่าง และเลือกมอบหมายงานที่ RGV ตัวนั้นๆ สามารถทำจบได้เร็วที่สุด ซึ่งในกรณีนี้การพิจารณามอบหมายงานจะคำนึงถึงเส้นทางการเคลื่อนที่รวมเท่านั้น ทำให้ RGV อาจเคลื่อนที่เปล่าผ่านงานที่เกิด ณ สถานีต้นทางที่ใกล้กว่าไป ผู้วิจัยจึงกำหนดนโยบายเพื่อทดสอบในกรณีที่ระบบเลือกมอบหมายงานที่ RGV ตัวนั้นๆ อยู่ใกล้สถานีงานต้นทางที่สุด โดยพิจารณาจากระยะห่างจากตำแหน่งปัจจุบัน RGV กับตำแหน่งสถานีต้นทางของงานที่ถูกเลือกมาทำ

5.1.1.4 นโยบายด้านการกำหนดจำนวน RGV

นโยบายด้านการกำหนดจำนวน RGV (RGV Number : RN) เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีการนำมาพิจารณาร่วมด้วย เนื่องจากศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษามีแนวคิดในการเพิ่มจำนวน RGV เพื่อรองรับความต้องการสินค้าจากการขยายร้านค้าสาขา และการเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายสินค้า โดยเบื้องต้นมีแนวคิดที่จะเพิ่ม RGV อีก 5 ตัว ดังนั้นในการสร้างสถานการณ์สำหรับการทดสอบนโยบายด้านการกำหนดจำนวนจะทำการเพิ่มจำนวน RGV ให้แก่ระบบเดิมซึ่งมี 38 ตัว เป็นระบบที่มี RGV 43 ตัว เพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิดการเพิ่ม RGV ของศูนย์กระจายสินค้า และเพิ่มให้เป็นระบบที่มี RGV 48 ตัว ซึ่งเป็นการการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) สำหรับศึกษาผลของการทำงานที่เปลี่ยนไปเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายละเอียดของนโยบาย ด้านการทำงานของ RGV และการกำหนดจำนวน RGV ที่ใช้ทดสอบ แสดงดังตารางที่ 5-3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5-3 รายละเอียดนโยบายใช้ในการทดสอบ

	ชื่อปัจจัย	รหัส	ลำดับความสำคัญของงาน	รหัสงานที่เกี่ยวข้อง
1.	นโยบายการจัดลำดับความสำคัญของงานจากความสำคัญของประเภทงาน (Task Priority : TP)			
	1.1. คำนึงถึงการส่งมอบสินค้าให้ลูกค้า	TP1	1. งาน DS และงานหยิบสินค้าตามรอบเวฟ 2. งานย้ายสินค้าระหว่างพื้นที่จัดเก็บและงานเติมสินค้าลักษณะกล่อง หรือชิ้น 3. งานคืนสินค้าเข้าพื้นที่จัดเก็บ 4. งานรับสินค้า	1. DTDO DDDO SDDO DDPK SDPK PKPK RePK 2. DDSD DDRe SDRe 3. PKSD ReSD 4. RDD
	1.2. คำนึงถึงการทำงานโดยรวมของคลังสินค้า	TP2	1. งานย้ายสินค้าระหว่างพื้นที่จัดเก็บและงานเติมสินค้าลักษณะกล่อง หรือชิ้น 2. งาน DS และงานหยิบสินค้าตามรอบเวฟ 3. งานคืนสินค้าเข้าพื้นที่จัดเก็บ 4. งานรับสินค้า	1. DDSD DDRe SDRe 2. DTDO DDDO SDDO DDPK SDPK PKPK RePK 3. PKSD ReSD 4. RDD
2.	นโยบายการจัดลำดับความสำคัญของงานจากสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในอนาคต (Task Interleaving : TI)			
	2.1. เลือกทำงานที่มีโอกาสได้งานจากปลายทางมากสุด	TI1	เลือกทำงานที่มีสถานีปลายทางตามลำดับดังนี้ 1. PK 2. SD 3. DD 4. Re และ DO	1. DDPK SDPK PKPK RePK 2. DDSD PKSD ReSD 3. RDD 4. DDRe SDRe DTDO DDDO SDDO
	2.2. จับคู่งานที่สามารถลำเลียงได้ต่อเนื่อง	TI2	ระบบ WMS พิจารณาการจับคู่งานจากกลุ่มงานที่มีสัดส่วนมาก อ้างอิงข้อมูลจากตารางที่ 4-4	คู่งาน RDD-SDPK SDPK-PKSD และ PKSD-SDPK
3.	นโยบายการมอบหมายงานให้ RGV (Task Assignment for RGV : TA)			
	3.1. งานที่ RGV อยู่ใกล้ที่สุด	TA1		
4.	การเพิ่มจำนวน RGV (RGV Number)			
	4.1. 43 RGVs	RN1		
	4.2. 48 RGVs	RN2		

5.1.2 สถานการณ์ที่ใช้ทดสอบในแบบจำลอง

จากนโยบายในหัวข้อ 5.1.1. ถูกนำมาพิจารณาทำการทดลองทีละปัจจัย (One Factor at a Time : OFAT) เพื่อดูว่าแต่ละนโยบายที่นำมาทดสอบมีผลกระทบอย่างไรต่อผลลัพธ์ โดยทำการทดลองเปรียบเทียบกับสถานการณ์ A0 ซึ่งเป็นสถานการณ์ปกติที่ศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษาใช้ในปัจจุบัน ซึ่งเป็นระบบที่มี RGV 38 ตัว (RN0) ดำเนินการด้วยนโยบายการจัดลำดับความสำคัญของงานจากแบบคำนึงถึงกระบวนการตามหลังมากสุดร่วมกับความเร่งด่วนของงาน (TP0) และเลือกมอบหมายงานที่ RGV ตัวนั้นๆ สามารถทำจบได้เร็วที่สุด (TA0) โดยมีรายละเอียดดังหัวข้อ 4.2.2.3. การทำงานของ RGV ดังนั้นการทดสอบในเบื้องต้นของงานวิจัยนี้จึงมีสถานการณ์ที่ต้องทดสอบในแบบจำลอง 8 สถานการณ์

ตารางที่ 5-4 สถานการณ์ที่ใช้ในการทดสอบเบื้องต้น

สถานการณ์	**การจัดลำดับความสำคัญของงานจากความสำคัญของประเภทงาน**	**การจัดลำดับความสำคัญของงานจากสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในอนาคต**	**การมอบหมายงานให้ RGV**	**จำนวน RGV**
A0	TP0	-	TA0	RN0
A1	TP1	-	TA0	RN0
A2	TP2	-	TA0	RN0
A3	-	TI1	TA0	RN0
A4	-	TI2	TA0	RN0
A5	TP0	TI0	TA1	RN0
A6	TP0	TI0	TA0	RN1
A7	TP0	TI0	TA0	RN2
A8 (ออกแบบสถานการณ์หลังจากพิจารณาผล A1-A7 และทำการทดสอบแบบหลายกรณี)				
A9 (ออกแบบสถานการณ์หลังจากพิจารณาผล A1-A7 และทำการทดสอบแบบหลายกรณี)				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลและเลือกนโยบายจากการทดลองในสถานการณ์ A1 – A7 ที่ส่งผลต่อค่าดัชนีที่ศึกษา และกำหนดสถานการณ์เพื่อทำการทดสอบแบบหลายกรณีของระบบที่มี RGV 38 ตัว และระบบที่เพิ่ม RGV เป็นสถานการณ์ A8 และ A9 ซึ่งได้แสดงในตารางที่ 5-4

5.2 การวิเคราะห์ผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์

ผู้วิจัยทำการจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรม R/Rstudio โดยทำการจำลองสถานการณ์เป็นระยะ 24 ชั่วโมง จำนวน 30 Replications โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ช่วง คือการทดสอบในเบื้องต้น และการทดสอบแบบหลายนโยบายร่วมกัน จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.2.1 การวิเคราะห์ผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์แบบนโยบายเดียว และการเลือกสถานการณ์ในการทดลองแบบหลายนโยบายร่วมกัน

ผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์ถูกนำไปวิเคราะห์เป็นข้อมูลค่าดัชนีจากแบบจำลองสถานการณ์ที่นำเสนอผลลัพธ์ด้านการทำงาน 5 ค่า ได้แก่

1. อรรถประโยชน์ต่อชั่วโมงของ RGV : สัดส่วนของเวลาเฉลี่ยที่ RGV แต่ละตัวได้รับการมอบหมายงานต่อชั่วโมง
2. ระยะเวลารอของงาน : ค่าเฉลี่ยระยะเวลารอของงานแต่ละพาเลทในหน่วยนาที จนกระทั้งระบบมอบหมายงานให้ RGV
3. เวลาเคลื่อนที่สูญเปล่าต่อชั่วโมง : ระยะเวลารวมในหน่วยนาทีที่ RGV เคลื่อนที่โดยไม่มีการมอบหมายงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. จำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่ : จำนวนงานเฉลี่ยที่ RGV แต่ละตัวสามารถลำเลียงเสร็จสิ้นได้ใน 1 รอบ
5. เวลาปิดเวฟ : ระยะเวลาในหน่วยชั่วโมงที่งานหยิบสินค้าในรอบเวฟนั้นๆ ถูกทำเสร็จสิ้นทั้งหมด ในขณะที่งานรับสินค้ามีค่าคงเหลือในระบบไม่เกิน 20% ของงานรับสินค้าทั้งหมดที่มีในเวฟนั้นๆ

