การปรับปรุงการขนส่งภายในของชิ้นส่วนรถยนต์ในโรงงานประกอบ

นายปฏิพัทธ์ มณีรัตน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Internal Logistics Improvement of Automotive Parts in an Assembly Plant

Mr. Patipath Maneerath

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 2022
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	*การปรับปรุงการขนส่งภายในของชิ้นส่วนรถยนต์ในโรงงานประกอบ*
โดย	*นายปฏิพัทธ์ มณีรัตน์*
สาขาวิชา	*วิศวกรรมอุตสาหการ*
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	*รองศาสตราจารย์ ดร.นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี*

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... *คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์*

(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... *ประธานกรรมการ*

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์)

..... *อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก*

(รองศาสตราจารย์ ดร.นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี)

..... *กรรมการ*

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทชัย กานตานันทะ)

..... *กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย*

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรวิชญ์ สว่างนพ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปฏิพัทธ์ มณีรัตน์ : การปรับปรุงการขนส่งภายในของชิ้นส่วนรถยนต์ในโรงงานประกอบ. (Internal Logistics Improvement of Automotive Parts in an Assembly Plant) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการปรับปรุงการขนส่งภายในของชิ้นส่วนรถยนต์ในโรงประกอบ กรณีศึกษา ปัจจุบันมีอัตราการใช้ประโยชน์ของรถลากไฟฟ้า (E-car) อยู่เพียง 68% โดยพนักงานขับรถลากไฟฟ้า (E-car) จะนำกล่องชิ้นส่วนไปส่งแต่ละจุดความต้องการ (Address) ทั้งหมด 27 จุดตามเส้นทางที่กำหนดไว้ 20 เส้นทาง ซึ่งยังไม่มีประสิทธิภาพเพราะทำให้ระยะทางรวมของเส้นทางการขนส่งมากและใช้รถลากไฟฟ้า (E-car) สำหรับขนส่งทั้งหมด 24 คัน งานวิจัยนี้ประยุกต์วิธีการออกแบบเส้นทางด้วยรูปแบบปัญหา Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) ซึ่งวัตถุประสงค์สำหรับการออกแบบเส้นทางนี้ เพื่อให้ระยะทางรวมของเส้นทางการขนส่งภายในน้อยที่สุด และยังตอบสนองความต้องการใช้ชิ้นส่วนแต่ละจุดความต้องการ (Address) ได้โดยใช้ปัจจัยนำเข้าเช่น ปริมาณความต้องการใช้ชิ้นส่วน (Demand) แต่ละจุดความต้องการ (Address) ความสามารถในการบรรทุกของรถลากไฟฟ้า (E-car) ระยะทางของแต่ละจุดความต้องการ ผลการจัดเส้นทางใหม่จะได้เส้นทางการขนส่งภายใน 12 เส้นทาง โดยมีการทดสอบรอบเวลาการขนส่งตามเส้นทางการขนส่งแบบใหม่แต่ละรอบคำสั่งซื้อรายวัน เพื่อทำให้มั่นใจว่าเส้นทางที่ออกแบบใหม่นั้นสามารถใช้งานได้จริง ตามปริมาณความต้องการใช้ชิ้นส่วน (Demand) ที่คงที่ของแต่ละจุดความต้องการ (Address) ในโรงงานประกอบ จากการทดสอบพบว่า เส้นทางการขนส่งแบบใหม่สามารถทำให้ระยะทางรวมในการขนส่งชิ้นส่วนต่อรอบคำสั่งซื้อลดลง 26% และมีอัตราการใช้ประโยชน์ของรถลากไฟฟ้า (E-car) เฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 90% หรือมากขึ้นกว่าเดิม 22%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา	*วิศวกรรมอุตสาหการ*	*ลายมือชื่อนิสิต .....*
ปีการศึกษา	*2565*	*ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....*

 # # 6370155621 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD:

Patipath Maneerath : Internal Logistics Improvement of Automotive Parts in an Assembly Plant. Advisor: Assoc. Prof. NARAGAIN PHUMCHUSRI

This research focuses on internal logistics improvement of automotive parts in a case study assembly plant having only 68% of E-car loaded capacity utilization. E-car drivers take prepared boxes to the total of 27 addresses in the production line. There are 20 fixed E-car routes which are still inefficient because the total internal routing distance is too long and 24 E-cars for internal logistics. This research proposes a method to determine new E-car routes by applying the Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) concept. The objective is to minimize total internal routing distance while able to respond to demand at each address. The input variables are demand at each address, E-car loaded capacity, distance between addresses, etc. The CVRP results suggest 12 new internal routes. Cycle time simulation on each new internal route is used to ensure that newly designed routes are practical based on the fixed demand at each address. According to the simulation results, new routes can reduce the total distance for parts supply by 26%. The average utilization rate of E-car loaded capacity can be increased to 90% or 22% higher than before improvement.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

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

Academic Year: *2022* *Advisor's Signature .....*

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานวิจัยและการจัดทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดีผู้วิจัยกราบขอบพระคุณต่อ รศ. ดร. นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี อาจารย์ที่ปรึกษา ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่กรุณาให้คำปรึกษา แนวคิด คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่างๆอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขจนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วง และผู้วิจัยขอกราบขอบคุณกรรมการสอบทุกท่านซึ่งประกอบด้วย รศ. ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์ ผศ. ดร.นันทชัย กานตานันทะ และ ผศ. ดร. สิรวิชญ์ สว่างนพ ที่ได้สละเวลาตรวจสอบและพิจารณาวิทยานิพนธ์ รวมถึงให้คำแนะนำในการปรับปรุงงานวิจัยให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณทีมผู้บริหาร หัวหน้าวิศวกร และหัวหน้าปฏิบัติการของโรงงานประกอบรถยนต์กรณีศึกษาทุกท่านที่ได้สนับสนุนข้อมูล จนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ รวมถึงบุคลากรของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกในการค้นคว้าหาข้อมูลตลอดจนเพื่อนร่วมรุ่น 1/2563 หลักสูตรปริญญาโทภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้คำปรึกษาและกำลังใจด้วยดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ คุณกฤษกาญจน์ มณีรัตน์ และ คุณสุมาลี มณีรัตน์ ผู้เป็นบิดามารดา ที่ให้การสนับสนุนทั้งกำลังกายและกำลังใจตลอดมา รวมถึงบุคคลอื่นที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ ที่ได้มีส่วนทำให้งานวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วยประโยชน์อันใดที่เกิดขึ้นจากการทำงานวิจัยนี้ เกิดจากความกรุณาของท่านดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านอย่างสูงไว้ในโอกาสนี้ด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปฏิพัทธ์ มณีรัตน์

สารบัญ

หน้า

..... ค

บทคัดย่อภาษาไทย..... ค

..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ง

กิตติกรรมประกาศ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญรูปภาพ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา..... 2

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 4

1.3 รูปแบบปัญหาของงานวิจัย..... 10

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 13

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย..... 14

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 15

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 16

2.1 การผลิตแบบลีน (Lean manufacturing)..... 16

2.1.1 การผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just-In-Time Production: JIT)..... 17

2.1.2 Jidoka หรือ Automation..... 19

2.1.3 หลักการ ECRS..... 20

2.2 ปัญหาด้านการขนส่ง (Transshipment Problem)..... 21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.1 Vehicle Routing Problem (VRP) 22
2.2.2 Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) 24
2.3 OR-Tool 26
2.4 การขนถ่ายวัสดุ (Material Handling) 31
2.4.1 หลักการการขนถ่ายวัสดุ 32
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 33
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 39
3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย 39
3.2 ศึกษากระบวนการทำงานของบริษัทกรณีศึกษา 40
3.3 ศึกษาสภาพปัญหาของบริษัทกรณีศึกษา 42
3.4 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและหาแนวทางการแก้ไข 43
3.4.1 การศึกษาข้อจำกัดการขนส่งภายในโรงประกอบ 45
3.4.2 การเก็บข้อมูลระยะทางภายในโรงงานประกอบ 46
3.4.3 การวิเคราะห์เส้นทางการเดินรถลากไฟฟ้า (E-car) ไปยังจุดความต้องการ 48
3.4.4 การวิเคราะห์ความต้องการชิ้นส่วนเฉลี่ยต่อรอบการขนส่งของแต่ละจุดความต้องการ 49
3.4.5 การวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ (Utilization) ของรถลากไฟฟ้า (E-car) 50
3.4.6 การวิเคราะห์ประวัติการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการผลิต (Takt time) 51
3.4.7 การวิเคราะห์ปริมาณความต้องการการใช้ชิ้นส่วน (Demand) ของโรงงานประกอบ.. 53
3.4.8 การอธิบายปัญหาเพื่อการหาวิธีการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม 54
3.5 นำแนวทางลีนมาปรับปรุงกระบวนการทำงานและหาแนวทางการปรับปรุง 55
3.6 การใช้ OR-Tool ในการออกแบบเส้นทางการเดินรถลากไฟฟ้า (E-car) ภายในโรงงานประกอบ 57
3.7 การทดสอบเส้นทางการขนส่งในโรงงานประกอบ 59
3.7.1 การเตรียมข้อมูลเพื่อสร้างปัจจัยนำเข้า (Input data) สำหรับการทดสอบ 61

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.8 วิเคราะห์และสรุปผลพร้อมข้อเสนอแนะ 62
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 64
4.1 ออกแบบกระบวนการทำงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องใหม่ 64
4.2 ผลลัพธ์จากการออกแบบเส้นทางภายในโรงงานประกอบจาก OR-tool 65
4.3 ทดสอบเส้นทางการเดินรถลากไฟฟ้า (E-car) ภายในโรงงานประกอบโดยใช้ OR-tool 68
4.4 ผลการทดสอบเรื่องระยะทางรวมของเส้นทางทั้งหมด 69
4.5 ผลการทดสอบจำนวนจุดส่ง (Address) ในแต่ละเส้นทางการขนส่ง 70
4.6 ผลการทดสอบระยะทางเฉลี่ยของแต่ละเส้นทางการขนส่ง 71
4.7 ผลการทดสอบระยะทางที่มากที่สุดในการขนส่ง 72
4.8 ผลการออกแบบเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนภายในโรงงาน 73
4.9 ผลการทดสอบเส้นทางการขนส่งภายในโรงงานประกอบ 76
4.10 ผลการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ (Utilization) ของรถลากไฟฟ้า (E-Car) 83
4.11 ผลการเปรียบเทียบระยะทางรวมของเส้นทางการขนส่ง 84
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน 85
5.1 สรุปผลดำเนินงาน 85
5.1.1 การออกแบบการกระบวนการทำงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องใหม่ 85
5.1.2 การออกแบบเส้นทางการเดินรถลากไฟฟ้า (E-car) โดยใช้ OR-tool 85
5.1.3 การทดสอบเส้นทางการขนส่งใหม่ 86
5.2 การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำงานวิจัยไปใช้จริง 87
5.2.1 การเตรียมความพร้อมก่อนเริ่มใช้งานจริง 87
5.2.2 การตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นส่วน 88
5.3 ข้อเสนอและแนวทางการปรับปรุงการดำเนินงานของบริษัทกรณีศึกษา 88
5.3.1 การบริหารความเสี่ยงในทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง 89
5.3.2 การปรับปรุงพารามิเตอร์ในชุดคำสั่ง 89

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ตัวอย่างชุดคำสั่งของ OR-tool ด้วยภาษา Python..... 91

บรรณานุกรม..... 96

ประวัติผู้เขียน..... 99

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1-1 จำนวนรายการชิ้นส่วนรถยนต์ในแต่ละ Dock 7

ตารางที่ 2-1 สรุปลักษณะปัญหาและรูปแบบของข้อจำกัด (ปารณัท กัญวิมล, 2564) 21

ตารางที่ 2-2 ตัวเลือกวิธีการค้นหาคำตอบของ Objective function (Google Developers, 2021) 28

ตารางที่ 2-3 ตัวเลือกการหาคำตอบด้วยเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) (Google Developers, 2021)..... 30

ตารางที่ 3-1 ตารางเก็บข้อมูลระยะทาง 27x27 46

ตารางที่ 3-2 ปริมาณความต้องการเฉลี่ยของแต่ละเส้นทาง (Route) ต่อรอบของโรงงานประกอบ ตั้งแต่ ม.ค.-ก.ย. 2022..... 48

ตารางที่ 3-3 ความต้องการชิ้นส่วนเฉลี่ยต่อรอบการขนส่งของแต่ละจุดความต้องการ (Address) ตั้งแต่ ม.ค.-ก.ย. 2022..... 50

ตารางที่ 3-4 ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการผลิต (Takt time) รายเดือน..... 52

ตารางที่ 3-5 ตัวอย่างฐานข้อมูลการสั่งซื้อชิ้นส่วน (Part ordering database) 62

ตารางที่ 4-1 ตารางสรุปผลลัพธ์จากการออกแบบเส้นทางภายในโรงงานประกอบจาก OR-tool.... 68

ตารางที่ 4-2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์การคำนวณของแต่ละ Metaheuristic..... 74

ตารางที่ 4-3 ตัวอย่างข้อมูลคำสั่งซื้อ (Part ordering) 77

ตารางที่ 4-4 ตัวอย่างจำนวนกล่องชิ้นส่วนตามจุดความต้องการ (Address) แต่ละคำสั่งซื้อต่อวัน (กล่อง)..... 78

ตารางที่ 4-5 ตัวอย่างความจุตามจุดความต้องการ (Address) ตามคำสั่งซื้อต่อวัน (ลูกบาศก์เมตร) 79

ตารางที่ 4-6 ตัวอย่างจำนวนรอบในการขนส่งของเส้นทางการขนส่งแต่ละคำสั่งซื้อต่อวัน (รอบ).... 80

ตารางที่ 4-7 ตัวอย่างรอบเวลาการทำงานในแต่ละเส้นทางการขนส่งวันที่ 1 80

ตารางที่ 4-8 ตัวอย่างรอบเวลาการทำงานกับเวลาสินค้าคงคลังขั้นต่ำในแต่ละเส้นทางการขนส่ง ... 81

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1-1 ปริมาณการผลิตรถยนต์ในประเทศไทย (ที่มา: รายงานสภาวะอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยปี พ.ศ. 2563 และแนวโน้มปี พ.ศ. 2564) 2

รูปที่ 1-2 โรงงานหลัก (Main Shop) 4

รูปที่ 1-3 แผนภูมิการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการผลิต (Takt time) ในอดีต 5

รูปที่ 1-4 ปริมาณรายการชิ้นส่วนรถยนต์ของแต่ละโรงหลัก (Main Shop) 5

รูปที่ 1-5 แผนผังจุดรับชิ้นส่วนของโรงประกอบ 7

รูปที่ 1-6 ขนาดของ Skid 8

รูปที่ 1-7 กระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนตั้งแต่พื้นที่ Receiving ถึง Sorting lane ปัจจุบัน 9