จากนั้นทำการคำนวณปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เพื่อการเคลื่อนที่ของ RGV โดยผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์ที่ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ คือ ผลรวมของ เวลาเคลื่อนที่เพื่อการรับส่งงาน และเวลาเคลื่อนที่สูญเปล่า ในหน่วยชั่วโมง นำมาคูณกับกำลังไฟฟ้าของเครื่องจักร ซึ่งจากผู้ผลิตระบุว่ามอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ของ RGV มีกำลังไฟฟ้า เท่ากับ 3.7 กิโลวัตต์ ดังนั้นรูปแบบการคำนวณปริมาณพลังงานไฟฟ้าเป็นดังสมการที่ 5.1

พลังงานไฟฟ้า (หน่วย) = กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) x เวลาใช้งาน (ชั่วโมง) (5.1)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษาถูกจัดอยู่ใน ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม โดยมีการแบ่งช่วงเวลาการใช้ไฟฟ้า และอัตราการคำนวณค่าไฟฟ้า 2 รูปแบบ คือ ตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Tariff : TOD Tariff) และ ตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff : TOU Tariff) [29] ดังตารางที่ 5-5

ตารางที่ 5-5 อัตราการคำนวณค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4

รูปแบบอัตราคำนวณ	แรงดัน	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า(บาท/กิโลวัตต์)			ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
		On Peak	Partial Peak	Off Peak	On Peak	Off Peak	
TOD	69 kV ขึ้นไป	224.3	29.91	0	3.1097		312.24
TOU	69 kV ขึ้นไป	74.14	-	0	4.1025	2.5849	312.24

จากตารางที่ 5-5 อัตราการคำนวณของค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4 ทั้ง 2 แบบ มีการแบ่งช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ดังนี้

- แบบ TOD มีการแบ่งการคิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเป็น 3 ช่วงราคา คือ On Peak Partial Peak และ Off Peak แต่คิดค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยราคาเดียว โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้
  - On Peak : เวลา 18.30 - 21.30 น. ของทุกวัน
  - Partial Peak : เวลา 08.00 - 18.30 น. ของทุกวัน คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเฉพาะส่วนที่เกินจากช่วง On Peak
  - Off Peak : เวลา 21.30 - 08.00 น. ของทุกวัน ไม่คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า
- แบบ TOU มีการแบ่งช่วงเวลาในการคิดค่าความต้องการไฟฟ้า และค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย 2 ช่วงราคา คือ On Peak และ Off Peak โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้
  - On Peak : เวลา 09.00 - 22.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- Off Peak : เวลา 22.00 - 09.00 น. วันจันทร์ – วันศุกร์ และ เวลา 00.00 - 24.00 น. วันเสาร์ - วันอาทิตย์ วันแรงงานแห่งชาติ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันพืชมงคลและวันหยุดชดเชย)

โดยค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ด้านการทำงานจากแบบจำลองสถานการณ์แบบนโยบายเดียว แสดงดังตารางที่ 5-6 ส่วนค่าเฉลี่ยปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลื่อนที่พิจารณาตามประเภทการคิดค่าไฟ แสดงดังตารางที่ 5-7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5-6 ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ด้านการทำงานจากแบบจำลองสถานการณ์แบบนโยบายเดียว

สถานการณ์	อรรถประโยชน์ต่อชั่วโมงของ RGV	ระยะเวลารอของงาน (นาที/งาน)	เวลาเคลื่อนที่สูญเปล่าต่อชั่วโมง (นาที/RGV)	จำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่ (งาน)	เวลาปิดเวฟ 1 (ชั่วโมง)	เวลาปิดเวฟ 2 (ชั่วโมง)	เวลาปิดเวฟ 3 (ชั่วโมง)
A0	0.60 ± 0.01	0.15 ± 0.02	17.76 ± 0.49	1.05 ± 0.01	8.00 ± 0.07	8.67 ± 0.47	7.74 ± 0.14
A1	0.63 ± 0.01	8.56 ± 1.71	1.07 ± 0.16	1.25 ± 0.01	6.09 ± 0.08	6.49 ± 0.03	4.57 ± 0.14
A2	0.64 ± 0.01	4.57 ± 0.61	3.59 ± 1.84	1.19 ± 0.05	6.00 ± 0.00	6.44 ± 1.19	5.08 ± 0.08
A3	0.64 ± 0.01	3.60 ± 0.87	1.13 ± 0.29	1.25 ± 0.02	6.18 ± 0.10	6.55 ± 0.06	5.15 ± 0.12
A4	0.64 ± 0.01	3.31 ± 0.89	1.22 ± 0.35	1.25 ± 0.02	6.17 ± 0.1	6.52 ± 0.11	5.12 ± 0.11
A5	0.59 ± 0.01	0.10 ± 0.01	18.21 ± 0.53	1.06 ± 0.01	8.00 ± 0.09	8.67 ± 0.47	7.74 ± 0.14
A6	0.51 ± 0.01	0.03 ± 0.01	22.45 ± 0.51	0.97 ± 0.01	8.00 ± 0.07	8.67 ± 0.47	7.74 ± 0.14
A7	0.43 ± 0.01	0.00 ± 0.00	26.37 ± 0.47	0.90 ± 0.01	8.00 ± 0.07	8.67 ± 0.43	7.75 ± 0.14

ตารางที่ 5-7 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เคลื่อนที่จากแบบจำลองสถานการณ์แบบนโยบายเดียว

สถานการณ์	TOD (หน่วย)			TOU (หน่วย)		ค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้ารวม (หน่วย/วัน)
	On Peak	Partial Peak	Off Peak	On Peak	Off Peak	
A0	386.83 ± 6.79	1400.53 ± 10.50	1118.49 ± 17.14	1649.55 ± 12.15	1256.31 ± 16.59	2905.86 ± 18.67
A1	161.08 ± 7.56	1192.73 ± 5.10	856.72 ± 6.51	1213.74 ± 10.79	996.79 ± 6.50	2210.53 ± 10.69
A2	182.60 ± 14.04	1329.69 ± 104.07	865.28 ± 22.94	1372.20 ± 99.65	1005.38 ± 22.93	2377.58 ± 106.15
A3	183.40 ± 9.97	1206.75 ± 7.91	878.76 ± 9.66	1250.11 ± 13.49	1018.80 ± 9.65	2268.91 ± 16.03
A4	183.73 ± 10.84	1206.48 ± 14.58	879.53 ± 10.73	1250.16 ± 19.76	1019.57 ± 10.72	2269.74 ± 21.98
A5	385.44 ± 6.43	1397.40 ± 10.08	1116.54 ± 16.99	1645.73 ± 11.88	1253.65 ± 16.53	2899.39 ± 17.75
A6	423.04 ± 6.58	1553.48 ± 12.11	1248.68 ± 18.33	1824.66 ± 12.72	1400.54 ± 17.15	3225.20 ± 22.25
A7	463.57 ± 6.41	1704.66 ± 11.86	1384.85 ± 20.57	2005.68 ± 10.42	1547.41 ± 19.81	3553.08 ± 23.18

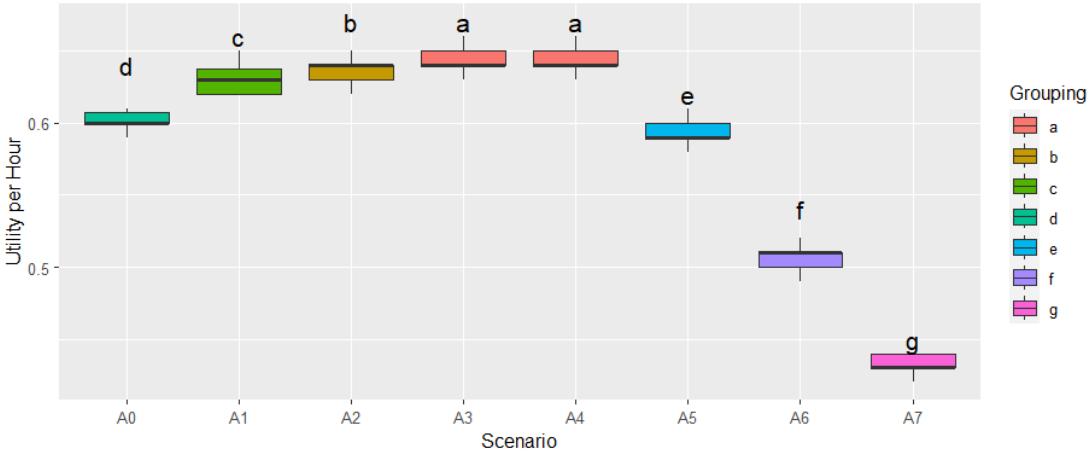
จากตารางที่ 5-6 และ 5-7 สถานการณ์ A0 เป็นสถานการณ์ปกติที่ศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษาใช้อยู่ในปัจจุบัน (Base Case Scenario) ส่วนสถานการณ์ A1 – A7 มีการใช้นโยบายที่แตกต่างกัน จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบพหุคูณ (Multiple Comparison) ผลลัพธ์ด้านการทำงานทั้ง 5 ด้าน คือ อรรถประโยชน์ต่อชั่วโมงของ RGV ระยะเวลารอของงาน จำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่ เวลาเคลื่อนที่สูญเปล่าต่อชั่วโมง และเวลาปิดเวฟ ด้วยวิธีการ Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มข้อมูลหลายๆ กลุ่ม โดยทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประชากรว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และกำหนดให้ระดับนัยสำคัญ (α) เป็น 0.05 โดยมีสมมติฐานดังนี้