รูปที่ 1-8 แนวคิดการปรับปรุงกระบวนการ 10

รูปที่ 1-9 พื้นที่คัดแยก Skid ตามเลข P-lane 11

รูปที่ 1-10 พื้นที่คัดแยกกล่องชิ้นส่วนตามจุดความต้องการ (Address) 11

รูปที่ 1-11 การใช้ประโยชน์ (Utilization) ของแต่ละเส้นทางปัจจุบัน 12

รูปที่ 1-12 ค่าเฉลี่ยรอบเวลาการทำงานของแต่ละเส้นทางการขนส่งปัจจุบัน 13

รูปที่ 1-13 การส่งชิ้นส่วนข้างไลน์การผลิต 13

รูปที่ 2-1 ลักษณะปัญหาแบบ VRP 23

รูปที่ 2-2 กระบวนการหาคำตอบปัญหา CVRP (The CVRP optimization process) 26

รูปที่ 2-3 วิธีคิดแบบลีน (ที่มา: Kumar et al. (2022)) 34

รูปที่ 2-4 ความเชื่อมโยงของอุตสาหกรรม 4.0 กับความสูญเปล่าในการผลิตแบบลีน (ที่มา: Rajab et al. (2022)) 34

รูปที่ 2-5 การจัดการซัพพลายเชนแบบลีนบูรณาการ (ที่มา: Chen et al. (2019)) 36

รูปที่ 2-7 Model input and output (ที่มา: Sivakumar and Chong (2001)) 38

รูปที่ 3-1 ภาพรวม (SIPOC) ของกระบวนการนำเข้าชิ้นส่วน 40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3-2 พื้นที่ของกระบวนการทำงานซ้ำซ้อน (Overprocessing area) 43
รูปที่ 3-3 ขั้นตอนกระบวนการนำเข้าชิ้นส่วน 44
รูปที่ 3-4 ตาราง (Grid) ของผังโรงงานประกอบ 47
รูปที่ 3-5 %การใช้ประโยชน์ (Utilization) ของรถลากไฟฟ้า (E-car) ในแต่ละเส้นทาง 51
รูปที่ 3-6 ปริมาณความต้องการใช้ชิ้นส่วน (Demand) ระยะเวลา 3 เดือน 53
รูปที่ 3-7 ตัวอย่างเส้นทางการขนส่งภายในจาก B-lane ไปตามจุดความต้องการ (Address) 54
รูปที่ 3-8 ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน 56
รูปที่ 3-9 กระบวนการจัดส่งชิ้นส่วนรถยนต์ภายในโรงงานประกอบ 59
รูปที่ 4-1 แผนภูมิการกระบวนการปรับปรุงนำเข้าชิ้น 64
รูปที่ 4-2 ผลลัพธ์จากการออกแบบเส้นทางภายในโรงงานประกอบจาก OR-tool 66
รูปที่ 4-3 แผนภูมิระยะทางรวมทั้งหมดของแต่ละ Metaheuristic ต่อระยะเวลาการคำนวณ 69
รูปที่ 4-4 แผนภูมิจำนวนจุดส่ง (Address) ที่มากที่สุดในการส่งต่อรอบของแต่ละ Metaheuristic ต่อระยะเวลาการคำนวณ 70
รูปที่ 4-5 แผนภูมิระยะทางเฉลี่ยของเส้นทางการขนส่งแต่ละ Metaheuristic ต่อระยะเวลาการคำนวณ 71
รูปที่ 4-6 แผนภูมิระยะทางมากที่สุดเส้นทางการขนส่งของแต่ละ Metaheuristic ต่อระยะเวลาการคำนวณ 72
รูปที่ 4-7 ระยะทางรวมทั้งหมดของแต่ละ Metaheuristic ต่อระยะเวลาการคำนวณ 73
รูปที่ 4-8 กลุ่มเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนใหม่ 74
รูปที่ 4-9 เส้นทาง G จุดส่ง T2 และ SY 75
รูปที่ 4-10 เส้นทาง F จุดส่ง SD และ SX 75
รูปที่ 4-11 ค่าเฉลี่ยรอบเวลาการทำงานของแต่ละเส้นทางการขนส่ง 82
รูปที่ 4-12 สรุปผลการทดสอบภายใน 7 วัน 82
รูปที่ 4-13 %การใช้ประโยชน์ (Utilization) ของตามเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนใหม่ 83

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-14 การเปรียบเทียบ%การใช้ประโยชน์ (Utilization) ของตามเส้นทางการขนส่งชิ้นหลังปรับปรุง 83
รูปที่ 4-15 การเปรียบเทียบระยะทางรวมของการเดินรถลากไฟฟ้า (E-car) 84
รูปที่ 5-1 ตารางที่ใช้ปรับปรุงพารามิเตอร์ระยะทาง 90

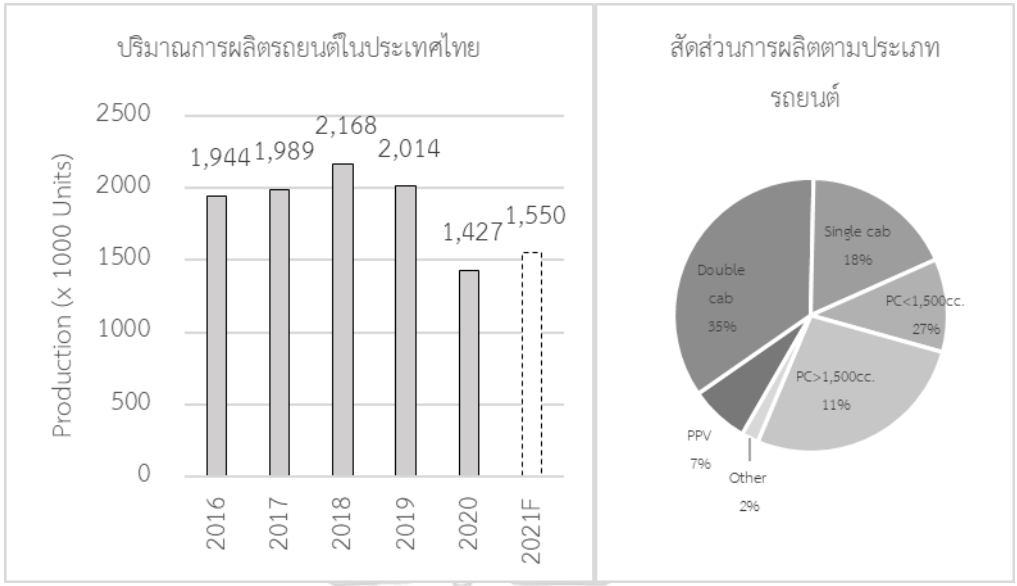
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ในช่วงเดือนธันวาคมปี 2019 ได้เกิดการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ส่งผลให้อุตสาหกรรมกรรมยานยนต์ในช่วงต้นปี 2020 ก็ได้รับผลกระทบจากปัญหาการขาดแคลนชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ เนื่องจากไม่สามารถทำการผลิตและขนส่งได้ โดยเฉพาะชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ฐานผลิตอยู่ที่ประเทศจีน โดยในช่วงเดือนมกราคมปี 2020 ได้ตรวจพบผู้ติดเชื้อรายแรกที่นอกประเทศจีน ส่งผลให้ผู้บริโภคหลีกเลี่ยงการเดินทางไปยังสถานที่ที่มีการรวมกลุ่มจำนวนมาก และในท้ายที่สุดสถานการณ์การแพร่ระบาดก็มีความรุนแรงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยพบการแพร่ระบาดในโรงงานผลิตรถยนต์และชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ ส่งผลให้รัฐบาลออกมาตรการล๊อกดาวน์เพื่อชะลอการแพร่ระบาด โดยในกลุ่มโรงงานผู้ผลิตรถยนต์ 8 ราย ในประเทศไทย ได้มีการประกาศหยุดการผลิตชั่วคราวในช่วงเดือนเมษายน –พฤษภาคม 2020 เพื่อลดความรุนแรงของการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด 19 อีกทั้งหากมองภาพรวมการผลิตภายในประเทศพบว่า ยอดการผลิตรถยนต์ในประเทศไทยประกาศลดเป้าหมายการผลิตในปี 2020 จากเดิม 1,900,000 คัน เป็น 1,400,000 คัน (กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2562)

โดยหากมองย้อนกลับไปตั้งแต่ปี 2016 เป็นต้นตามรายงานสภาวะอุตสาหกรรมยานยนต์ปี พ.ศ. 2563 และแนวโน้มปีพ.ศ. 2564 โดย สถาบันยานยนต์ จะเห็นได้ว่ามีความผันผวนมาอย่างต่อเนื่อง โดยประเทศไทยสามารถผลิตรถยนต์ได้เฉลี่ย 1.9 ล้านคันต่อปี ในปี 2020 โดยจำแนกเป็นการผลิตรถยนต์กระบะ 1 ตันและอนุพันธ์ร้อยละ 60 ซึ่งประกอบไปด้วย Double cab, Single cab และ PPV ตามรูปที่ 1-1 ซึ่งเป็นที่น่าสนใจว่าปริมาณกรผลิตรถยนต์จำนวนหลายล้านคนต่อปี โดยมีปริมาณการผลิตที่ผันผวนนี้ โรงงานประกอบรถยนต์นั้น มีวิธีการบริหารจัดการการขนส่งชิ้นส่วนการประกอบรถยนต์อย่างไร การจัดสรรชิ้นส่วนประกอบรถยนต์จำนวนมหาศาลเข้าไปสู่กระบวนการประกอบรถยนต์อย่างไร ให้มีคุณภาพ ถูกต้อง และทันเวลา ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ เช่น จำนวนพนักงานในการทำงาน การออกแบบการขนส่งชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ภายในโรงงาน จำนวนยานพาหนะที่ใช้ในการคนส่ง หรือ กรอบเวลาในการขนส่งชิ้นส่วนในแต่ละรอบ ของโรงงานการประกอบรถยนต์นั้นๆ โดยจะมีการศึกษาผ่านกรณีศึกษาต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 1-1 ปริมาณการผลิตรถยนต์ในประเทศไทย (ที่มา: รายงานสภาวะอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยปี พ.ศ. 2563 และแนวโน้มปี พ.ศ. 2564)

1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

บริษัทที่เป็นกรณีศึกษา เป็นบริษัทผลิตรถยนต์ ชิ้นส่วนอะไหล่หลักของรถยนต์ และอุปกรณ์ตกแต่งรถยนต์ โดยประกอบด้วยรถยนต์ที่ผลิตภายในประเทศ และ รถยนต์ที่นำเข้าเป็น CBU (Completely Built Up) จากต่างประเทศ โดยจะสามารถจำแนกตามตลาดได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 : รถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car)

กลุ่มที่ 2 : รถยนต์เพื่อการพานิชย์

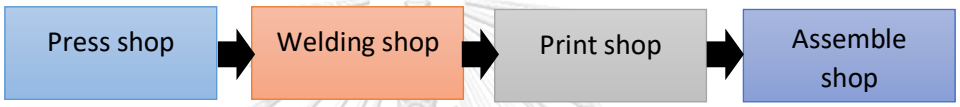
กลุ่มที่ 3 : รถยนต์อเนกประสงค์

โดยโรงงานกรณีศึกษานี้จะสนใจโรงงานที่ประกอบรถในกลุ่มที่ 2 และ 3 โดยในโรงงานจะประกอบรถยนต์ 3 ประเภทคือ Double cab , Space cab และ SUV

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยกระบวนการผลิตรถยนต์จะผ่าน 4 โรงงานหลัก (Main Shop) คือ โรงปั๊ม (Press shop) โรงเชื่อม (Welding shop) โรงสี (Print Shop) และ โรงประกอบ (Assembly Shop) ตามรูปที่ 1-2 4 โรงงานหลัก (Main Shop) จะเริ่มที่โรงปั๊ม (Press Shop) ทำการปั๊มแผ่นเหล็กเรียบให้เป็นชิ้นส่วนต่างๆของตัวรถยนต์ เช่น ประตูหน้า หลัง กระบะหลัง เสาเอ เสาบี เสาซี หลังจาก ที่ได้ชิ้นส่วนต่างๆของโครงรถแล้ว ชิ้นส่วนเหล่านี้จะถูกส่งไปที่ โรงเชื่อม (Welding Shop) โดยชิ้นส่วนโลหะต่างๆที่มาจากโรงปั๊มจะถูกส่งไปที่กระบวนการเชื่อม เพื่อเชื่อมชิ้นส่วนเหล็กเข้าด้วยกัน กลายเป็นโครงรถ (Body in white) โดยเมื่อเชื่อมชิ้นส่วนต่างๆ กลายเป็นโครงรถแล้ว โครงรถนั้น จะถูกส่งไปที่โรงสี (Print shop) โดยใช้สายพานลำเลียง (Conveyor) เพื่อเข้าสู่กระบวนการการทำสีให้โครงรถ จนออกมาเป็นโครงรถที่มีสีต่างๆ โครงรถที่ทำสีเสร็จเรียบร้อยจะถูกลำเลียงผ่านสายพาน เข้าสู่โรงประกอบ (Assembly shop) โรงประกอบจะมีหน้าที่นำชิ้นส่วนต่างๆ มาประกอบเข้ากับโครงรถ (Body) ผ่านสายพานการผลิต โดยจะผ่านสายการผลิตต่างๆ ตั้งแต่ Trim1 > Trim2 > Chassis1 > Frame1> Frame2 > Chassis2 > Final1 > Final2 > Final3 จากนั้นก็จะเข้าปั๊มน้ำมัน เพื่อเติมน้ำมัน ก็จะจบกระบวนการประกอบรถยนต์ จากนั้น สายการผลิตกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ (Inspection line) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นส่วนที่นำมาประกอบตัวรถ ตรวจสอบความเรียบร้อยของพื้นผิวตัวรถ จนถึงท้ายสายกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ (Inspection line) จะทำการเปิดเครื่องยนต์รถ เพื่อนำรถไปทดสอบฟังก์ชันการทำงาน และ สมรรถนะของรถยนต์ใน Tester line เมื่อผ่านกระบวนการตรวจสอบสมรรถนะของรถยนต์แล้ว รถก็จะถูกขับไปที่ Test court เพื่อทดสอบสมรรถนะการขับขี่และตรวจสอบความผิดปกติจากการขับขี่โดยใช้ความเร็วในการขับขี่ จนสุดท้ายรถยนต์ที่ประกอบเสร็จ ผ่านการตรวจสอบคุณภาพครบ ก็จะขับไปที่พื้นที่ของ Vehicle logistics เพื่อจัดสรรรถยนต์ที่มีคุณภาพไปยังลูกค้าต่อไป

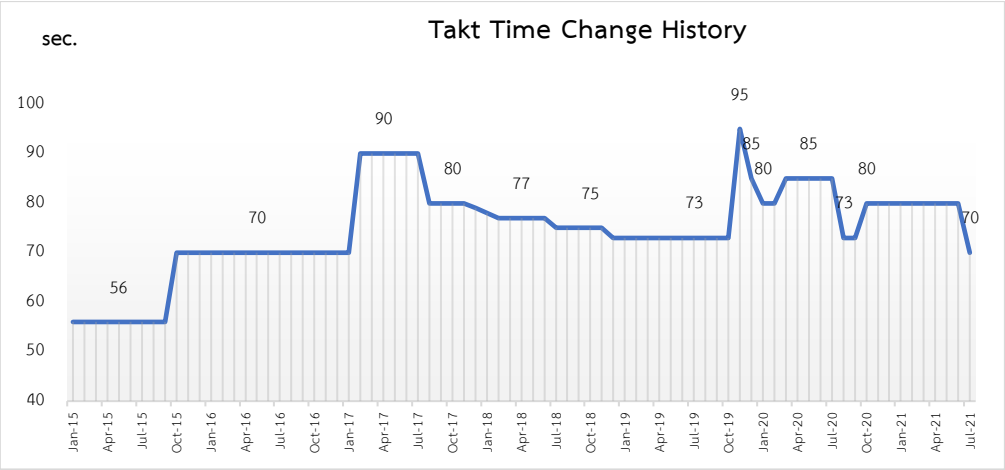
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 1-2 โรงงานหลัก (Main Shop)

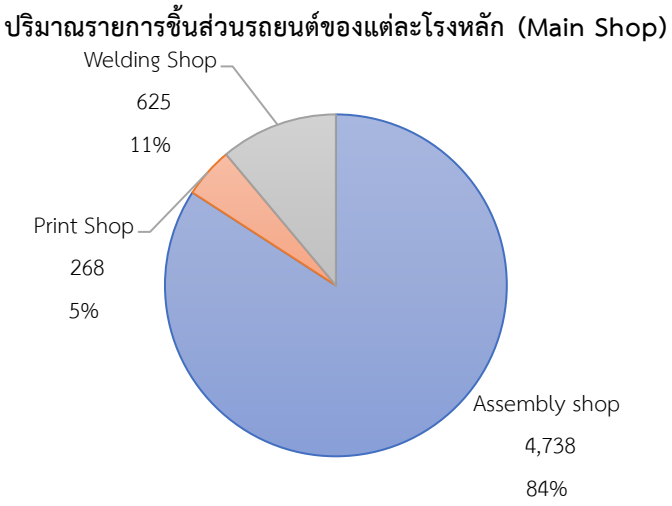
1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากสถานการณ์การโควิด 19 ที่ส่งผลกระทบต่อยอดการผลิตอย่างมาก ทำให้บริษัทกรณีศึกษาต้องพยายามปรับตัวต่อสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ จะเห็นได้จากทางฝ่ายผลิต ได้มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการผลิต (Takt time) อยู่บ่อยโดยการเปลี่ยนความเร็วในการผลิต (Takt time) แต่ละครั้งนั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการในแต่ละช่วงเช่นกัน ตามจากรูปที่ 1-3 ตั้งแต่ปี 2015 ที่ผ่านมาพบว่ามีการเปลี่ยนความเร็วในการผลิต (Takt time) เฉลี่ยอยู่ที่ปีละ 4 ครั้ง ซึ่งการเปลี่ยนความเร็วในการผลิต (Takt time) แต่ละครั้งส่งผลต่อกระบวนการผลิตโดยตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงงานที่ทำการผลิตแบบ Cyclic ที่มีการออกแบบกระบวนการทำงานแบบตั้งแต่ต้นจนจบภายใต้รอบเวลาการทำงานเดียวกันในทุกๆกระบวนการทำงานจะส่งผลกระทบอย่างมาก เช่น ปัจจุบันโรงงานดำเนินการผลิตด้วย ความเร็วในการผลิต (Takt time) 70 วินาที นั้นหมายความว่าในกระบวนการทำงานของแต่ละกระบวนการจะใช้เวลาไม่เกิน 70 วินาที ซึ่งถ้าอนาคตมีการปรับความเร็วในการผลิต (Takt time) ลงมาจาก 70 วินาที เป็น 60 วินาที กระบวนการทำงานเดิมนั้นก็มีความเป็นไปได้ที่จะทำงานไม่ทัน ฉะนั้นทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการผลิต (Takt time) ในแต่ละครั้งจึงส่งผลต่อกระบวนการผลิตโดยตรง



รูปที่ 1-3 แผนภูมิการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการผลิต (Takt time) ในอดีต

ทางบริษัทกรณีศึกษาก็ได้พยายามจะปรับตัวให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้นเพื่อให้เข้ากับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยมีการศึกษาหาความหาความสูญเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต ซึ่งองค์ประกอบสำคัญของการผลิตรถยนต์คือ ชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ ซึ่งโดยพื้นฐานของบริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทผลิตรถยนต์ที่มีการรับชิ้นส่วนประกอบรถยนต์จากผู้ประกอบการ (Supplier) มากถึง 161 รายจาก 230 โรงงาน โดยรายการชิ้นส่วนรถยนต์ (Part Number) นั้นจะถูกกระจายเข้าตามโรงงานหลักๆคือ โรงเชื่อม (Welding shop) 625 Part Numbers, โรงสี (Print shop) 268 Part Numbers และ โรงประกอบ (Assembly shop) 4,738 Part Numbers ตามรูปที่ 1-4



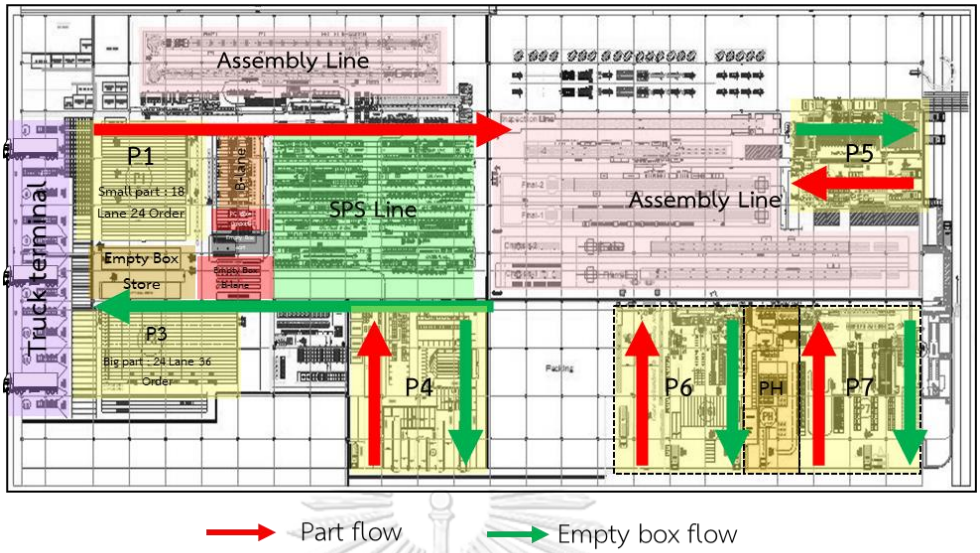
รูปที่ 1-4 ปริมาณรายการชิ้นส่วนรถยนต์ของแต่ละโรงหลัก (Main Shop)

จะเห็นได้ว่าบริษัทกรณีศึกษาต้องจัดการกับชิ้นส่วนรถยนต์จำนวนมากในแต่ละแผนกซึ่งถือเป็นหัวใจในการประกอบรถยนต์ โดยในโรงงานประกอบ (Assembly shop) นั้นต้องจัดการกับปริมาณชิ้นส่วนมากที่สุดถึง 84% ของชิ้นส่วนทั้งหมดในโรงงาน ฉะนั้นการศึกษากระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ตั้งแต่โรงงานผู้ประกอบการจึงถึงกระบวนการผลิตจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ ทางบริษัทกรณีศึกษาเองก็ให้ความสำคัญกับเรื่องดังกล่าวจึงได้มีการเริ่มการศึกษากระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ โดยจะมี 4 หน่วยหลักที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ คือ

1. Production planning คือ หน่วยงานที่ทำหน้าที่วางแผนการผลิตทั้งหมด โดยจะรับปริมาณความต้องการ (Demand) จากฝ่ายการตลาดมาเป็นรายเดือนเพื่อนำมาคำนวณแผนการผลิตรายวัน
2. Part planning คือ หน่วยงานที่ทำหน้าที่สั่งชิ้นส่วนรถยนต์จากผู้ประกอบการต่างๆ โดยจะรับแผนการผลิตรายวันจาก Production planning เพื่อคำนวณปริมาณและรายการชิ้นส่วนในแต่ละคำสั่งซื้อ (Order) ของแต่ละผู้ประกอบการ (Supplier) รวมถึงแผนในการส่งสินค้ามาที่โรงงาน (Loading plan)
3. Outsource คือ ในที่นี่จะมีสองส่วนคือ โรงงานของผู้ประกอบการ (Part Manufacturing) จะรับคำสั่งซื้อ (Order) ผ่านระบบที่มาจาก Part planning ซึ่งส่วนนี้จะมีหน้าที่จัดชิ้นส่วนตามคำสั่งเพื่อรอให้บริษัทขนส่งมารับชิ้นส่วนที่เตรียมไว้ไปส่งที่โรงงาน
4. Assembly shop คือ โรงงานประกอบ ซึ่งในหน่วยงานนี้จะหน่วยงานที่มีกระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ โดยเริ่มจาก การรับชิ้นส่วน (Part receiving) การคัดแยกชิ้นส่วน (Sorting) การส่งชิ้นส่วนไปข้างไลน์ (Supply to line side) และการคืนกล่องเปล่า (Return empty box)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากนั้นเมื่อศึกษาในโรงประกอบจะพบว่ามีจุดรับชิ้นส่วนรถยนต์ทั้งหมด 7 จุด ตามรูปที่ 1-5 ตั้งบริเวณรอบๆสายพานการผลิตหลัก (Assembly line) โดยในแต่ละที่จะรับชิ้นส่วนรถยนต์ที่มีลักษณะต่างกัน แบ่งตามลักษณะของบรรจุภัณฑ์ของชิ้นส่วนนั้น และ การกระจายชิ้นส่วนเข้าสู่ Assembly line โดยจะเห็นได้จาก ตารางที่1-1 โดยปริมาณรายการชิ้นส่วนที่เยอะที่สุดคือตำแหน่ง P1 มี 3,389 รายการ คิดเป็นร้อยละ 72 ของปริมาณชิ้นส่วนทั้งหมดที่เข้ามาโรงประกอบ



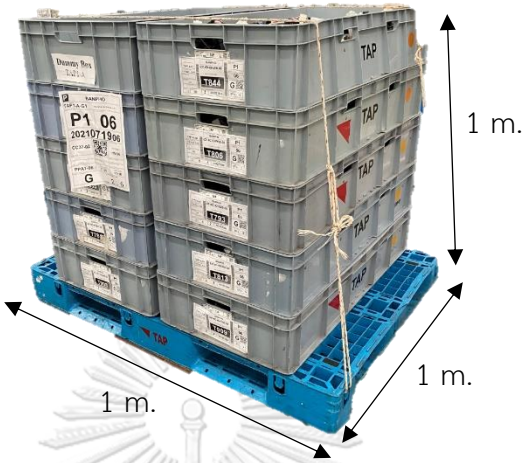
รูปที่ 1-5 แผนผังจุดรับชิ้นส่วนของโรงประกอบ

ตารางที่ 1-1 จำนวนรายการชิ้นส่วนรถยนต์ในแต่ละ Dock

Dock	PART TYPE	Part Number	Percentage
P1	SMALL PARTS	3,389	72%
PH	IMPORT PARTS	487	10%
P3	BIG PART DOLLY	352	7%
P6	SEAT ASSEY, TIRE, WHEEL ASSY	223	5%
P5	AXLE, KUNCKLE, FRAME	166	4%
P7	ENGINE, TRANSMISSION, TRANSFER	64	1%
P4	BIG PART PALLET	57	1%

ลักษณะของบรรจุภัณฑ์ชิ้นส่วนรถยนต์ที่เข้ามาที่จุดรับชิ้นส่วน P1 จะมีการจัดเก็บและจัดเรียงลงในกล่องโดยจะเรียกชิ้นส่วนกลุ่มนี้ว่า Small Part โดยกล่องจะถูกเรียงซ่อนกันแบบรวม จุดความต้องการ (Address) แล้วมัดรวมกันวางบน Skid ที่มีข้อกำหนด คือ เมื่อจัดวางกล่องบน Skid

จะต้องมีปริมาตรไม่เกิน 1 ลูกบาศก์เมตร โดยที่ กว้าง x ยาว x สูง ต้องยาวไม่เกิน 1 เมตร และชิ้นส่วนใน 1 Skid จะมาจาก Supplier รายเดียวเท่านั้นหรือ 1 Skid : 1 Supplier ตามรูปที่ 1-6



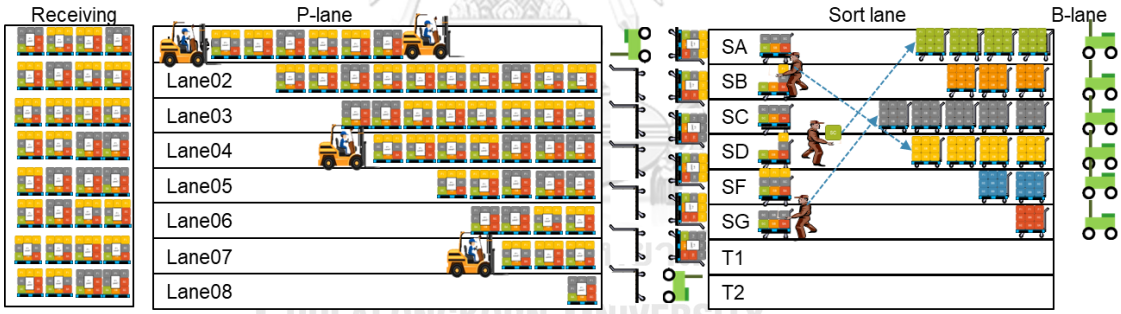
รูปที่ 1-6 ขนาดของ Skid

บริษัทกรณีศึกษานี้ได้ดำเนินการผลิตด้วยระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just-in-Time Production System: JIT) เพื่อช่วยลดต้นทุนรวมของการขนส่งและลดปริมาณสินค้าคงคลัง โดยมีการนำเทคนิค Milk run มาช่วยจัดการขนส่งของรถบรรทุกซึ่งกระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนนั้นจะถูกวางแผนมาตั้งแต่การวางแผนการผลิต (Production planning) การวางแผนชิ้นส่วน (Part planner) เพื่อรับชิ้นส่วนรถยนต์ที่มาจากผู้ประกอบการ (Supplier) และส่งมาที่โรงงานผลิตโดยลำดับการไหลของชิ้นส่วนรถยนต์จะเริ่มจากรถบรรทุกมาส่งชิ้นส่วนตาม Track Terminal จากนั้นคนขับรถบรรทุกก็จะทำการเปลี่ยนมาขับรถยก (Forklift) เพื่อย้ายชิ้นส่วนรถยนต์ไปยังพื้นที่ Part Receiving ทีละ Skid เพื่อให้พนักงานรับชิ้นส่วนตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นส่วน Skid ชิ้นส่วนจะถูกคัดแยกตามเลข Lane ที่ติดอยู่บน Skid ชิ้นส่วนและย้ายไปตามเลขของ Progress lane (P-lane) จากนั้นพนักงานขับรถยก (Forklift) จะดูที่ป้ายแจ้งเตือน (Andon) ว่าขณะนี้จะต้องย้าย Skid ชิ้นส่วนจาก Progress lane (P-lane) เลขใด เข้าสู่ Sort lane ซึ่งที่ท้าย Progress lane (P-lane) จะมีรถลากไฟฟ้า (E-car) ที่ต่อพ่วง Dolly วาง Skid ชิ้นส่วนมารอรับ เพื่อเตรียมเคลื่อนย้ายไปที่ Sort lane พนักงานที่อยู่ Sort lane จะทำหน้าที่คัดแยกชิ้นส่วนรถยนต์ในระดับกล่องตามจุดความต้องการ (Address) ของกล่องชิ้นส่วนนั้นๆ โดยจะจัดกล่องชิ้นส่วนวางไว้บน Dolly และจะลาก Dolly เข้าไปที่ Baton Pass Lane (B-lane) ที่ระบุว่าแต่ละ Lane จะต้องไปส่งที่จุดความต้องการ (Address) ใด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