$H_0 : \quad \mu_i = \mu_j$

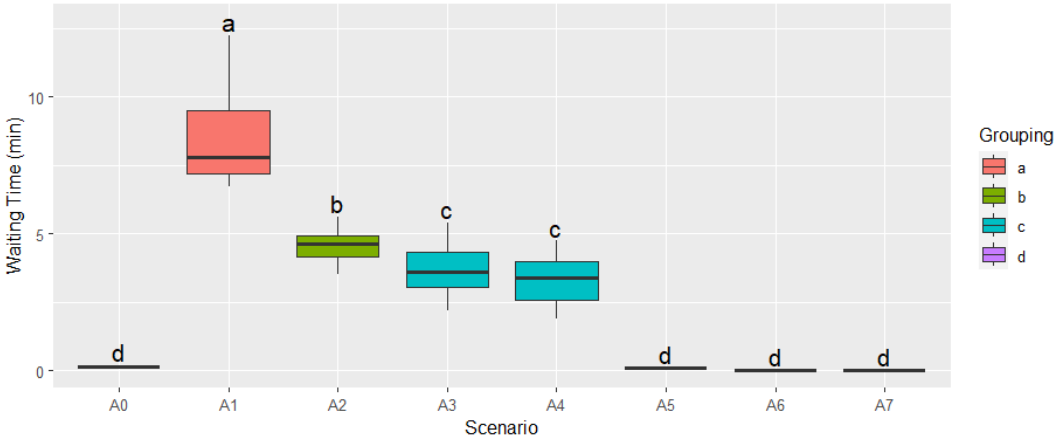
$H_1 : \quad \mu_i \neq \mu_j$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

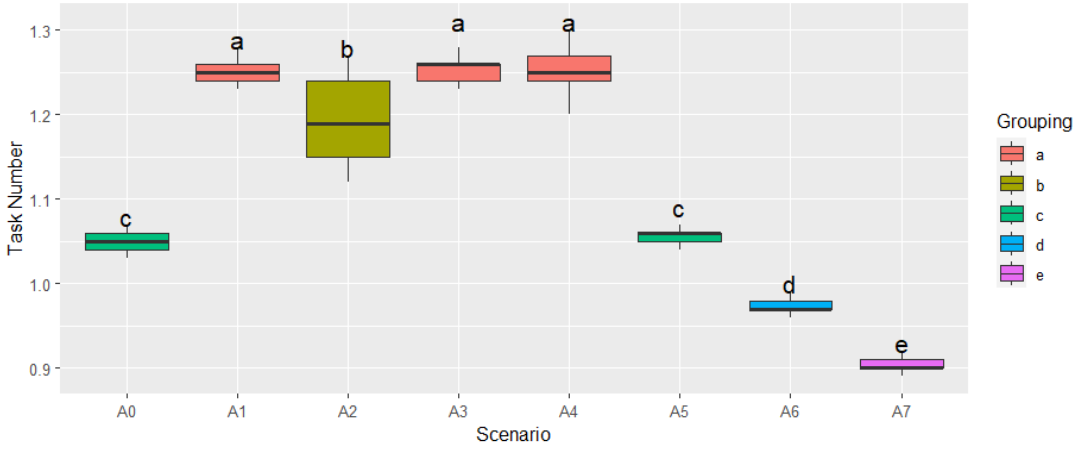
ได้ผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์ อรรถประโยชน์ต่อชั่วโมงของ RGV ระยะเวลารอของงาน จำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่ เวลาเคลื่อนที่สูญเปล่าต่อชั่วโมง และเวลาปิดเวฟ แสดงดังรูปที่ 5-2 ถึง 5-8 ถึง ตามลำดับ



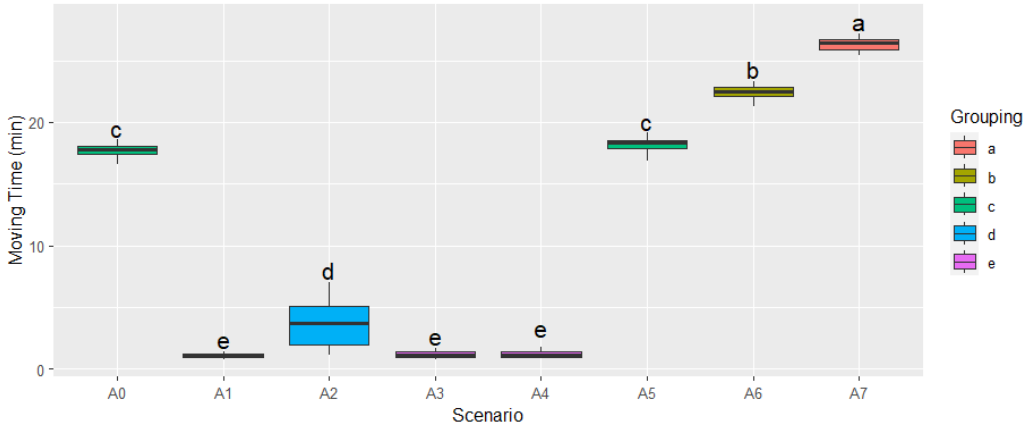
รูปที่ 5-2 ผลการทดสอบ Tukey's ของอรรถประโยชน์ต่อชั่วโมงของ RGV



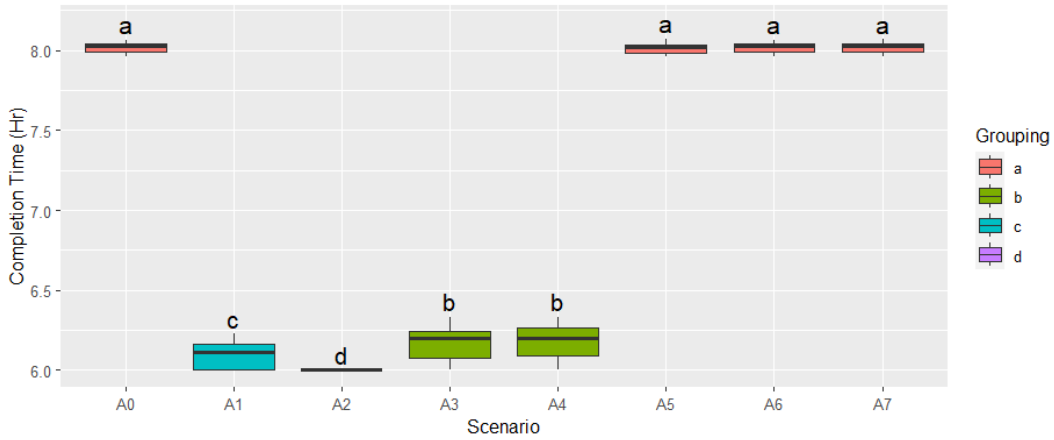
รูปที่ 5-3 ผลการทดสอบ Tukey's ของระยะเวลารอของงาน ในหน่วยนาที



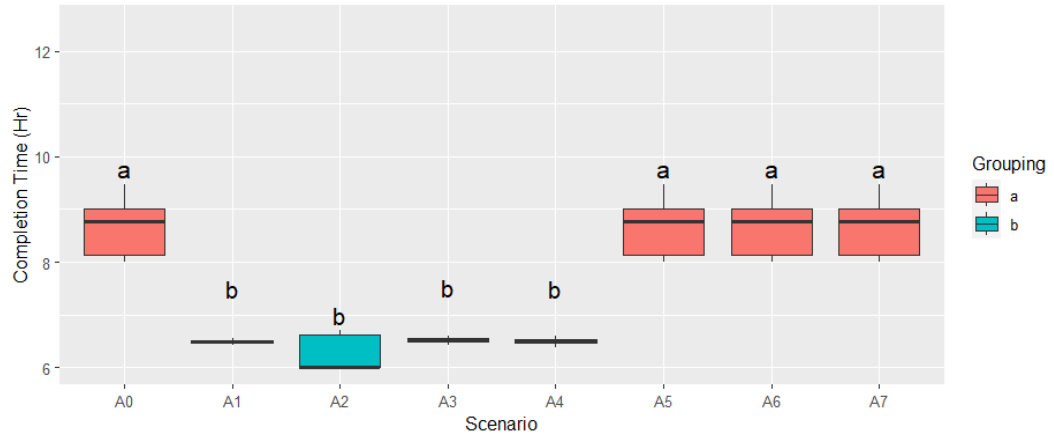
รูปที่ 5-4 ผลการทดสอบ Tukey's ของจำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่