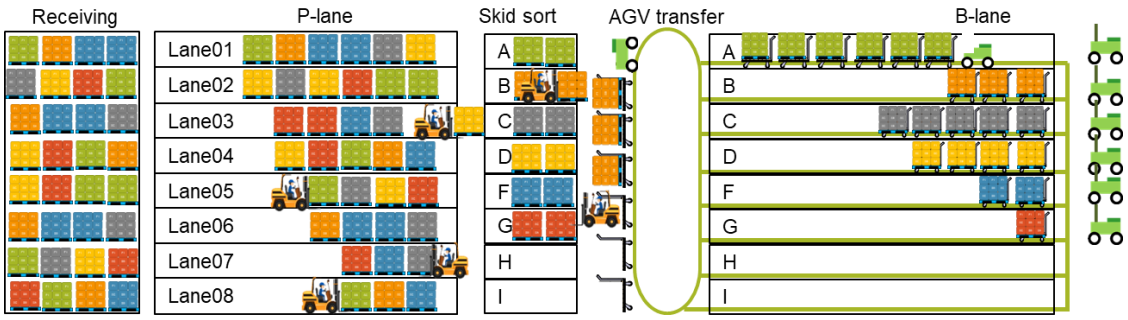
จากนั้นพนักงานขับรถลากไฟฟ้า (E-car) ประจำ Baton Pass Lane (B-lane) ก็จะทำการขับรถลาก Dolly ชิ้นส่วนรถยนต์ไปส่งตามจุดความต้องการ (Address) เมื่อถึงจุดความต้องการ (Address) ของชิ้นส่วนนั้นแล้วพนักงานจะยกกล่องลงจาก Dolly ขึ้นชั้นวางชิ้นส่วนข้างไลน์การผลิต หลังจากที่ส่งกล่องชิ้นส่วนเสร็จ พนักงานจะต้องเก็บกล่องเปล่ากลับ โดยจะทำการเรียงกล่องเปล่าบน Skid ให้เรียบร้อยและลากไปส่งที่ Empty Box Area

ปัจจุบันกระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนในโรงงานประกอบรถยนต์ของบริษัทกรณีศึกษา ได้มีการจัดการชิ้นส่วนที่มาจาก Supplier ซึ่งกล่องชิ้นส่วนจะถูกจัดเรียงขึ้นบน Skid โดยที่ไม่มีกำหนดรูปแบบการจัดกล่องชิ้นส่วนขึ้นบน Skid ทำให้ Supplier จะจัดกล่องชิ้นส่วนขึ้น Skid ในรูปแบบใดก็ได้ ซึ่งเมื่อกล่องชิ้นส่วนมาถึงโรงงานประกอบพบว่า กล่องชิ้นส่วนจะถูกส่งไปหลายจุดความต้องการ (Adress) ซึ่งกล่องชิ้นส่วนเหล่านั้นมาใน Skid เดียวกัน ส่งผลให้ต้องมีพนักงานในโรงงานประกอบต้องคัดแยกกล่องชิ้นส่วนตามแต่ละจุดความต้องการ (Adress) ก่อนที่ชิ้นส่วนเหล่านั้นจะถูกส่งไปตามจุดความต้องการ (Address) ต่างๆด้วยรถลากไฟฟ้า (E-car) ตามรูปที่ 1-7



รูปที่ 1-7 กระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนตั้งแต่พื้นที่ Receiving ถึง Sorting lane ปัจจุบัน

ซึ่งทางทีมผู้บริหารของโรงงานประกอบมีแนวคิดที่จะปรับปรุงกระบวนนำชิ้นส่วนเข้าโรงงานประกอบ โดยการลดกระบวนการคัดแยกชิ้นส่วน ซึ่งต้องกำหนดให้ Supplier จัดชิ้นส่วนขึ้น Skid ตามรูปแบบที่โรงงานประกอบกำหนดและต้องสร้างกระบวนการทำงานทดแทนการเคลื่อนย้าย Skid ชิ้นส่วนแบบใหม่ในพื้นที่การทำงานเดิม ซึ่งได้ทางโรงงานประกอบของบริษัทกรณีศึกษาได้เสนอแนวคิดการปรับปรุงกระบวนการตามรูปที่ 1-8 เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงครั้งนี้



รูปที่ 1-8 แนวคิดการปรับปรุงกระบวนการ

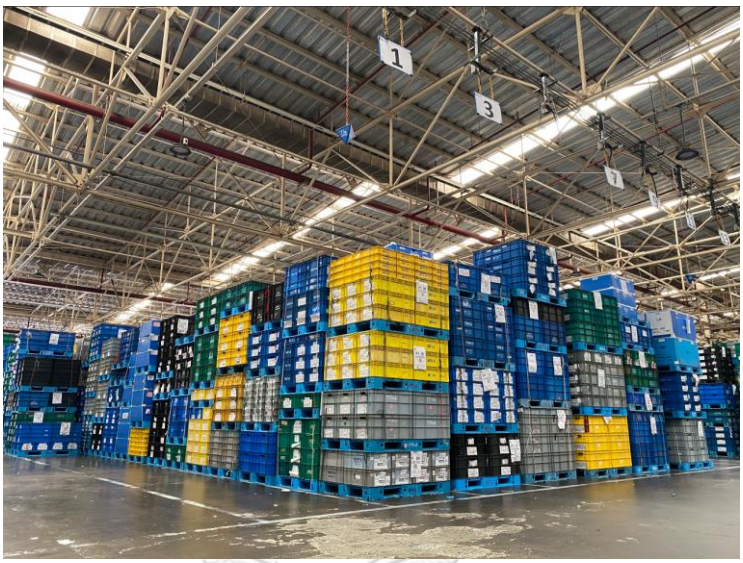
1.3 รูปแบบปัญหาของงานวิจัย

จากการศึกษากระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ของโรงงานประกอบรถยนต์อย่างละเอียด พบประเด็นปัญหาหลัก 2 ประเด็นดังนี้

1. มีความซ้ำซ้อนในการคัดแยกชิ้นส่วนก่อนที่จะถูกส่งไปที่ไลน์การผลิต

ชิ้นส่วนรถยนต์ที่มาจากผู้ประกอบการนั้น มีการจัดเรียงบน Skid แบบรวมจุดความต้องการ (Address) เมื่อชิ้นส่วนนั้นถูกส่งมาที่โรงประกอบ จะผ่านการคัดแยกสองครั้งก่อนที่จะเข้าไลน์การผลิต กล่าวคือ ครั้งที่หนึ่ง จะถูกคัดแยกในระดับ Skid โดยใช้รถยก (Forklift) เพื่อคัดแยก Skid เข้าไปเก็บตามเลข P-lane ดังรูปที่ 1-9 และครั้งที่สองจะเกิดขึ้นที่ Sorting lane ชิ้นส่วนจะถูกคัดแยกในระดับกล่อง โดยที่พนักงานจะคัดแยกกล่องตามจุดความต้องการ (Address) และเรียงใหม่บน Skid เพื่อเตรียมให้พนักงาน Supply ขนส่งตามรูปที่ 1-10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 1-9 พื้นที่คัดแยก Skid ตามเลข P-lane

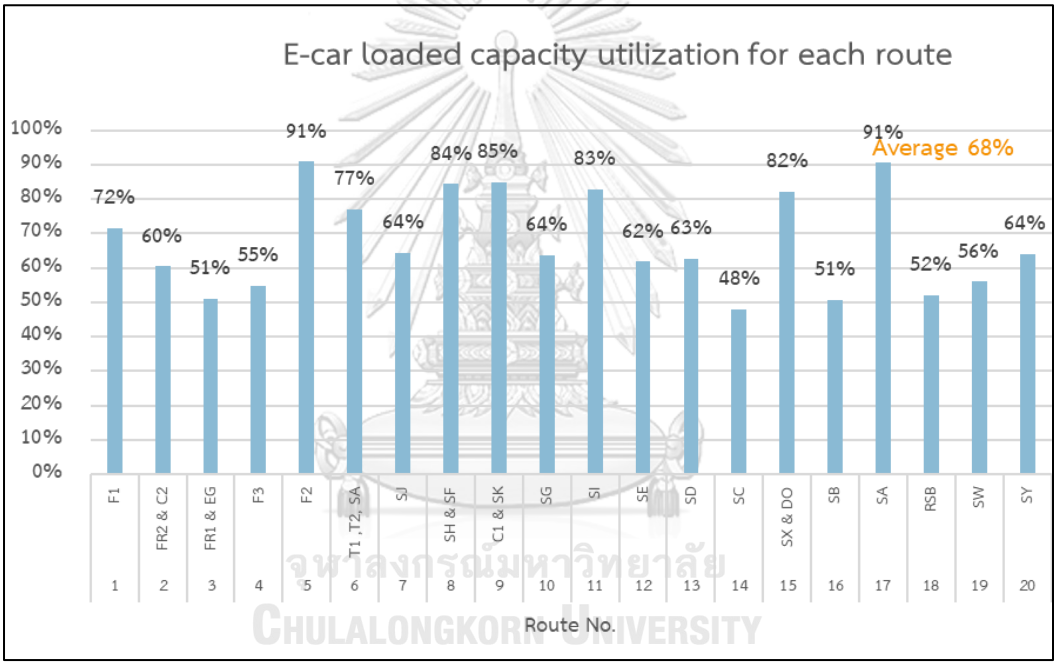
รูปที่ 1-10 พื้นที่คัดแยกกล่องชิ้นส่วนตามจุดความต้องการ (Address)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยบริษัทกรณีศึกษามีความเห็นว่าการให้พนักงานคัดแยกกล่องชิ้นส่วนก่อนส่งเป็นการใช้ทรัพยากรบุคคลที่มีอยู่อย่างจำกัดทำงานที่ไม่จำเป็น รวมไปถึงพนักงานกลุ่มนี้เองก็ยังมีการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นอีก เช่น การย้ายกล่องชิ้นส่วนที่อยู่บน Skid หนึ่งไปยัง Skid หนึ่ง การลาก Dolly ไปต่อกันให้เป็นขบวนเพื่อเตรียมลากส่ง เป็นต้น ดังนั้นจากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยเสนอแนวคิดที่จะทำการพัฒนากระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนรถยนต์โรงงานประกอบรถยนต์ เพื่อปรับปรุงกระบวนการคัดแยกชิ้นส่วนรถยนต์ก่อนส่งไปตามจุดความต้องการ (Address)

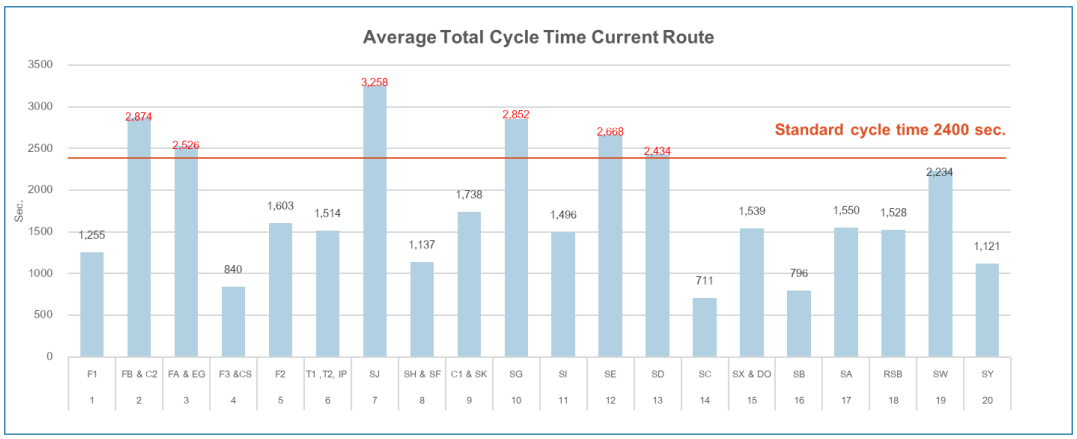
2. ในกระบวนการจัดส่งชิ้นส่วนไปที่ไลน์การผลิตพบว่ามีปริมาณการส่งของแต่ละเส้นทางไม่เต็มประสิทธิภาพของรถลากไฟฟ้า (E-car)

ในปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษามีเส้นทางการส่งชิ้นส่วนภายในโรงประกอบอยู่ทั้งหมด 20 เส้นทาง ใช้รถลากไฟฟ้า (E-car) ในการขนส่งทั้งหมด 24 คัน โดยรถแต่ละคันสามารถบรรทุกได้สูงสุด 8 ลูกบาศก์เมตร หรือ 8 skid ต่อการส่งหนึ่งครั้ง โดยเส้นทางเหล่านี้ถูกออกแบบมาตั้งแต่ปี 2015 พบว่าไม่มีเส้นทางใดบรรทุกได้เต็มความจุของรถลากไฟฟ้า (E-car) และเมื่อพิจารณาการใช้งานรถลากไฟฟ้า (E-car) แต่ละคันพบว่า %การใช้ประโยชน์ (Utilization) ของแต่ละเส้นทางพบว่ามีการใช้งานไม่เต็มความสามารถพบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 68% ตามรูปที่ 1-11

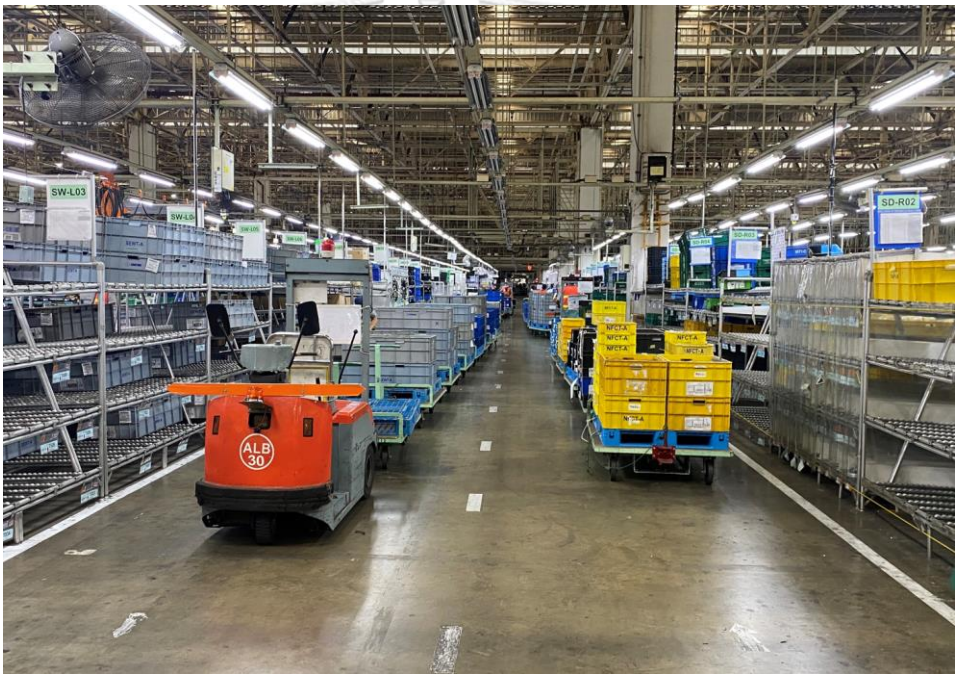


รูปที่ 1-11 การใช้ประโยชน์ (Utilization) ของแต่ละเส้นทางปัจจุบัน

เมื่อพิจารณารอบเวลาการทำงาน (Cycle time) ของพนักงานขับรถลากไฟฟ้าในเส้นทางการขนส่งปัจจุบันพบว่า ค่าเฉลี่ยรอบเวลาการทำงานรายวันเกินกว่าค่ามาตรฐานกว่าที่บริษัทกำหนดที่ 2400 วินาทีต่อรอบมากถึง 6 เส้นทางตามรูปที่ 1-12 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณงานที่ต้องทำในเส้นทางการขนส่งดังกล่าวมีปริมาณสูงกว่าเส้นทางอื่น ซึ่งส่งผลให้พนักงานในแต่ละเส้นทางการขนส่งทำงานไม่สมดุลกันและมีโอกาสขนส่งชิ้นส่วนเข้าตามข้างไลน์การผลิตไม่เสร็จตามเวลาที่กำหนดดังรูปที่ 1-13



รูปที่ 1-12 ค่าเฉลี่ยรอบเวลาการทำงานของแต่ละเส้นทางการขนส่งปัจจุบัน



รูปที่ 1-13 การส่งชิ้นส่วนข้างไลน์การผลิต

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ปรับปรุงกระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนภายในโรงงานประกอบรถยนต์ โดยการออกแบบเส้นทางการขนส่งภายในโรงประกอบแบบใหม่ เพื่อลดระยะทางขนส่งภายในรวมและเพิ่มการใช้ประโยชน์ของการใช้รถลากไฟฟ้า

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาเฉพาะกระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนรถยนต์ในโรงงานประกอบดังนี้
   - ศึกษาพื้นที่การทำงานภายในโรงประกอบเท่านั้นโดยเริ่มตั้งแต่ Part receiving area, P-lane, Sorting lane, B-lane, จุดความต้องการ (Address) และ Empty box area เท่านั้น
   - ศึกษาข้อมูลปริมาณชิ้นส่วนรถยนต์ประเภท Small part ที่เข้ามาทาง Dock P1 เท่านั้น
   - ศึกษาวิธีการปรับปรุงกระบวนทำงานในพื้นที่ P-lane และ Sorting lane เท่านั้น
2. ข้อจำกัดในการศึกษา
   - กระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนรถยนต์โรงงานประกอบรถยนต์นั้นจะอยู่ภายใต้ความเร็วในการผลิต (Takt time) ของกระบวนการผลิตที่ 70 วินาที
   - กระบวนการขนส่งภายในโรงประกอบจะใช้รถลากไฟฟ้า (E-car) จำนวน 24 คัน เท่านั้น โดยแต่ละคันมีความจุไม่เกิน 8 ลูกบาศก์เมตร หรือ 8 skid ต่อรอบการส่ง
   - จำนวน Dolly วาง Skid ที่ใช้ต่อพ่วงกับรถลากไฟฟ้า (E-car) มีจำนวนไม่จำกัด
   - มีทั้งหมด 27 จุดความต้องการ (Address) และมีปริมาณความต้องการคงที่
   - จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของการขนส่งจะเกิดที่ B-lane ในทุกรอบการขนส่ง ซึ่งใช้เวลาในทำงานและการขนส่งเฉลี่ยต่อวัน 2400 วินาทีต่อรอบ
   - รอบเวลาการขนส่งมาตรฐานรวมกับเวลาของสินค้าคงคลังขั้นต่ำต้องไม่เกิน 4800 วินาที
   - ขนาดของกล่องชิ้นส่วนและรูปแบบการจัดเรียงกล่องชิ้นส่วนขึ้น Skid ไม่ถูกนำมาพิจารณาสำหรับการศึกษาครั้งนี้
3. ตัวชี้วัดความสำเร็จ คือ ระยะทางการขนส่งภายในรวมและค่าเฉลี่ยของการใช้ประโยชน์ของการบรรทุกรถลากไฟฟ้า (E-car loaded capacity utilization)
4. การประเมินผลที่ได้จากเส้นทางที่ออกแบบใหม่โดยจำลองสถานการณ์ว่าคำตอบที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถใช้งานได้จริงหรือไม่ในสถานการณ์ของบริษัทกรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ช่วยให้ปรับกระบวนการขนส่งชิ้นส่วนภายในโรงงานประกอบให้สมดุลยิ่งขึ้น
2. การจัดเส้นทางใหม่นั้นจะทำให้สามารถลดกระบวนคัดแยกชิ้นส่วนในระดับกล่องโดยใช้พนักงานได้ในอนาคต
3. ลดความเสี่ยงการทำงานของพนักงานคัดแยกชิ้นส่วนในพื้นที่ที่มีรถลากไฟฟ้า (E-car) ทำงานอยู่
4. สามารถใช้ประโยชน์จากการปรับพื้นที่ในการทำงานจากกระบวนการคัดแยกชิ้นส่วนได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำแนวคิดมาอ้างอิงในการปรับปรุงกระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนในโรงงานประกอบรถยนต์ เพื่อหาหลักการและแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยมุ่งลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น รวมไปถึงการศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการวางแผนและแนวทางใหม่ๆในการแก้ปัญหาที่สามารถประยุกต์ใช้ได้จริง ซึ่งแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

2.1. การผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing)
2.2. ปัญหาด้านการขนส่ง (Transshipment Problem)
2.3. OR-tool
2.4. การขนถ่ายวัสดุ (Material Handling)
2.5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การผลิตแบบลีน (Lean manufacturing)

Lean Manufacturing เป็นคำที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมการผลิตแทบทุกประเภทมานานหลายทศวรรษ (Melton, 2005) โดยเฉพาะหลังปี 2000 เป็นต้นมา ความนิยมในการผลิตแบบ Lean ได้กลายเป็นบรรทัดฐานที่สำคัญของโรงงานทุกประเภท และได้กระจายไปสู่งานประเภทอื่น ๆ ที่ไม่ได้เกี่ยวกับการผลิตด้วยเช่น งานบริการ งานขายและการตลาด แม้แต่งานทางด้านการให้บริการทางการแพทย์ก็นิยมนำ Lean Manufacturing Concept ไปใช้อยู่ในหลายแห่ง

ในการผลิตจำนวนมากเพื่อควบคุมต้นทุนหรือที่เรียกว่า การผลิตเพื่อให้ได้ economy of scale ในระยะเริ่มแรก คือการผลิตเป็นจำนวนมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และผลักภาระให้กับหน่วยงานการตลาดและงานขาย ทำการขายสินค้าที่ผลิตขึ้นมาออกไปให้หมด หรือที่เรียกกันว่าการผลิตแบบ Push to the Market ถ้าสินค้าที่ผลิตออกมา เป็นที่ต้องการของลูกค้า และไร้คู่แข่ง การผลิตแบบ push ก็คงจะทำให้ได้กำไรมากมาย และทำให้ความนิยมในตัวสินค้ามีมากขึ้น เรียกได้ว่า ผลิตเท่าไหร่ก็ไม่พอขาย อย่างไรก็ตามในระยะต่อมา เมื่อเทคโนโลยีการผลิตดีขึ้น

สินค้าที่เคยผลิตได้แต่เพียงผู้เดียว กลายเป็นอดีต สินค้าชนิดเดียวกันแบบเดียวกัน กลับมีผู้ผลิตได้มากราย ทำให้เริ่มมีการแข่งขันทั้งด้านการตลาดและราคา สินค้าที่เคยขายได้ดีในอดีตและขายได้มากเท่าที่ผลิตได้ กลายเป็นสินค้าคงค้าง แม้จะลดราคาขายลงจนแทบไม่มีกำไร หรือกระทั่งขาดทุนแล้ว แต่ก็ยังไม่สามารถจำกัดสินค้าคงคลังที่เหลืออยู่จากการผลิตที่เกินความต้องการได้

2.1.1 การผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just-In-Time Production: JIT)

ระบบการผลิตแบบ Just In Time หรือระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีของ TOYOTA นั้น หมายถึงการผลิตหรือส่งมอบสิ่งที่ต้องการในเวลาที่ต้องการด้วยปริมาณที่ต้องการโดยใช้ความต้องการของลูกค้าเป็นเครื่องกำหนดปริมาณการผลิตและการใช้วัตถุดิบและใช้ Pull System ในการควบคุม วัสดุคงคลังและการผลิตทำให้ไม่เกิดของเหลือหรือของส่วนเกินทั้งในส่วนของวัตถุดิบงานระหว่างทำและสินค้าสำเร็จรูป (Kiran, 2019)

ระบบการผลิตแบบ Just In Time จะเริ่มต้นจากขั้นตอนของปรับให้สายการผลิตมีความราบเรียบ สม่ำเสมอในทุกขั้นตอนหรือที่เรียกว่าการทำงานแบบ Heijunka หรือในภาษาอังกฤษเรียกว่า Leveled Production ในขั้นตอนนี้ระยะเวลาการผลิตในแต่ละกระบวนการจะถูกควบคุมด้วยระบบ Takt Time เพราะ ปัจจุบันนี้กระบวนการผลิตรถยนต์ในแต่ละสาย (Line) การผลิตได้เปลี่ยนแปลงจากเดิมมากโดยสายการผลิต แต่ละสายอาจประกอบด้วยการผลิตรถยนต์หลายๆรุ่นในเวลาเดียวกันซึ่งปัจจุบัน TOYOTA Thailand สามารถผลิตรถยนต์มากสุดถึง 5 รุ่นในสายการผลิตสายหนึ่งดังนั้นจะเห็นได้ว่าความต่อเนื่องของการผลิต (Continuous Flow Processing) ในแต่ละขั้นตอนมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งการทำให้ระบบ Just In Time ประสบความสำเร็จ (Chiarini, 2012)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วัตถุประสงค์ของการผลิตแบบทันเวลาพอดี (ศูนย์สารสนเทศยานยนต์ สถาบันยานยนต์, 2553)

- ควบคุมวัสดุคงคลังให้อยู่ในระดับที่น้อยที่สุดหรือให้เท่ากับศูนย์ (Zero inventory)
- ลดเวลานำหรือระยะเวลารอคอยในกระบวนการผลิต (Zero lead time)
- ขจัดปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิต (Zero failures)
- ขจัดความสูญเปล่าในการผลิต (Eliminate 7 Types of Waste) ดังต่อไปนี้
  1) การผลิตมากเกินไป (Overproduction) : ชิ้นส่วนและผลิตภัณฑ์ถูกผลิตมากเกินความต้องการ

2) การรอคอย (Waiting) : วัสดุหรือข้อมูลสารสนเทศ หยุดนิ่งไม่เคลื่อนไหวหรือติดขัดเคลื่อนไหวไม่สะดวก
3) การขนส่ง (Transportation) : มีการเคลื่อนไหวหรือมีการขนย้ายวัสดุในระยะทางที่มากเกินไป
4) กระบวนการผลิตที่ขาดประสิทธิภาพ (Processing itself) : มีการปฏิบัติงานที่ไม่จำเป็น
5) การมีวัสดุหรือสินค้าคงคลัง (Stocks) : วัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปมีเก็บไว้มากเกินความจำเป็น
6) การเคลื่อนไหว (Motion) : มีการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นของผู้ปฏิบัติงาน
7) การผลิตของเสีย (Making defect) : วัสดุและข้อมูลสารสนเทศไม่ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ไม่มีคุณภาพ

ผลกระทบจากการผลิตแบบทันเวลาพอดี

1. ปริมาณการผลิตขนาดเล็ก (Small lot size) ระบบ JIT จะพยายามควบคุมวัสดุคงคลังให้อยู่ในระดับที่น้อยที่สุดเพื่อไม่ก่อให้เกิดต้นทุนในการจัดเก็บและต้นทุนค่าเสียโอกาสจึงผลิตในปริมาณที่ต้องการ
2. ระยะเวลาการติดตั้งและเริ่มดำเนินงานสั้น (Short setup time) ผลจากการลดขนาดการผลิตให้เล็กลง ทำให้ฝ่ายผลิตต้องเพิ่มความถี่ในการจัดการขึ้น ดังนั้นผู้ควบคุมกระบวนการผลิตจึงต้องลดเวลาการติดตั้งให้สั้นลง เพื่อไม่ให้เกิดเวลาว่างเปล่าของพนักงานและอุปกรณ์และให้เกิดประสิทธิภาพเต็มที่
3. วัสดุคงคลังในระบบการผลิตลดลง (Reduce WIP inventory) เหตุผลที่จำเป็นต้องมีวัสดุคงคลังสำรองเกิดจากความไม่แน่นอน ไม่สม่ำเสมอที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต ระบบ JIT มีนโยบายที่จะขจัดวัสดุคงคลังสำรองออกไปจากกระบวนการผลิตให้หมด โดยให้คนงานช่วยกันแก้ไขปัญหาความไม่สม่ำเสมอที่เกิดขึ้นสามารถควบคุมคุณภาพสินค้าได้อย่างทั่วถึง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประโยชน์ที่เกิดจากการผลิตแบบทันเวลาพอดี