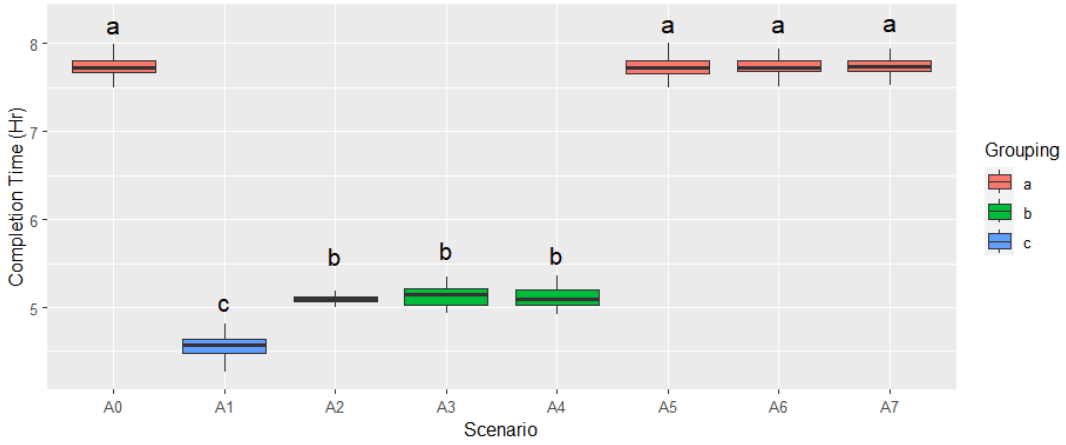
รูปที่ 5-5 ผลการทดสอบ Tukey's ของเวลาเคลื่อนที่สูญเปล่าต่อชั่วโมงของ RGV ในหน่วยนาที



รูปที่ 5-6 ผลการทดสอบ Tukey's ของเวลาปิดเวฟที่ 1 ในหน่วยชั่วโมง



รูปที่ 5-7 ผลการทดสอบ Tukey's ของเวลาปิดเวฟที่ 2 ในหน่วยชั่วโมง



รูปที่ 5-8 ผลการทดสอบ Tukey's ของเวลาปิดเวฟที่ 3 ในหน่วยชั่วโมง

ผลลัพธ์จากแบบจำลอง ด้านการทำงานจากแบบจำลองสถานการณ์แบบนโยบายเดียว ในตารางที่ 5-6 ค่าเฉลี่ยปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลื่อนที่พิจารณาตามประเภทการคิดค่าไฟ ในตารางที่ 5-7 และผลการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey's ในรูปที่ 5-3 ถึง 5-8 พบว่าค่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการทำงานของ RGV ได้รับผลกระทบจากนโยบายด้านวิธีการจัดลำดับความสำคัญของงาน โดยสถานการณ์ A1 – A4 ให้ผลลัพธ์ด้าน อรรถประโยชน์ต่อชั่วโมง ระยะเวลารอของงาน และจำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่ สูงกว่าสถานการณ์ A0 ในขณะที่ ระยะเวลาเคลื่อนที่เปล่าต่อชั่วโมง เวลาปิดเวฟ และปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เพื่อการเคลื่อนที่ของ RGV มีค่าลดลง ซึ่งหมายถึง RGV สามารถลำเลียงงานได้ต่อเนื่องมากขึ้น และจอดเมื่อไม่มีงาน เมื่อเวลาเคลื่อนที่สูญเปล่าลดลงระบบจึงสามารถปิดเวฟได้เร็วขึ้น ส่วนสถานการณ์ A5 ไม่ส่งผลที่แตกต่างกับสถานการณ์ A0 อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากนโยบายด้านวิธีการจัดลำดับความสำคัญของงานไม่มีการปรับเปลี่ยน แต่ให้ผลด้านระยะเวลารอของงานที่สั้นลง เนื่องจากการมอบหมายงานให้ RGV ที่อยู่ใกล้สถานีงานต้นทางที่สุด วิธีนี้ทำให้งานที่มีระยะห่างของสถานีต้นทาง - ปลายทาง มาก ถูกลำเลียงออกมากขึ้น เพราะคำนึงถึงเพียงระยะห่างของ RGV กับสถานี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต้นทาง ซึ่งต่างกับสถานการณ์ A1 – A4 ที่คำนึงถึงระยะทางรวมในการเคลื่อนที่ ทำให้งานบางประเภท เช่น SDDO DDPK PKSD ซึ่งมีระยะห่างของสถานีต้นทาง-ปลายทาง มาก ที่เข้าในช่วงต้นเวฟมักไม่ถูกมอบหมายให้ RGV และอยู่ในระบบค่อนข้างนาน ทำให้ค่าเฉลี่ยระยะเวลารอของงานสูงกว่าสถานการณ์ A0 โดยสถานการณ์ A4 ซึ่งมีการปรับนโยบายการมอบหมายงานแบบจับคู่งานให้ระยะเวลารอของงานต่ำที่สุดจากทั้ง 4 สถานการณ์ข้างต้น ส่วนสถานการณ์ A6 – A7 สามารถลดระยะเวลารอของงานลงได้เนื่องจากมี RGV ในระบบมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ผลลัพธ์ด้านอรรถประโยชน์ต่อชั่วโมง และจำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่ มีค่าลดลง ระยะเวลาเคลื่อนที่เปล่าต่อชั่วโมง เพิ่มขึ้น ในขณะที่เวลาปิดเวฟไม่ส่งผลที่แตกต่างกับสถานการณ์ A0 อย่างมีนัยสำคัญ แม้จำนวน RGV ในระบบจะเพิ่มขึ้น

โดยจากผลลัพธ์ของสถานการณ์ที่ระบบมีจำนวน RGV 38 ตัว เท่ากับระบบเดิมทั้งหมด สถานการณ์ A3 และ A4 ให้ผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการปรับนโยบายจัดลำดับความสำคัญของงานแบบคำนึงถึงเหตุการณ์ในอนาคต มีการพิจารณาจัดลำดับความสำคัญของงานจากค่าสัดส่วนการเกิดงาน ทำให้ลำดับความสำคัญของงานทั้ง 2 สถานการณ์มีรูปแบบใกล้เคียงกัน โดยค่าเฉลี่ยอรรถประโยชน์และจำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่ ของทั้ง 2 สถานการณ์ให้ค่าสูงสุด และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจากสถานการณ์ A0 เท่ากับ 6.67% และ 19.05% ตามลำดับ

จากผลการทดสอบเบื้องต้น ผู้วิจัยได้เลือกตัวแทนของนโยบายและกำหนดสถานการณ์ A8 และ A9 สำหรับการทดสอบแบบหลายนโยบาย แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5-7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5-8 สถานการณ์ที่ใช้ในการทดสอบแบบหลายนโยบาย

สถานการณ์	การจัดลำดับความสำคัญของงานจากความสำคัญของประเภทงาน	การจัดลำดับความสำคัญของงานจากสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในอนาคต	การมอบหมายงานให้ RGV	จำนวน RGV
A8	-	TI2	TA1	RN0
A9	-	TI2	TA1	RN1

จากตารางที่ 5-8 สถานการณ์ A8 เป็นสถานการณ์ที่วิเคราะห์ระบบลำเลียงที่มี RGV 38 ตัว (RN0) และ สถานการณ์ A9 เป็นสถานการณ์ที่วิเคราะห์ระบบลำเลียงที่มี RGV 43 ตัว (RN1) ประกอบกับนโยบายการจัดลำดับความสำคัญของงานจากสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในอนาคต กรณีจับคู่งานที่สามารถลำเลียงได้ต่อเนื่อง (TI2) เนื่องจากการจัดลำดับความสำคัญของงานจากสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในอนาคตให้ผลลัพธ์ด้านอรรถประโยชน์ต่อชั่วโมง และจำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่ สูงที่สุดทั้ง 2 กรณี แต่กรณี TI2 ระบบ WMS จะจับคู่งานให้กับ RGV เลยเมื่องานในระบบมีคู่งานที่สามารถทำต่อเนื่องกันได้ ลดการจอดของ RGV เพื่อรอการมอบหมายงานต่อไป ส่วนนโยบายการมอบหมายงานให้ RGV ผู้วิจัยเลือกกรณีมอบหมายงานที่ RGV อยู่ใกล้สถานีงานต้นทางที่สุด (TA1) เนื่องจากให้ผลลัพธ์ด้านระยะเวลารอของงานต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่มี RGV 38 ตัว เท่ากัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.2.2 การวิเคราะห์ผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์แบบหลายนโยบายร่วมกัน

ผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์ถูกนำไปวิเคราะห์เป็นข้อมูลค่าดัชนี ได้ดังตารางที่ 5-9 และ 5-10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