1. เป็นการยกระดับคุณภาพสินค้าให้สูงขึ้นและลดของเสียจากการผลิตให้น้อยลง : เมื่อคนงานผลิตชิ้นส่วนเสร็จก็จะส่งต่อไปให้กับคนงานคนต่อไปทันที ถ้าพบข้อบกพร่องคนงานที่รับชิ้นส่วนมาก็จะรีบแจ้งให้คนงานที่ผลิตทราบทันทีเพื่อหาสาเหตุและแก้ไขให้ถูกต้อง คุณภาพสินค้าจึงดีขึ้น ต่างจากการผลิตครั้งละมากๆ คนงานที่รับชิ้นส่วนมามักไม่สนใจข้อบกพร่องแต่จะรีบผลิตต่อทันทีเพราะยังมีชิ้นส่วนที่ต้องผลิตต่ออีกมาก
2. ตอบสนองความต้องการของตลาดได้เร็ว : เนื่องจากการผลิตมีความคล่องตัวสูง การเตรียมการผลิตใช้เวลาน้อยและสายการผลิตก็สามารถผลิตสินค้าได้หลายอย่างในเวลาเดียวกัน จึงทำให้สินค้าสำเร็จรูปคงคลังเหลืออยู่น้อยมากเพราะเป็นไปตามความต้องการของตลาดอย่างแท้จริง การพยากรณ์การผลิตแม่นยำขึ้นเพราะเป็นการพยากรณ์ระยะสั้น ผู้บริหารไม่ต้องเสียเวลาในการแก้ไขปัญหาต่างๆในโรงงานทำให้มีเวลาสำหรับการกำหนดนโยบาย วางแผนการตลาด และเรื่องอื่นๆได้มากขึ้น
3. พนักงานจะมีความรับผิดชอบต่องานของตนเองและงานของส่วนรวมสูงมาก : ความรับผิดชอบต่อตนเองก็คือจะต้องผลิตสินค้าที่ดี มีคุณภาพสูง ส่งต่อให้พนักงานคนต่อไปโดยถือเหมือนว่าเป็นลูกค้าด้านความรับผิดชอบต่อส่วนรวมก็คือพนักงานทุกคนจะต้องช่วยกันแก้ปัญหาเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นในการผลิตเพื่อไม่ให้การผลิตหยุดชะงักเป็นเวลานาน

2.1.2 Jidoka หรือ Automation

Automation คือ การเปลี่ยนกระบวนการที่ต้องทำด้วยมือให้เป็นกระบวนการที่สามารถทำงานได้ อย่างอัตโนมัติ พนักงานเพียงกดปุ่มให้เครื่องจักรทำงาน และเครื่องจักรสามารถหยุดได้เองหลังจากที่ทำงานเสร็จซึ่งทำให้พนักงานไม่จำเป็นต้องยืนเฝ้าเครื่องจักรทำงาน ดังนั้นพนักงานสามารถไปทำงานอื่น ๆ ได้อีก จึงส่งผลให้พนักงาน 1 คนสามารถทำงานได้หลายอย่าง (Multi-process Handling) ภายใต้เวลาความเร็วในการผลิต (Takt time) ที่กำหนดจึงเปรียบเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของสายการผลิตและสามารถลดต้นทุนแรงงานนั้นได้ (ศูนย์สารสนเทศยานยนต์ สถาบันยานยนต์, 2553)

ข้อดีของระบบ Jidoka คือ ช่วยให้การไหลของวัสดุในระบบ JIT ได้อย่างมีมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยลดเวลาทำงาน และ ป้องกันการเกิดของเสีย (Waste) ในระบบ เช่น ความเสียเวลาตรวจสอบ

สินค้า การรอคอย การขนส่ง และสินค้าเสียหายหรือคุณภาพไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งหลักการ 3 ประการของ Jidoka คือ การแยกการทำงานของพนักงานกับการทำงานของเครื่องจักรออกจากกัน การพัฒนาอุปกรณ์หรือเครื่องมือเพื่อป้องกันการทำให้สินค้าเสียหายหรือไม่ได้คุณภาพและการประยุกต์ใช้ Jidoka กับกระบวนการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ

โดยสาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง มี 3 สาเหตุคือ

- MUDA คือ การเคลื่อนไหวของพนักงานประกอบที่ไม่เกิดคุณค่า
- MURI คือ การรับภาระเกินความสามารถของบุคคลและเครื่องจักร
- MURA คือ แผนการผลิตหรือปริมาณการผลิตที่ไม่สม่ำเสมอ

2.1.3 หลักการ ECRS

องค์ประกอบของหลักการ ECRS มีส่วนช่วยให้องค์กรสามารถลดต้นทุนได้ง่ายขึ้น ซึ่งรายละเอียดแต่ละองค์ประกอบมีดังนี้ (Kelendar & Mohammed, 2020)

- **Eliminate (การกำจัด)** กระบวนการนี้เป็นการตัดสิ่งที่ไม่จำเป็นออกไปเพื่อลดต้นทุนและระยะเวลาการทำงาน ตัวอย่างเช่น การใช้บรรจุภัณฑ์ที่มากเกินความจำเป็น หรือขั้นตอนการทำงานที่ต้องใช้ทรัพยากรบุคคลมากเกินไป โดยสามารถลดทอนขั้นตอนบางอย่างที่ไม่จำเป็นออกได้
- **Combine (การรวมกัน)** คือการนำขั้นตอนในการทำงานบางขั้นมารวมให้เป็นขั้นตอนเดียวก็จะช่วยให้ประหยัดเวลาในการทำงานและอาจช่วยลดจำนวนแรงงานได้ด้วย เช่น ระบบ Milk Run ซึ่งเป็นระบบที่มีการรับและส่งสินค้าพร้อมกันในรอบเดียว ลดต้นทุนทั้งแรงงาน เวลา และน้ำมัน
- **Rearrange (การจัดใหม่)** การจัดลำดับความสำคัญในแต่ละขั้นตอนการทำงานขึ้นมาใหม่ ทำให้การทำงานง่ายขึ้น ประหยัดเวลาและทรัพยากรอื่น ๆ ได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดโอกาสการเกิดความผิดพลาดในการทำงานขึ้นด้วย ในบางครั้งเมื่อนำขั้นตอนการทำงานมากางดูทั้งระบบแล้วอาจพบว่าการเรียงขั้นตอนสลับกันเพียงหนึ่งขั้นอาจทำให้การทำงานล่าช้าไปได้มาก ดังนั้นหากมองภาพรวมและจัดระบบใหม่ก็จะช่วยแก้ปัญหาความสูญเปล่าของทรัพยากรได้ดียิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- **Simplify (การทำให้ง่ายขึ้น)** หากวิธีหรือขั้นตอนในการทำงานมีความซับซ้อนเกินความจำเป็นอาจทำให้องค์กรสูญเสียทรัพยากรที่มากเกินไปโดยใช่เหตุ การปรับปรุงวิธีการทำงานให้ง่ายขึ้นจะช่วยลดระยะเวลาการทำงานที่ยืดเยื้อและลดโอกาสการเกิดความผิดพลาดจากการทำงาน เช่น การเปลี่ยนที่จัดวางอุปกรณ์ในการทำงานใหม่ให้หยิบใช้สะดวกกว่าเดิม หรือจัดสถานที่ทำงานใหม่เพื่อลดทอนเวลาที่จะต้องเสียไป

โดยหลักการ ECRS คือจะช่วยลดต้นทุนที่ไร้ประโยชน์ลง ช่วยประหยัดทั้งทรัพยากรต่าง ๆ แรงงาน เวลา และต้นทุนอื่น ๆ ที่แตกต่างกันไปตามแต่ละองค์กร ลดความสูญเปล่าในการทำงาน นอกจากนี้ ยังมีประโยชน์อีกหลายด้วย เช่น ช่วยให้ระบบการทำงานในองค์กรมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เป็นระบบระเบียบมากยิ่งขึ้น การทำงานมีความคล่องตัวขึ้น สามารถเพิ่มผลผลิตและกำไรให้องค์กรต่อไปได้ในอนาคต รวมไปถึงจะช่วยทำให้เวลาที่เสียไปมีคุณค่ามากยิ่งขึ้น มีการทำงานที่รวดเร็วขึ้น ทำให้พนักงานเหนื่อยน้อยลง และบริการลูกค้าได้ดียิ่งขึ้น

2.2 ปัญหาด้านการขนส่ง (Transshipment Problem)

ปัญหาด้านการขนส่งเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจและมีการวิจัยอย่างต่อเนื่องเป็นเวลายาวนาน ทั้งยังมีการขยายขอบเขตการศึกษาอย่างกว้างขวาง โดยรูปแบบปัญหาที่จะขึ้นอย่างกับเงื่อนไขการขนส่งนั้นๆ ไม่ว่าจะเป็นสถานที่จัดส่งที่มีความต้องการ ระยะทาง ต้นทุนในการขนส่ง หรือข้อจำกัดต่างๆ ที่เกิดขึ้นในแต่ละสถานการณ์ซึ่งได้มีการปรับใช้ให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในภาคอุตสาหกรรม โดยสามารถสรุปลักษณะปัญหาและรูปแบบของข้อจำกัดต่างๆได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2-1 สรุปลักษณะปัญหาและรูปแบบของข้อจำกัด (ปารณัท กัญวิมล, 2564)

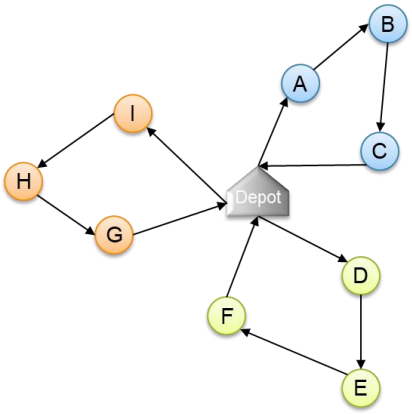
ลักษณะของปัญหา	รูปแบบ
จำนวนรถ (Fleet)	จำนวน 1คัน
	จำนวนมากกว่า 1 คัน
ประเภทรถ (Vehicle type)	มี 1 ประเภท
	มีมากกว่า 1 ประเภท
จำนวนจุดกระจายสินค้า (Warehouse) หรือ (Depot)	จำนวน 1 จุด (Single Depot)
	จำนวนมากกว่า 1 จุด (Multiple Depot)
ความต้องการในการขนส่ง (Demand)	มีความต้องการแน่นอน (Deterministic)

	มีความต้องการไม่แน่นอน (Stochastic)
จุดที่มีความต้องการ (Demand Location)	เกิดที่ตำแหน่ง (Node หรือ Point)
	เกิดที่เส้น (Arc หรือ Route)
	เกิดที่ตำแหน่งหรือเส้น
ความสามารถในการบรรทุกของรถ (Vehicle capacity)	มีความสามารถเท่ากันทุกคัน
	มีความสามารถไม่เท่ากัน
เวลาในการขนส่งมากที่สุด (Maximum route time)	เท่ากันทุกคัน
	ไม่เท่ากัน
กรอบเวลาในการขนส่ง (Time windows)	แบบด้านเดียว (Sigle-sided)
	แบบสองด้าน (Double-sided)

2.2.1 Vehicle Routing Problem (VRP)

ปัญหาเส้นทางการเดินรถ (VRP: Vehicle Routing Problem) ถูกพัฒนามาจากปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Travelling Salesman Problem : TPS) โดยปัญหา TPS จะเป็นการปัญหาในลักษณะที่มีรถหนึ่งคันเดินทางไปยังสถานที่ที่มีความต้องการในทุกที่ เรียงกันไปเพียงเส้นทางเดียวเท่านั้น แต่ปัญหา VRP จะมีรถที่มากกว่าหนึ่งคัน และมีเส้นทางที่เกิดขึ้นหลายเส้นทาง โดยจะมีจุดเริ่มต้นของการขนส่งของรถแต่ละคันที่จุดเดียวกัน (Cordeau et al., 2007) โดยการศึกษาปัญหา (Dantzig & Ramser, 1959) ได้นำเสนอการแก้ปัญหาเส้นทางการเดินรถ (VRP) ซึ่งในขณะนั้นจะเรียกว่า The truck dispatching problem สิ่งที่น่าสนใจของปัญหา VRP ได้มีวิจัยที่หลายหลายเกี่ยวกับ VRP มากขึ้นโดยมีการเพิ่มเงื่อนไขต่างๆเข้าไปในแบบจำลองเพื่อหาคำตอบให้เหมาะสมกับปัญหานั้นๆมากที่สุดโดยมีเงื่อนไขการแก้ปัญหาดังนี้

1. แต่ละเส้นทางการขนส่งจะต้องออกจากที่ศูนย์กระจายสินค้าและกลับเข้าศูนย์กระจายสินค้าเดิม
2. จุดส่งแต่ละจุดต้องเข้าเพียง 1 ครั้งเท่านั้น
3. ความต้องการรวมของสินค้าแต่ละจุดจะต้องไม่เกินความสามารถในการบรรทุกของรถคันนั้นๆ



รูปที่ 2-1 ลักษณะปัญหาแบบ VRP

รูปแบบของปัญหา VRP จะเกี่ยวข้องกับการขนส่งจากเริ่มจากจุดกระจายสินค้า (Depot) หนึ่งแห่งหรือมากกว่า โดยจะมีเซตของรถที่จะไปส่งตามที่ต่างๆ ตามเส้นทางที่ลูกค้านั้นๆอยู่ โดยในหนึ่งรอบการขนส่งจะต้องใช้รถหนึ่งคันในการส่งลูกค้าในหนึ่งที่ ซึ่งจะเริ่มจากจุดกระจายสินค้าและกลับมาที่จุดกระจายสินค้าเดิม โดยเส้นทางการเดินรถนั้นสามารถอธิบายด้วยการใช้กราฟ โดยเส้นทางระหว่างจุดที่ต้องไปส่งของจะเรียกว่า Arc ซึ่งเส้นทางที่จะไปในแต่ละจุดส่งนั้น อาจจะส่งไปทางตรงที่จุดนั้นๆได้เลย หรืออาจจะอ้อมไปส่งที่จุดอื่นก่อนก็ได้ ซึ่งในการเลือกเส้นทางการส่งที่แตกต่างกัน ก็จะส่งผลต่อต้นทุนการส่งที่แตกต่างกันด้วย แต่อย่างไรก็ตามสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการต้นทุนในการขนส่งไม่ได้ขึ้นอยู่กับการเลือกเส้นทางการขนส่งเท่านั้น แต่ยังมีเรื่องของ ระยะเวลาในการขนส่งหรือประเภทของรถในการขนส่ง ก็ส่งผลต่อต้นทุนการขนส่งทั้งสิ้น โดยวัตถุประสงค์ของการใช้วิธีการแก้ปัญหา VRP อาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการใช้งานนั้นๆเช่น

1. ต้องการให้ต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุดโดย ระยะทางการขนส่ง ต้นทุนคงที่ของรถแต่ละประเภทต่ำที่สุด
2. ต้องการใช้รถที่จะไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าทุกรายมีจำนวนน้อยที่สุด
3. ระยะเวลาในการเดินทางและการทำงานน้อยที่สุด
4. ต้องการให้ค่าปรับจากความไม่พึงพอใจในบริการต่ำสุด
5. ต้องการได้กำไรสูงสุด

2.2.2 Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)

Daneshzand (2011) สรุปปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งโดยยานพาหนะที่มีความจุ หรือ Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) เป็นหนึ่งในรูปแบบของปัญหาการขนส่งพื้นฐานในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานการขนส่ง การกระจายสินค้า และโลจิสติกส์ โดยวัตถุประสงค์ของ CVRP คือต้องการให้ต้นทุนรวมการขนส่งแต่ละเส้นทางมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งรถแต่ละคันนั้นมีความสามารถในการบรรทุกที่จำกัด มีศูนย์กระจายสินค้าเพียงที่เดียว และต้องส่งของให้กับลูกค้าตามที่ต่างๆ โดยสมมติฐานของ CVRP มีดังนี้

1. ความต้องการเป็นตัวกำหนด
2. ทุกความต้องการของลูกค้าต้องได้รับบริการ
3. ยานพาหนะในการขนส่งเหมือนกัน
4. ยานพาหนะเหล่านี้เริ่มต้นออกเดินทางจากสถานีแห่งเดียว
5. ยานพาหนะทุกคันมีความจุที่จำกัด

ปัจจัยนำเข้าโมเดล (Model input)

กราฟ	: $G = (V, A)$
เซตของจุดยอด	: $V = (0)$
เซตของเส้นเชื่อม	: A
ความต้องการของลูกค้าแต่ละจุด j	: d_0 ; $(d_0 = 0)$
ต้นทุนการขนส่งจากเส้นทาง i ไป j	: c_{ij}
เซตของลูกค้า	: $S \in V$
ผลรวมของความต้องการทั้งหมด	: $d(S)=\sum d_i$
จำนวนของรถทั้งหมด	: K
ความจุของรถแต่ละคัน	:C
จำนวนรถที่น้อยที่ทุกที่ต้องใช้ส่งทุกลูกค้า	:K_{min} , $r(S)$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัยนำออกโมเดล (Model output)

x_{ij} = 1 เลือกเส้นทางจาก i ไป j อยู่ในทางเลือกที่ดีที่สุด (Optimal solution)

= 0 นอกเหนือจากนั้น

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$$min \sum_{i \epsilon V} \sum_{j \epsilon V} c_{ij} x_{ij} \qquad (2.1)$$

สมการเงื่อนไข (Constraints)

$$\sum_{j \in V} x_{ij} = 1 \qquad \forall_i \in V \,/\, \{\, 0 \,\} \qquad (2.2)$$

$$\sum_{i \in V} x_{ij} = 1 \qquad \forall_j \in V / \{0\} \qquad (2.3)$$

$$\sum_{i \in V} x_{i0} = K \qquad (2.4)$$

$$\sum_{j \in V} x_{0j} = K \qquad (2.5)$$

$$\sum_{i \notin s} \sum_{j \epsilon s} x_{ij} \geq r(s) \qquad \forall S \subseteq V \,/\, \{\, 0 \,\},\ S \neq \phi \qquad (2.6)$$

$$x_{ij} = \{0,1\}\ \forall_{i,j} \in V \qquad (2.7)$$

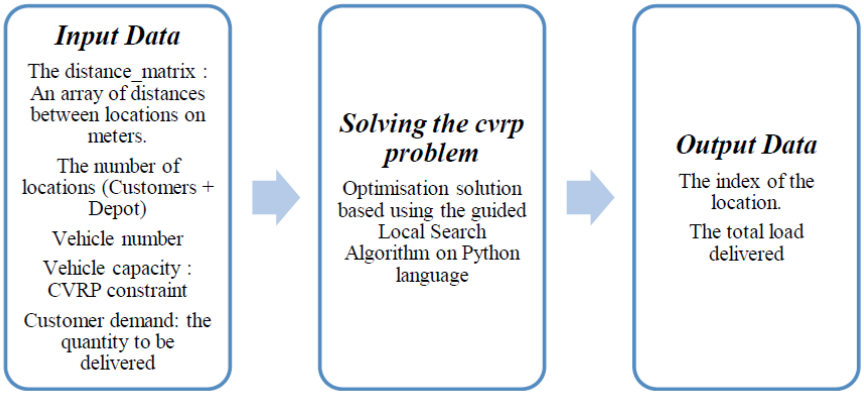
$$\sum_{i \epsilon s} \sum_{j \epsilon s} x_{ij} \leq |s| - r(S) \qquad (2.8)$$

สมการ (2.1) เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้เลือกเส้นทางของสมการมีต้นทุนการเดินทางต่ำที่สุด สมการเงื่อนไข (2.2) และ (2.3) จะไม่สามารถเลือกจุดซ้ำกันได้ สมการเงื่อนไข (2.4) และ (2.5) จำนวนรถที่ออกจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายทาง และ จำนวนรถที่กลับมาจากปลายทางเข้าจุดเริ่มต้นจำนวนต้องเท่ากัน สมการเงื่อนไข (2.6) การเลือกเส้นทางการขนส่งต้องมากกว่าหรือเท่ากับจำนวนรถที่ต้องไปส่งลูกค้า สมการ (2.7) คือการกำหนดตัวแปรตัดสินใจต้องเป็นไบนารี่ และสมการเงื่อนไข (2.8) จุดที่ถูกเลือกไปแล้วจะไม่ถูกนำเอากลับมาคำนวณซ้ำเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกลุ่มเส้นทางที่ไม่ได้กลับไปจุดเริ่มต้น (sub-tour)

Mamoun et al. (2022) ได้นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งโดยยานพาหนะที่มีความจุ หรือ Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) โดยมี 3 ขั้นตอนตามรูปที่ 2-2 กระบวนการหาคำตอบปัญหา CVRP (The CVRP optimization process) ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. การนำเข้าข้อมูล (Input data) เพื่อใช้แก้ปัญหา เช่น ตารางระยะทาง (Distance matrix), จำนวนลูกค้าและศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมด จำนวนรถในการขนส่ง ปริมาณความจุของรถขนส่งแต่ละคัน และปริมาณความต้องการของลูกค้าที่ละคน เป็นต้น
2. การแก้ปัญหา CVRP จากการเขียนชุดคำสั่งด้วยภาษา Python โดยใช้ Guided Local Search Algorithm เพื่อหาคำตอบ
3. ผลลัพธ์ที่ได้ (Output data) เช่น สถานที่ที่ต้องไปต้องและ ปริมาณที่ต้องส่งทั้งหมด เป็นต้น



รูปที่ 2-2 กระบวนการหาคำตอบปัญหา CVRP (The CVRP optimization process) (ที่มา : Mamoun et al. (2022))

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 OR-Tool

Google Developers (2021) ได้พัฒนา OR-Tool หรือ Operation Research Tool ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่เปิดเผยหลักการ (Open-source software) สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพแบบผสมผสานเพื่อพยายามหาวิธีการแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุด จากเซตคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่น รูปแบบปัญหาด้านการขนส่ง (Transshipment Problem), รูปแบบปัญหาการจัดตารางการทำงาน (Scheduling problem) หรือ ปัญหาการบรรจุผลิตภัณฑ์ (Bin Packing Problem) เป็นต้น

ส่วนใหญ่รูปแบบปัญหาในลักษณะนี้จะมีคำตอบจำนวนมากที่เป็นไปได้สำหรับการแก้ไขปัญหา ซึ่งปัจจุบัน OR-Tool ได้ใช้อัลกอริทึมเพื่อจำกัดเซตของคำตอบให้แคบลง เพื่อหาวิธีการในการ

แก้ไขปัญหานั้นๆให้เหมาะสมที่สุด หรือใกล้เคียงกับ Optimal solution โดย OR-Tool จะมี Solver ที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

- Constraint Programming
- Linear and Mixed-Integer Programming
- Vehicle Routing
- Graph Algorithms

เริ่มแรก OR-Tool ถูกเขียนมาด้วยภาษา C++ แต่ต่อมาได้มีพัฒนามาเป็นภาษาโปรแกรมอื่นๆ เช่น Python, Java, และ C# ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกใช้ภาษา Python มาปรับใช้กับรูปแบบปัญหาการจัดการขนส่ง (Vehicle Routing Problem) ซึ่งถือว่าเป็นรูปแบบปัญหาที่มีความซับซ้อนมากที่สุดรูปแบบหนึ่ง การวิจัยครั้งนี้จะเป็นการใช้เครื่องมือ OR-Tool เวอร์ชั่น 9.4 มาใช้เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งโดยยานภาหนะที่มีความจุ หรือ Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) โดยการหา“ค่าที่เป็นไปได้ที่ดีที่สุด”สาหรับฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective function) บนเงื่อนไข (Constraint set) โดยขั้นตอนวิธีการใช้ OR-Tool ในภาษา python มีขั้นตอนดังนี้

1. นำเข้า libraries ที่ต้องการ
2. ป้อนคำสั่งเพื่อเลือกใช้ Solver สำหรับการแก้ไขปัญหา
3. กำหนดตัวแปรของโปรแกรม
4. กำหนดข้อเงื่อนไขของโปรแกรม (Constraint set)
5. กำหนดฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective function)
6. สร้างคำสั่งให้ Solver ทำงานและแสดงผลลัพธ์

โดยปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งโดยยานภาหนะที่มีความจุ หรือ Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) จะใช้ Routing solver และมีวิธีการตั้งค่าเพื่อหาคำตอบได้ดังนี้

- Search limit จะเป็นการจำกัดการค้นหาคำตอบของ Solver เช่น การจำกัดเวลาที่มากที่สุดในการค้นหาคำตอบ หรือการจำกัดจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ในการค้นหา โดยคำสั่งที่จะใช้มีดังนี้
    - solution_limit: การจำกัดจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ในการค้นหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- time_limit.seconds: การจำกัดเวลาในการค้นหาคำตอบในหน่วยเวลาวินาที
- lis_time_limit.seconds: การจำกัดเวลาในการค้นหาคำตอบในหน่วยเวลาวินาทีของ Local search neighbor

- First solution strategy คือการเลือกวิธีการค้นหาคำตอบของ Objective function ใน Solver ตามตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ตัวเลือกวิธีการค้นหาคำตอบของ Objective function (Google Developers, 2021)

No.	Option	คำอธิบาย
1	AUTOMATIC	Solver จะหาวิธีการหาคำตอบให้อัตโนมัติ
2	PATH_CHEAPEST_ARC	เริ่มต้นจากโหนด "เริ่มต้น" ของเส้นทาง เชื่อมต่อกับโหนดที่สร้างส่วนเส้นทางที่ถูกที่สุด จากนั้นขยายเส้นทางโดยวนซ้ำบนโหนดสุดท้ายที่เพิ่มไปยังเส้นทาง
3	PATH_MOST_CONSTRAINED_ARC	จะเหมือน Option : PATH_CHEATEST_ARC แต่จะมีการเปรียบเทียบด้วยเงื่อนไข เส้นทางที่ถูกเลือกมากที่สุด จะถูกเลือกมาเป็นคำตอบของโมเดล โดยฟังก์ชันที่ใช้ก็คือ methodArcIsMoreConstrainedThanArc()
4	EVALUATOR_STRATEGY	จะเหมือน Option : PATH_CHEATEST_ARC ยกเว้นเรื่องการคำนวณต้นทุนของเส้นทางผ่านฟังก์ชัน SetFirstSolutionEvaluator()
5	SAVINGS	Saving heuristic โดย (Clarke & Wright) เป็นวิธีหาคำตอบที่ง่ายแต่คำตอบที่ได้อาจไม่ดีที่สุด โดยเริ่มจากผลลัพธ์เริ่มต้นที่อาจยังมีความเป็นไปไม่ได้ จากนั้นสร้าง ผลลัพธ์ในลำดับถัดไป ทำให้ฟังก์ชันของค่าความประหยัดมีค่าเพิ่มมากขึ้น หรือเลือกแทรกลูกค้า เข้ามาในเส้นทางเดิมที่มีอยู่ โดยความต้องการรวมจะต้องไม่เกินความสามารถในการบรรทุกและ ความจุของยานพาหนะ การแทรกลูกค้าในเส้นทางจะถูกแทรกเข้าอยู่เรื่อย ๆ จนเกิดเส้นทางที่เหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6	SWEEP	Sweep heuristic (Wren & Holliday) โดยเริ่มจากการแบ่งลูกค้าเป็นกลุ่มๆก่อน จากนั้นจะกวาดรวมความต้องการของลูกค้า ไปจนกว่าจะเต็มความจุของรถ จึงกลับมาที่ Depot และเริ่มต้นอีกครั้งจนกว่าจะครบจุดส่ง
7	CHRISTOFIDES	Christofides algorithm เป็นการหาวิธีการแก้ปัญหาโดยประมาณจาก Traveling Salesman Problem (TSP) โดยแทนที่หาค่าจากระยะทางบน metric space โดยตรง แต่จะใช้ค่า 3/2 ใน metric space เพื่อใช้คำนวณหาค่า optimal solution ใหม่
8	ALL_UNPERFORMED	เป็นการตั้งค่าการหาคำตอบเพื่อตรวจสอบว่าจุดส่งใดหรือการขนส่งเส้นทางมีความต้องการ และกำหนดเป็นตัวเลือกในการขนส่ง (โดยที่ผลรวมของความต้องการนั้นไม่เกินความสามารถในการขนส่งทั้งหมด)
9	BEST_INSERTION	สร้างวิธีแก้ปัญหาซ้ำๆ โดยใส่โหนดที่มีความต้องการน้อยที่สุดที่ตำแหน่งที่ระยะสั้นที่สุดก่อน (โดยที่ผลรวมของความต้องการนั้นต้องไม่เกินความสามารถในการขนส่งทั้งหมด)
10	PARALLEL_CHEAPEST_INSERTION	สร้างวิธีแก้ปัญหาซ้ำๆ โดยใส่โหนดที่มีความต้องการน้อยที่สุดที่ตำแหน่งที่ระยะสั้นที่สุดก่อน (โดยที่ผลรวมของความต้องการในแต่ละโหนดนั้นต้องมากที่สุดแต่ไม่เกินความสามารถในการขนส่งทั้งหมด)
11	LOCAL_CHEAPEST_INSERTION	สร้างวิธีแก้ปัญหาซ้ำๆ โดยใส่โหนดที่มีความต้องการน้อยที่สุดที่ตำแหน่งที่ระยะสั้นที่สุดก่อน (โดยที่ผลรวมของความต้องการแต่ละโหนดนั้นต้องมากที่สุดแต่ไม่เกินความสามารถในการขนส่งทั้งหมด และระยะทางในการขนส่งสั้นที่สุดด้วย)
12	GLOBAL_CHEAPEST_ARC	เลือก 2 โหนดซ้ำๆ ซึ่งสร้างเส้นทางที่สั้นที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