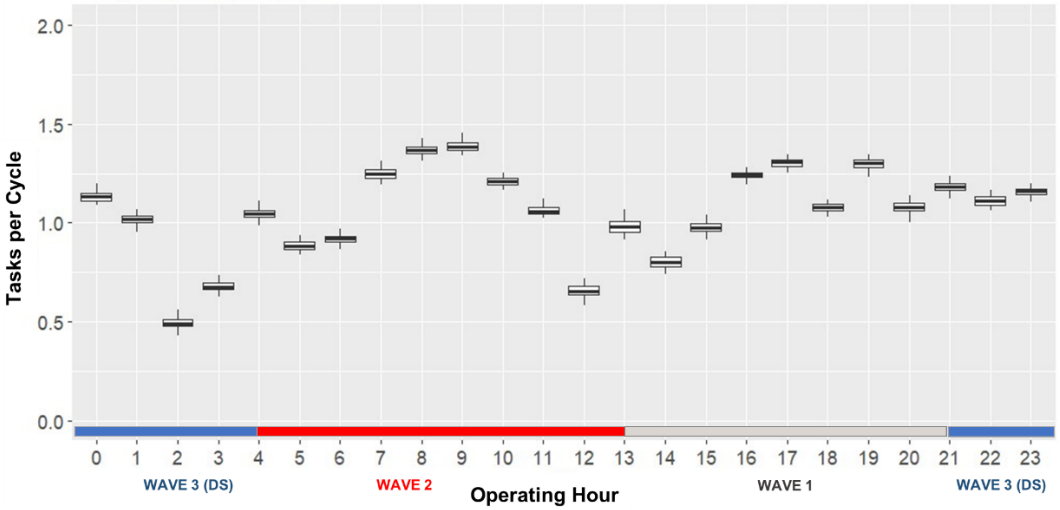
ตารางที่ 5-9 ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์แบบหลายนโยบายร่วมกัน

สถานการณ์	อรรถประโยชน์ต่อชั่วโมงของ RGV	ระยะเวลารอของงาน (นาที/งาน)	เวลาเคลื่อนที่สูญเปล่าต่อชั่วโมง (นาที/RGV)	จำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่ (งาน)	เวลาปิดเวฟ 1 (ชั่วโมง)	เวลาปิดเวฟ 2 (ชั่วโมง)	เวลาปิดเวฟ 3 (ชั่วโมง)
A8	0.63 ± 0.01	1.96 ± 0.33	1.56 ± 0.28	1.27 ± 0.01	6.00 ± 0.00	6.28 ± 0.19	5.11 ± 0.12
A9	0.54 ± 0.01	0.86 ± 0.19	5.10 ± 0.48	1.16 ± 0.01	6.00 ± 0.00	6.35 ± 0.26	5.12 ± 0.13

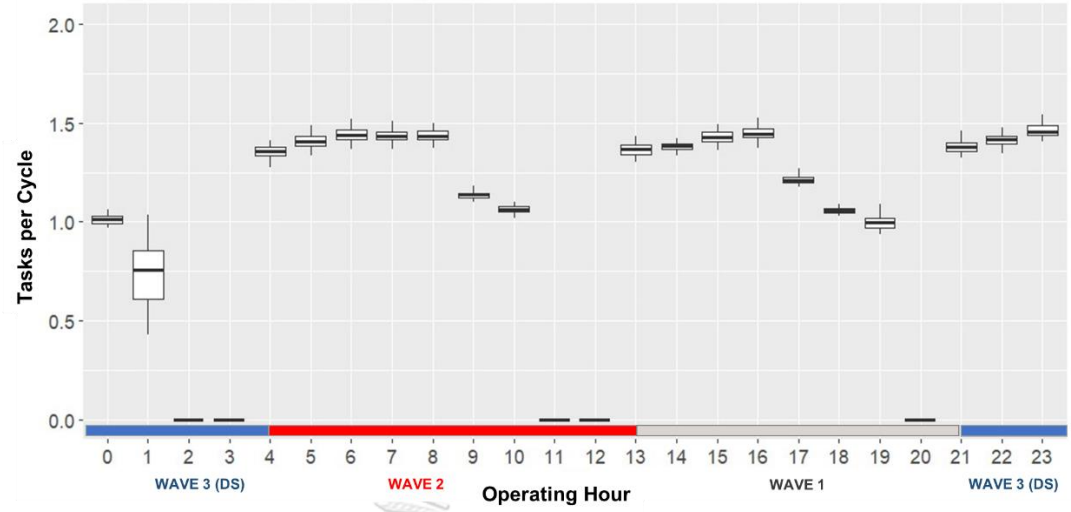
ตารางที่ 5-10 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เคลื่อนที่จากแบบจำลองสถานการณ์แบบหลายนโยบายร่วมกัน

สถานการณ์	TOD (หน่วย)			TOU (หน่วย)		ค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้ารวม (หน่วย/วัน)
	On Peak	Partial Peak	Off Peak	On Peak	Off Peak	
A8	174.67 ± 11.18	1198.02 ± 11.51	874.14 ± 9.19	1233.07 ± 14.18	1013.77 ± 9.27	2246.84 ± 15.12
A9	192.14 ± 14.75	1308.30 ± 26.79	969.80 ± 12.23	1344.88 ± 25.53	1125.35 ± 12.18	2470.23 ± 22.66

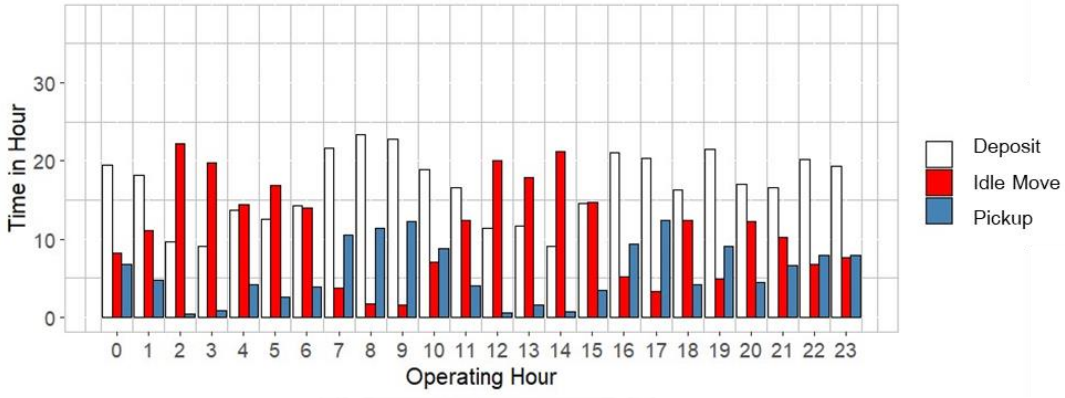
จากตารางที่ 5-9 ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์พบว่า อรรถประโยชน์ต่อชั่วโมงของ RGV และ จำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่ ของสถานการณ์ A8 มีค่ามากกว่า A0 เท่ากับ 5% และ 21% ตามลำดับ โดยจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยจำนวนงานที่ RGV แต่ละตัวสามารถลำเลียงได้ต่อรอบ โดยพิจารณาตามชั่วโมงดำเนินการ พบว่าสถานการณ์ A8 RGV ลำเลียงงานได้มากที่สุด 1.46 งานต่อรอบการเคลื่อนที่ ในชั่วโมงการดำเนินงานที่ 23 ในขณะที่สถานการณ์ A0 สามารถลำเลียงงานได้มากสุด 1.39 งานต่อรอบการเคลื่อนที่ ในชั่วโมงดำเนินงานที่ 9 ดังแสดงในรูปที่ 5-9 และ 5-10



รูปที่ 5-9 ค่าเฉลี่ยจำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่ของสถานการณ์ A0

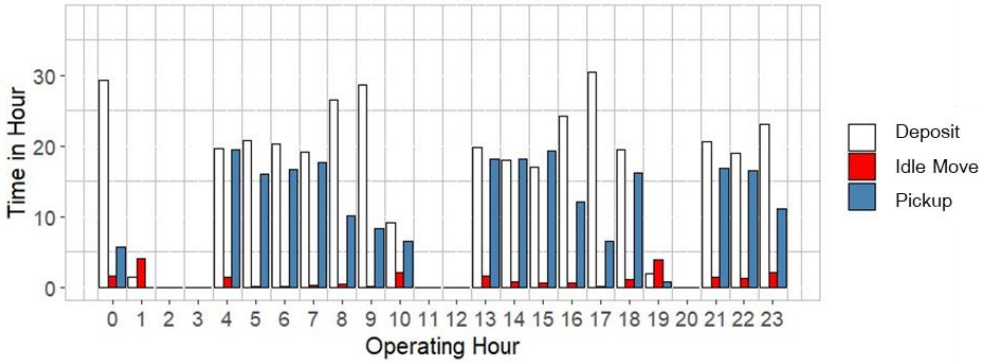


รูปที่ 5-10 ค่าเฉลี่ยจำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่ของสถานการณ์ A8



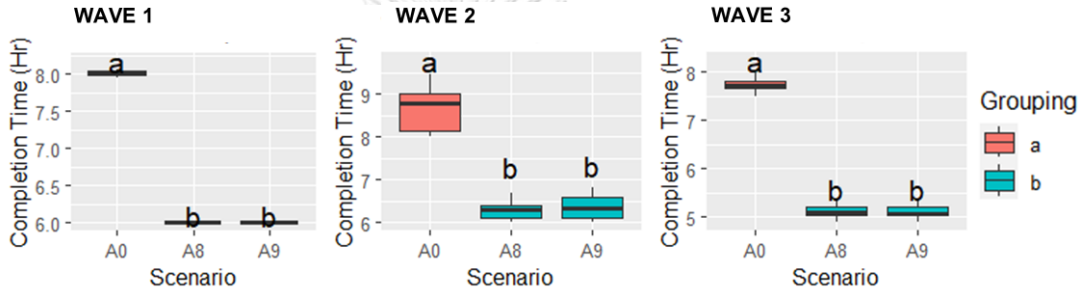
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 5-11 ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมขณะที่ RGV มีการเคลื่อนที่ต่อชั่วโมงของสถานการณ์ A0



รูปที่ 5-12 ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมขณะที่ RGV มีการเคลื่อนที่ต่อชั่วโมงของสถานการณ์ A8

จากรูปที่ 5-9 และ 5-10 พบว่า RGV ในสถานการณ์ A8 สามารถลำเลียงงานได้อย่างต่อเนื่องในช่วงต้นเวฟ และจอดเมื่อมีสถานะว่างในช่วงท้ายเวฟ ทำให้เวลาเคลื่อนที่สูญเปล่าลดลง และส่งผลให้ค่าเฉลี่ยเวลาปิดเวฟของสถานการณ์ A8 ลดลงจากสถานการณ์ A0 ด้วยเช่นกัน ซึ่งแสดงในรูปที่ 5-11 และ 5-12 โดยผลการทดสอบทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey's ของเวลาปิดเวฟ ได้ผลดังรูปที่ 5-13



รูปที่ 5-13 ผลการทดสอบ Tukey's ของเวลาปิดเวฟที่ 1 ถึง 3 ในหน่วยชั่วโมง

จากรูปที่ 5-13 เมื่อทำการทดสอบหลังการวิเคราะห์แบบ Tukey's พบว่าเวลาปิดเวฟของสถานการณ์ A8 ให้ผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างกับสถานการณ์ A9 อย่างมีนัยสำคัญ โดยสถานการณ์ A8 โดยสามารถปิดเวฟได้เร็วขึ้นประมาณ 2.34 ชั่วโมงต่อเวฟ โดยเวลาทำงานเวฟที่ลดไปคิดเป็น 28.75% เมื่อเทียบกับ A0 ส่วนสถานการณ์ A9 ปิดเวฟได้เร็วขึ้นประมาณ 2.31 ชั่วโมงต่อเวฟ เมื่อเทียบกับสถานการณ์ A0 ส่วนระยะเวลารอของงานก่อนได้รับการมอบหมายให้ RGV ของสถานการณ์ A8 และ A9 มีค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ที่อยู่ในเกณฑ์ของศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา ที่กำหนดว่างานที่เข้าสู่ระบบแล้วควรได้รับการมอบหมายให้ RGV ภายใน 3 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากแบบจำลองสถานการณ์แบบหลายนโยบายร่วมกัน ในตารางที่ 5-10 ผู้วิจัยได้นำมาทำการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าเปรียบเทียบระหว่างสถานการณ์ A0 และ A8 เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในด้านการดำเนินงาน ได้ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 5-11

ตารางที่ 5-11 ผลการคำนวณค่าพลังงานของสถานการณ์ A0 และ A8

ประเภท	การแบ่งช่วงเวลา	ค่าไฟฟ้าต่อวันของสถานการณ์ A0 (บาท)	ค่าไฟฟ้าต่อวันของสถานการณ์ A8 (บาท)	ค่าไฟฟ้าที่ลดลงรวมต่อวัน (%)
TOD	On Peak	1,202.93 ± 21.12	543.18 ± 34.77	22.68 %
	Partial Peak	4,355.24 ± 32.64	3,725.49 ± 35.79	
	Off Peak	3,478.18 ± 53.31	2,718.32 ± 28.57	
TOU	On Peak	6,767.29 ± 49.84	5,058.66 ± 58.16	23.32 %
	Off Peak	3,247.43 ± 42.89	2,620.50 ± 23.96	

จากตารางที่ 5-11 พบว่าระบบในสถานการณ์ A8 สามารถลดค่าไฟฟ้าต่อวันลงได้ 22.68 % เมื่อเทียบกับสถานการณ์ A0 ในกรณีที่ศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษาใช้อัตราการคำนวณของค่าไฟฟ้าแบบ TOD ตามช่วงเวลาของวัน และสามารถลดได้สูงสุดถึง 23.32 % ในกรณีที่ศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษาใช้อัตราการคำนวณของค่าไฟฟ้าแบบ TOU ตามช่วงเวลาของการใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จึงเสนอแนวทางในการกำหนดนโยบายการจัดลำดับความสำคัญของงานจากสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในอนาคต โดยให้ระบบ WMS จับคู่งานที่สามารถลำลียงได้ต่อเนื่อง และมอบหมายงานที่ RGV อยู่ใกล้สถานีงานต้นทางที่สุด โดยคงจำนวน RGV ในระบบ ที่จำนวน 38 ตัว เช่นเดิม เนื่องจากให้ผลดีในด้านอรรถประโยชน์การทำงานของ RGV และค่าสามารถลดใช้จ่ายในการดำเนินงาน

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลสรุปของงานวิจัยการเพิ่มอรรถประโยชน์ของพาหนะลำเลียงวัสดุระบบรางในศูนย์กระจายสินค้าวัสดุก่อสร้าง รวมถึงข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในการดำเนินการวิจัยอนาคต

6.1 สรุปผลการวิจัย

ปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมไทยกำลังประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงาน บริษัทกรณีศึกษาดำเนินธุรกิจค้าปลีกวัสดุก่อสร้าง จึงได้มีการนำ RGV มาใช้ในศูนย์กระจายสินค้า DC6 ซึ่งเป็นพาหนะลำเลียงวัสดุอัตโนมัติที่มีการนำทางด้วยราง ศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษามีการนำ RGV เข้ามาใช้ลำเลียงงาน โดย RGV มีความสำคัญต่อระบบการดำเนินงานเป็นอย่างมาก เนื่องจากทำงานเชื่อมต่อกับระบบอัตโนมัติอื่นๆ เช่น ระบบ AS/RS ระบบ Buffer AS/RS สถานีหยิบสินค้า ระบบสายพานพาเลท และการขนถ่ายพาเลทสินค้าระหว่างอาคาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการศึกษา พฤติกรรมการทำงานของ RGV มีผลต่อความสามารถในการกระจายสินค้าภาพรวมของศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา โดยจากข้อมูลการทำงานในปัจจุบันพบว่าในรอบการเคลื่อนที่ใดๆจะมี RGV ที่เคลื่อนที่โดยไม่มีงานอยู่จำนวนหนึ่ง ผู้วิจัยจึงศึกษาการกำหนดนโยบาย การทำงาน และจำนวน RGV เพื่อเพิ่มอรรถประโยชน์การใช้พาหนะและประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยวิเคราะห์ผ่านแบบจำลองสถานการณ์ ด้วยโปรแกรม R/Rstudio

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลการทำงานของ RGV ภายในศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา ดูการกระจายของงานที่เกิดขึ้นรายชั่วโมงตามประเภทงาน และนำไปหาค่าเฉลี่ยสัดส่วนของการเกิดงาน จากนั้น

สร้างแบบจำลองสถานการณ์แบบ Monte Carlo สำหรับสถานการณ์ปัจจุบัน เนื่องจากการกระจายของงานที่เกิดขึ้นรายชั่วโมงของระบบจริงมีความไม่คงที่ โดยในช่วงต้นเวฟอัตราการเกิดงานสูงและมีแนวโน้มลดลงมาในช่วงปลายเวฟ โครงสร้างของแบบจำลองสถานการณ์ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ การสร้างข้อมูลความต้องการสินค้า และการสร้างระบบรับ-ส่งงานของ RGV โดยพิจารณาสถานะของระบบตามจุดเวลาที่สนใจเป็นเวลาที่ TNOW เนื่องจากการวิเคราะห์ข้อมูลประวัติการทำงานพบว่ากิจกรรมในระบบเปลี่ยนแปลงไปตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองสถานการณ์ และ การตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์ ถูกทดสอบด้วยการทำ t-test จากนั้นพิจารณาการทดลองปัจจัยต่อไปนี้

- การเลือกรับงานจากความสำคัญของประเภทงาน (TP)
- การเลือกรับงานจากสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในอนาคต (TI)
- การมอบหมายงานให้ RGV (TA)
- การกำหนดจำนวน RGV โดยทดสอบระบบที่มีการเพิ่มจำนวน RGV

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การทดลองพิจารณาเวลาทำงานเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง หลังจาก warm up แบบจำลองสถานการณ์ 12 ชั่วโมง จำนวน 30 Replications แบ่งการทดสอบออกเป็นจำนวน 9 สถานการณ์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ถูกนำไปวิเคราะห์เป็นข้อมูลค่าดัชนี ได้แก่ อรรถประโยชน์ต่อชั่วโมงของ RGV ระยะเวลารอของงาน เวลาเคลื่อนที่สูญเปล่าต่อชั่วโมง จำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่ และเวลาปิดเวฟ จากนั้นจึงนำผลด้านเวลาเคลื่อนที่สูญเปล่าที่เปลี่ยนไป ไปทำการวิเคราะห์ด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าเปรียบเทียบ

จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าในกลุ่มการทดสอบที่ระบบมีจำนวน RGV 38 ตัว เท่ากับระบบเดิม การปรับปัจจัยด้านการจัดลำดับความสำคัญของงานแบบคำนึงถึงเหตุการณ์ในอนาคต ทั้งวิธี TI1 และ TI2 ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีการพิจารณาจัดลำดับความสำคัญของงานจากค่าสัดส่วนการเกิดงาน โดยค่าเฉลี่ยอรรถประโยชน์และจำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่สูงสุด แต่ในทางปฏิบัติ TI2 ระบบ WMS จะจับคู่งานให้กับ RGV ซึ่งจะช่วยลดการจอดเพื่อรอมอบหมายงานหลังจากเสร็จงานแรก ทำให้สามารถทำงานได้ต่อเนื่องมากกว่า ส่วนผลด้านระยะเวลารอของงาน TA1 ให้ผลลัพธ์ที่สั้นที่สุด เนื่องจากมีการปรับวิธีการมอบหมายงานเป็นการมอบหมายให้ RGV ที่อยู่ใกล้สถานีงานต้นทางที่สุด วิธีนี้จะคำนึงถึงเพียงระยะห่างของ RGV กับสถานีต้นทาง ทำให้งานที่มีระยะห่างของสถานีต้นทาง - ปลายทาง มาก ถูกลำเลียงออกมากขึ้นในช่วงต้นเวฟ ไม่ค้างในระบบเป็นเวลานาน ค่าเฉลี่ยเวลารอจึงลดลงมากกว่าสถานการณ์อื่นๆ ส่วนสถานการณ์ที่มีการเพิ่ม RGV พบว่าการเพิ่ม RGV เป็นกรณี RN1 และ RN2 สามารถลดระยะเวลารอของงานลงได้เนื่องจากมี RGV ในระบบที่พร้อมรับงานมากขึ้น แต่ส่งผลให้ผลลัพธ์ด้าน อรรถประโยชน์ต่อชั่วโมง และจำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่ มีค่าลดลง ระยะเวลาเคลื่อนที่เปล่าต่อชั่วโมง เพิ่มขึ้น เมื่อมีการเพิ่ม RGV ในขณะที่เวลาปิดเวฟใกล้เคียงกันทั้ง 2 กรณี ผู้วิจัยจึงเลือกตัวแทนของนโยบายกำหนดเป็นสถานการณ์สำหรับทดลองหลายนโยบาย

จากการทดสอบแบบหลายนโยบายพบว่าสถานการณ์ที่ดีที่สุด คือ สถานการณ์ที่กำหนดนโยบายการจัดลำดับความสำคัญของงานจากสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในอนาคต ด้วยวิธี TI2 และวิธีการมอบหมายงานแบบ TA1 เนื่องจากระบบ WMS ทำการจับคู่งานที่สามารถลำลียงได้ต่อเนื่อง และมอบหมายให้ RGV โดยเลือกงานที่ RGV อยู่ใกล้สถานีงานต้นทางที่สุด ทำให้สามารถลำเลียงงานได้อย่างต่อเนื่อง ลดการจอดเพื่อรอมอบหมายงานถัดไป โดยคงจำนวน RGV ในระบบ ที่ 38 ตัว ให้ค่าอรรถประโยชน์ต่อชั่วโมง และ จำนวนงานต่อรอบการเคลื่อนที่ เพิ่มขึ้น 5% และ 21% ตามลำดับ

Chulalongkorn University

เมื่อเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบัน ในขณะที่เวลาทำงานเวฟลดลง 28.75% ซึ่งส่งผลต่อค่าพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่ลดลงไปด้วย จึงทำให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อวันลดลง คิดเป็น 22.68% ถึง 23.32% เมื่อเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบัน

6.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

ข้อจำกัดที่พบในการดำเนินงานวิจัยมีดังนี้

1. การเก็บข้อมูล : เนื่องจากศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษาไม่เคยมีการเก็บข้อมูล Cycle History ของเครื่องจักรมาก่อน และข้อมูลประวัติการทำงานที่เกิดขึ้นจะถูกจัดเก็บในระบบ WCS เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยสามารถส่งข้อมูลออกจากระบบได้ครั้งละ 10,000 รายการ ข้อมูลที่ได้จึงเป็นข้อมูลการทำงานต่อเนื่องของ RGV ที่เกิดในช่วงที่เข้าไปศึกษาดูงานเท่านั้น นอกจากนี้มีข้อมูลบางส่วนที่ทางบริษัทไม่สามารถนำออกมาให้ได้ เช่น ข้อมูลประวัติการไหลของพาเลทสินค้า จึงทำให้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอัตราการเกิดงานที่มีโอกาสเกี่ยวข้องกัน เช่น SDPK PKPK และ PKRe รวมถึงจำนวนพาเลทที่ถูกนำออกเนื่องจากหยิบสินค้าหมด ไม่สามารถทำได้
2. การควบคุมการเกิดงานด้วยระบบ WMS : การทำงานในศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษามีการทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์อัตโนมัติ และพนักงาน ดังนั้นระบบ WMS จึงไม่สามารถควบคุมการเกิดงานได้ทั้งหมด เนื่องจากงานบางประเภท เช่น RDD และ DTDO เกิดขึ้นจากการสั่งการของพนักงาน พฤติกรรมการเกิดงานจึงขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของพนักงาน ณ ช่วงเวลาต่างๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.3 ข้อเสนอแนะ

นอกจากปัจจัยด้านนโยบายการทำงานและการกำหนดจำนวน RGV ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานในภาพรวมของศูนย์กระจายสินค้ากรณีศึกษา ซึ่งสามารถนำเข้ามาพิจารณาเพิ่มเติมสำหรับการศึกษาในอนาคต โดยมีแนวทางดังนี้

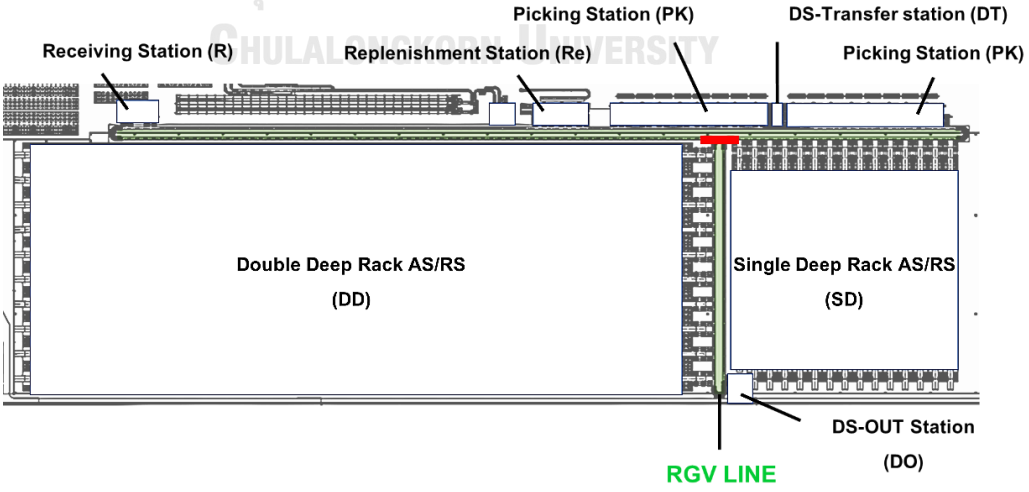
1. ลำดับการกำหนดงานของระบบ WMS : เนื่องจากผลที่ได้จากการวิจัยพบว่านโยบายที่มีการจัดลำดับความสำคัญในการรับงาน ให้ผลลัพธ์ด้านอรรถประโยชน์การใช้งาน RGV ที่ดีขึ้น ดังนั้นการปรับรูปแบบการปล่อยงานในเวฟด้วยระบบ WMS ให้เกิดความเหมาะสมตั้งแต่แรก จึงเป็นปัจจัยที่สามารถนำไปศึกษาต่อยอดได้ในอนาคต เพื่อให้เกิดความสมจริงของระบบ และทำให้เกิดความคล่องตัวในการทำงานได้มากขึ้น ผ่านการจำลองสถานการณ์โดยขยายขอบเขตให้ครอบคลุมระบบที่มีการทำงานต่อเนื่องกับ RGV เช่น ระบบ AS/RS ของพื้นที่จัดเก็บ Double Deep Rack และ Single Deep Rack เป็นต้น รวมไปถึงการนำข้อมูลพื้นที่กองสินค้าหน้าสถานี R และปริมาณสินค้าคงเหลือในพื้นที่จัดเก็บ เข้ามาใช้ในการพิจารณา
2. พิจารณาข้อมูลและโอกาสที่ RGV เสีย : จากการศึกษากระบวนการทำงานพบว่า หากมี RGV ตัวใดในระบบเกิดปัญหาและมีการหยุดทำงาน ระบบลำเลียงของ RGV จะหยุดทั้งหมดเพื่อป้องกันการชนกัน เจ้าหน้าที่แผนกซ่อมบำรุงจะต้องนำ RGV ตัวที่มีปัญหาออกจากระบบก่อน จึงจะสามารถตั้งค่าการทำงานให้ระบบลำเลียงต่อได้ ดังนั้นการซ่อมบำรุงและการป้องกันปัจจัยที่นำไปสู่การหยุดทำงานของ RGV มีความสำคัญอย่างมาก เพราะปริมาณงานที่สามารถทำได้ (Throughput) ในช่วงที่เกิดการหยุดทำงานชอง RGV ส่งผลต่อ Throughput ของศูนย์กระจายสินค้า เนื่องจาก RGV ลำเลียงทั้งงานเบิกสินค้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ และ งานเติมสินค้าชิ้นเล็ก ซึ่งงานทั้ง 2 รูปแบบมีผลต่อการหยิบสินค้าในรอบเวฟ รวมถึงเวลาปิดเวฟ และการจัดส่งลูกค้า

3. ลดระยะทางการเคลื่อนที่โดยการสลับรางอัตโนมัติ : ปัจจัยด้านการปรับรูปแบบเส้นทางการลำเลียงเป็นแนวทางที่สามารถทำการศึกษาเพิ่มเติมได้ในอนาคต เนื่องจากปัจจุบันเส้นทางการลำเลียงเป็นวงปิดรูปตัว “T” ซึ่งสามารถเพิ่มจุดสับรางได้ที่บริเวณ 3 แยกรอยต่อระหว่าพื้นที่จัดเก็บ Double Deep rack และ Single Deep Rack ดังแสดงในรูปที่ 6-1 เพื่อลดระยะทางการเคลื่อนที่ ซึ่งจะช่วยสนับสนุนการทำงานในช่วงต้นเวฟ เพราะ งานหยิบสินค้าตามรอบเวฟ และงานคืนสินค้าเข้าพื้นที่จัดเก็บ ที่สถานี PK และ SD มีสัดส่วนการเกิดงานมาก แต่จำเป็นต้องมีการศึกษาผลกระทบด้านอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น ความเสี่ยงในการชนกันของ RGV อัตราการเคลื่อนที่ผ่านของ RGV ในบริเวณที่มีแนวคิดในการสร้างจุดสับราง และความคุ้มค่าในการลงทุนปรับปรุง รวมถึงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 6-1 จุดสับรางในเส้นทางการเคลื่อนที่ของ RGV

บรรณานุกรม

[1] ธนิต โสรัตน์. "'ค่าแรง-เทคโนโลยี' ปัจจัยกดดันนายจ้าง." https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/862449

[2] กองบริหารข้อมูลตลาดแรงงาน. กรมการจัดหางาน, "การแก้ไขและป้องกันการขาดแคลนแรงงาน ค.ศ.2017-2021," 2017.

[3] สุวคนธ์ เจียรณัย. สำนักปลัดกระทรวงพาณิชย์, "สังคมผู้สูงอายุกับการปรับตัวธุรกิจไทย," 2019. [Online]. Available: http://mocplan.ops.moc.go.th

[4] "ก้าวย่างของประเทศไทยสู่ 'สังคมผู้สูงอายุ' อย่างสมบูรณ์แบบ," แนวหน้า, 2020.

[5] สำนักปลัดกระทรวงพาณิชย์. ธนาคารแห่งประเทศไทย, "สังคมสูงวัยกับความท้าทายของตลาดแรงงานไทย," โครงการศึกษาด้านโครงสร้างเศรษฐกิจไทยที่มีนัยต่อการดำเนินนโยบาย. กรกฎาคม 2018, 2018.

[6] LogisticsIQ, "Warehouse Automation : Rise of Warehouse Robots," *RoboBusiness,* 2019. [Online]. Available: https://www.roboticsbusinessreview.com/wp-content/uploads/2019/10/RiseOfTheWarehouseRobots-LogisticsIQ.pdf.

[7] R. Scriven, "Warehouse Automation Post-COVID: An Encouraging Prognosis," *Robotics & Warehouse Automation,* vol. SEPTEMBER 2020, 2020. [Online]. Available: https://www.interactanalysis.com/warehouse-automation-post-covid-an-encouraging-prognosis/.

[8] โอฬาร กิตติธีรพรชัย, คลังสินค้าและการจัดการคลังสินค้า. Bangkok: Chulalongkorn University Press, 2018.

[9] Warehousebuildings team. "Flow Prosses Warehouse Activity." http://warehousebuildings.blogspot.com/2011/06/flow-prosses-warehouse-activity.html.

[10] Loganx. "Warehouse Layout Design." https://www.gruasyaparejos.com/en/pallet-racking/warehouse-layout-design/ .

[11] LPI Group. "ประเภทชั้นวางในคลังสินค้า." https://www.lpi.co.th.

[12] S. Z. Marco Trottmann, "The trend towards warehouse automation," *Westernacher Knowledge Series | Whitepaper,* vol. 2017, 2017. [Online]. Available: https://westernacher-consulting.com/.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

[13] M. P. Groover, *Automation Production systems, Computer Integrated Manufacturing*, 4th ed. Pearson Education., 2014.

[14] Difuku Wynright. "Sortation Transfer Vehicles (STV)." https://www.wynright.com/products/by-product-family/storage-solutions/stv/

[15] Logistic Daifuku Co. "Logistic Solution." https://www.daifuku-logisticssolutions.com/th/product/vehicle/index.html (accessed.

[16] C. G. Co and J. M. A. Tanchoco, "A review of research on AGVS vehicle management," *Engineering Costs and Production Economics,* vol. 21, no. 1, pp. 35-42, 1991/02/01/ 1991, doi: https://doi.org/10.1016/0167-188X(91)90016-U.

[17] J. Banks, Carson, I., Nelson, B. L., Nicol, D. M., *Discrete-event system simulation*. Pearson, 2005.

[18] M. Lake, "Computer Simulation Modeling," in *Encyclopedia of Archaeology*, D. M. Pearsall Ed. New York: Academic Press, 2008, pp. 1034-1040.

[19] S. G. Lee, R. d. Souza, and E. K. Ong, "Simulation modelling of a narrow aisle automated storage and retrieval system (AS/RS) serviced by rail-guided vehicles," *Computers in Industry,* vol. 30, pp. 241-253, 1996.

[20] M. Calzavara, P. Alessandro, and S. Fabio, "Modelling of Rail Guided Vehicles serving an automated parts-to-picker system," *IFAC-PapersOnLine,* vol. 51, no. 11, pp. 1476-1481, 2018/01/01/ 2018, doi: https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.295.

[21] C. Ding, H. He, W. Wang, W. Yang, and Y. Zheng, "Optimal strategy for intelligent rail guided vehicle dynamic scheduling," *Computers & Electrical Engineering,* vol. 87, p. 106750, 2020/10/01/ 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2020.106750.

[22] M. Qi, X. Li, X. Yan, and C. Zhang, "On the evaluation of AGVS-based warehouse operation performance," *Simulation Modelling Practice and Theory,* vol. 87, pp. 379-394, 2018/09/01/ 2018, doi: https://doi.org/10.1016/j.simpat.2018.07.015.

[23] J. Heger and T. Voss, "Reducing mean tardiness in a flexible job shop containing AGVs with optimized combinations of sequencing and routing rules," *Procedia CIRP,* vol. 81, pp. 1136-1141, 2019/01/01/ 2019, doi: https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.281.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[24] H. F. Mohammad Saidi-Mehrabad, "Monte Carlo Simulation to Compare Markovian and Neural Network Models for Reliability Assessment in Multiple AGV Manufacturing System," *Journal of Optimization in Industrial Engineering,* vol. 19, pp. 75-85, 2016.

[25] K. H. Kim and J. W. Bae, "A Look-Ahead Dispatching Method for Automated Guided Vehicles in Automated Port Container Terminals," *Transportation Science,* vol. 38, no. 2, pp. 224-234, 2004. [Online]. Available: http://www.jstor.org/stable/25769193.

[26] D. Sinreich and J. M. A. Tanchoco, "The centroid projection method for locating pick-up and delivery stations in single-loop AGV systems," *Journal of Manufacturing Systems,* vol. 11, no. 4, pp. 297-307, 1992/01/01/ 1992, doi: https://doi.org/10.1016/0278-6125(92)90029-F.

[27] *RStudio: Integrated Development Environment for R*. (2015). Boston, MA.

[28] H. F. M. Saidi-Mehrabad, "Monte Carlo Simulation to Compare Markovian and Neural Network Models for Reliability Assessment in Multiple AGV Manufacturing System," *Journal of Optimization in Industrial Engineering,* vol. 19, 2016.

[29] การไฟฟ้านครหลวง (สำนักงานใหญ่). "อัตราค่าไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ." https://www.mea.or.th/our-services/tariff-calculation/ .

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวจุฑามาศ เลขศักดิ์
วัน เดือน ปี เกิด	28 มิถุนายน 2539
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	วท.บ.(เคมีวิศวกรรม)
ที่อยู่ปัจจุบัน	16 ซอยกรุงเทพกรีฑา17 ถนนกรุงเทพกรีฑา แขวงทับช้าง เขตสะพานสูง กทม.10250

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University