13	LOCAL_CHEAPEST_ARC	เลือกมาก่อน 1 โหนด จากนั้นจะเลือกโหนดรอบๆ เพื่อสร้างกลุ่มการขนส่งที่สั้นที่สุด

- Local search option เป็นการตั้งค่าหาคำตอบเฉพาะที่ จากเซตคำตอบที่มีขนาดใหญ่มากๆ โดยการหาคำตอบเฉพาะที่นั้นจะใช้วิธีเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) ซึ่งเป็นวิธีการประมาณคำตอบที่มีความน่าเชื่อถือและมีคุณภาพเพียงพอต่อการนำไปวางแผนต่อได้ โดยจะช่วยลดเวลาในการคำนวณหาวิธีการแก้ปัญหาใหญ่ๆ ได้ ซึ่งใน OR-tool จะมีตัวเลือกตามตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ตัวเลือกการหาคำตอบด้วยเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) (Google Developers, 2021)

No.	Option	คำอธิบาย
1	AUTOMATIC	ตั้งค่าให้ Solver เลือก Metaheristic ได้อัตโนมัติ
2	GREEDY_DESCENT	เป็นการหาคำตอบเฉพาะที่วนซ้ำไปเรื่อย ๆจากเซตของคำตอบทั้งหมด จนกว่าจะเจอค่าที่ต่ำสุดหรือสูงสุดของโมเดล
3	GUIDED_LOCAL_SEARCH	ใช้ Guided Local Search Metaheuristic เพื่อหลีกเลี่ยงการเจอจุดต่ำสุดในบริเวณนั้นๆ (Local minima) และจะพยามหาจุดต่ำสุดจริงๆ (Goble minima) ซึ่งวิธีนี้จะใช้ได้ดีกับ Vehicle routing problem
4	SIMULATED_ANNEALING	จำลองลักษณะเปลี่ยนสถานะของโลหะที่เมื่อลดอุณหภูมิลงเป็นศูนย์แล้ว ก็จะพยามยามไต่ละดับเพื่อหาจุดที่เหมาะสมที่สุด โดยการใช้ Simulated Annealing Metaheuristic เพื่อหลีกเลี่ยงการเจอจุดต่ำสุดในบริเวณนั้นๆ (Local minima) ด้วยการไต่ระดับเพื่อหาพยามยามหาจุดที่ต่ำสุดจริงๆ (Global minima) โดยอาจจะไม่ใช่จุดที่ต่ำสุดจริงๆก็ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5	TABU_SEARCH	เป็นการค้นหาคำตอบจากบริเวณใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด โดยจะไม่ค้นหาซ้ำกับเซตคำตอบเดิม เพื่อไม่ให้ผลลัพธ์แบบเดิมวนกลับเข้ามาเพื่อหลีกเลี่ยงการเจอจุดต่ำสุดในบริเวณนั้นๆ (Local minima) และจะพยามหาจุดต่ำสุดจริงๆ (Goble minima)

2.4 การขนถ่ายวัสดุ (Material Handling)

การขนถ่ายวัสดุ หรือ Material handling เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้าย วัตถุดิบและสินค้าคงคลังในระหว่างการผลิต หรือ การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบภายในโรงงาน รวมถึงการขนย้ายสินค้าที่ผลิตเสร็จแล้ว ภายในโรงงานหรือคลังสินค้า เพื่อลดระยะทาง ปริมาณการเคลื่อนย้ายให้ได้มากที่สุด โดยแก้ไขกระบวนการที่เป็นคอขวดให้มีการไหลได้ดีขึ้น การลดความซ้ำซ้อนในการทำงาน เป็นวิธีการที่จะประหยัดแรงงานและต้นทุนรูปแบบหนึ่งของโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากการเคลื่อนย้ายวัสดุแต่ละครั้งสถานประกอบการต้องหาวิธีการลดจำนวนการเคลื่อนย้ายวัตถุต่าง ๆ ให้มากที่สุด เนื่องจากทุกครั้งที่มีการเคลื่อนย้าย จะมีต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนย้ายวัตถุต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการเสียแรงงานคนโดยเปล่าประโยชน์ การเสียพื้นที่การใช้งาน หรือ ใช้เครื่องจักรในการเคลื่อนย้ายวัสดุได้อย่างไม่เต็มที่ ดังนั้นหากสามารถลดค่าใช้จ่ายในด้านนี้ลงได้ ก็จะส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่อชิ้นลดลงด้วย และยังเป็นการบริหารโซ่อุปทานของสินค้าอีกด้วย (Kay, 2012)

วิธีการเคลื่อนย้ายวัสดุของโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องมีการดำเนินการอย่างเป็นระบบถึงแม้ว่าการเคลื่อนย้าย วัตถุดิบ และสินค้าคงคลังในระหว่างการผลิต รวมถึงการขนย้ายตัวสินค้าที่ผลิตเสร็จแล้วจะไม่ได้เป็นขั้นตอนการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าโดยตรง แต่การบริหารจัดการการเคลื่อนย้ายโดยการจัดระบบการขนถ่ายวัสดุ (Material Handling System) ที่เหมาะสมจึงเป็นเรื่องที่แต่ละโรงงานอุตสาหกรรมต้องหาวิธีการที่ดีที่สุด เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมมีสินค้า พื้นที่การผลิต พื้นที่เก็บวัสดุสินค้า หรือกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ฉะนั้น การจัดระบบการขนถ่ายวัสดุจึงแตกต่างกันหรืออาจเหมือนกันได้ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ว่าเป็นวิธีไหนที่ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมสามารถบริหารกิจกรรมการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในภาคธุรกิจควรให้ความสำคัญกับกิจกรรมการขนถ่ายขนย้าย เนื่องจากการดำเนินกิจกรรมการขนถ่ายที่ไร้ประสิทธิภาพอาจก่อให้เกิดปัญหาเช่น การขนย้ายสินค้าโดยไม่จำเป็น ปัญหาสินค้าสูญหายเสียหาย ปัญหาสินค้าสูญหาย ปัญหาความพอใจของลูกค้าลดลง ปัญหาความล่าช้าในการผลิต ปัญหาคนงานและเครื่องจักรถูกปล่อยทิ้งไว้เฉย ๆ โดยไม่ได้ทำงาน

2.4.1 หลักการการขนถ่ายวัสดุ

แม้ว่าจะไม่มีกฎตายตายตัวในการออกแบบการขนถ่ายวัสดุในโรงงานอุตสาหกรรมให้มีประสิทธิภาพแต่ทาง College-Industry Council on Material Handling Education (CIC-MHE) รวมกับ Material Handling Institute (MHI) ได้สรุป 10 หลักการขนถ่ายวัสดุไว้ดังนี้ (Kay, 2012)

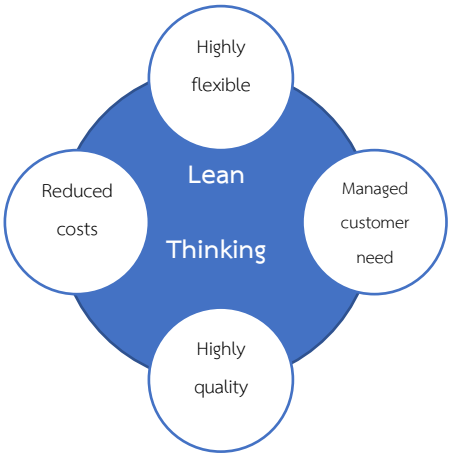
1. หลักการวางแผน (Planning Principle) หลักการวางแผนการขนถ่ายวัสดุ ควรมีการกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน โดยคำนึงถึงการทำงานของพื้นที่นั้นๆโดยเฉพาะ เพื่อให้การขนถ่ายวัสดุนั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุด ตั้งแต่การวางแผนในตอนแรก
2. การสร้างมาตรฐานการทำงาน (Standardization Principle) วิธีการขนถ่ายวัสดุ การควบคุมอุปกรณ์ และซอฟต์แวร์ ควรกำหนดมาตรฐานภายใต้ขอบเขตของการบรรลุวัตถุประสงค์ด้านประสิทธิภาพโดยรวมและต้องมีความยืดหยุ่น สามารถการแยกส่วนการทำงานได้ให้เหมาะสมกับปริมาณงาน
3. หลักการทำงาน (Work Principle) งานขนย้ายวัสดุ ควรลดระยะทางการขนส่งให้เหมาะสม โดยที่ประสิทธิภาพการทำงานและระดับความพึงพอใจของลูกค้าไม่ลดลง
4. หลักการยศาสตร์ (Ergonomic Principle) ความสามารถและข้อจำกัดของมนุษย์เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบงานขนย้ายวัสดุและอุปกรณ์ เพื่อให้แน่ใจว่าการปฏิบัติงานมีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ
5. หลักปริมาณการขนถ่าย (Unit Load Principle) ความจุต่อหน่วยต้องมีขนาดและกำหนดค่าอย่างเหมาะสม เพื่อการไหลของวัสดุและสินค้าคงคลังในแต่ละขั้นตอนในห่วงโซ่อุปทานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ
6. หลักการจัดการพื้นที่ (Space Utilization Principle) ต้องใช้พื้นที่ที่มีอยู่ทั้งหมดอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากที่สุด
7. หลักการของระบบ (System Principle) กิจกรรมการเคลื่อนย้ายและการจัดเก็บวัสดุควรเป็นระบบการปฏิบัติงานที่มีการประสานงานกัน ซึ่งครอบคลุมถึงการรับ การตรวจสอบ การจัดเก็บ การผลิต การประกอบ การบรรจุ การรวมเข้าด้วยกัน การเลือกคำสั่งซื้อ การขนส่ง และการจัดการการส่งคืน
8. หลักการอัตโนมัติ (Automation Principle) การดำเนินการขนย้ายวัสดุควรใช้เครื่องจักรแบบอัตโนมัติ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงาน เพิ่มการตอบสนอง เพิ่มความต่อเนื่องในการทำงาน ลดต้นทุนการดำเนินงาน และเพื่อลดการใช้แรงงานคนซ้ำซากและเสี่ยงอันตราย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

9. หลักการด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Principle) ควรพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการใช้พลังงานทางเลือกเป็นเกณฑ์ในการออกแบบ
10. หลักการคิดค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost Principle) ควรมีการวิเคราะห์อายุการใช้งานของอุปกรณ์ รวมถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของการเลือกหลักการนั้นๆ ว่ามีความคุมค่าหรือไม่

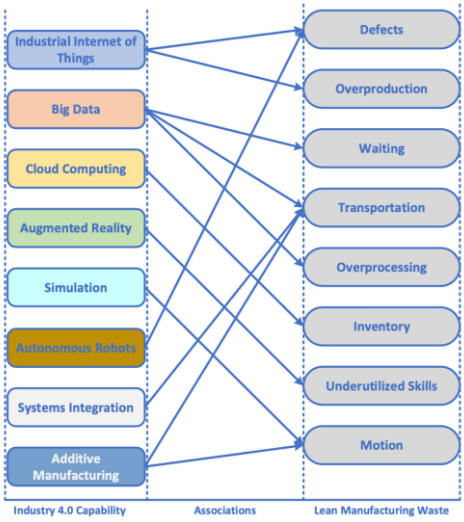
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kumar et al. (2022) นำเสนอสองเสาหลักของทฤษฎีการผลิตแบบลีนคือ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ในต้นทุนต่ำและความพึงพอใจของลูกค้าสูงสุด โดยการผลิตแบบลีนถือได้ว่าเป็นเทคนิคในการลดของเสียให้เหลือน้อยที่สุด อุตสาหกรรมการผลิตของญี่ปุ่น โดยเฉพาะของโตโยต้าที่เป็นจุดกำเนิดของแนวคิดแบบลีน การผลิตแบบลีนมุ่งเน้นไปที่การลดของเสียเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ให้สูงสุด ทุกบริษัทหรือทุกอุตสาหกรรมพยายามในการจัดหาสินค้าคุณภาพสูง ปริมาณมากๆ ด้วยต้นทุนที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ การศึกษาในบทความได้แยกแนวทางในการปรับปรุงการนำแนวคิดการผลิตแบบลีนไปปฏิบัติ เพื่อปรับปรุงและเพิ่มผลผลิตในขณะที่รักษาต้นทุนผลิตภัณฑ์ให้ต่ำ โดยงานวิจัยนี้ได้แสดงวิธีคิดแบบลีนไว้ตามรูปที่ 2-3 เช่น จัดการความต้องการของลูกค้า (Managed customer need) ภายใต้ต้นทุนที่ต่ำที่สุด (Reduced costs) และ การผลิตที่มีคุณภาพสูง (High quality) แต่ต้องมีความยืดหยุ่น (Highly flexible) เช่นกัน อีกทั้งยังเสนอกระบวนการดำเนินการแบบลีน (Process of Lean implementation) โดยพิจารณาบางขั้นตอนที่จำเป็นในขณะที่ใช้การผลิตแบบลีนเช่น การกำหนดประเภทความสูญเปล่า การจำกัดคสามสูญเปล่า การใช้เทคนิคต่างๆในการกำจัดความสูญเปล่า การลดความสูญเปล่าลง เป็นต้น



รูปที่ 2-3 วิธีคิดแบบลีน (ที่มา: Kumar et al. (2022))

Rajab et al. (2022) ทำการศึกษาความเชื่อมโยงระหว่างความสามารถของอุตสาหกรรม 4.0 กับความสูญเปล่าในการผลิตแบบลีน เช่น การผลิตแบบเพิ่มเนื้อวัสดุ (Additive manufacturing, AM), เทคโนโลยีโลกเสมือน (AR), หุ่นยนต์อัตโนมัติ, Big data, Could computing, IoT, การสร้างแบบจำลอง และ การรวมระบบ (System integration) มาช่วยแก้ความสูญเปล่าของการผลิตแบบลีน ซึ่งได้แสดงความสัมพันธ์ตามแผนภาพ ดังรูป 2-4



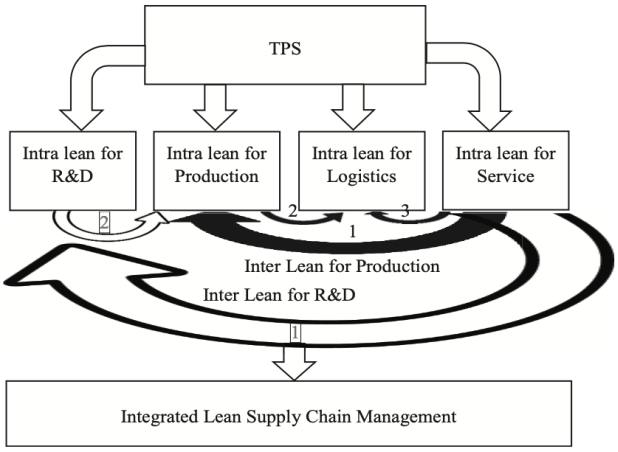
รูปที่ 2-4 ความเชื่อมโยงของอุตสาหกรรม 4.0 กับความสูญเปล่าในการผลิตแบบลีน (ที่มา: Rajab et al. (2022))

ความสูญเปล่าจากการขนส่ง (Transportation waste) ได้มีการนำ Big data และการรวบระบบเข้าใช้ เช่น บริษัทในแอฟริกาได้มีการนำ Big data เข้ามาปรับปรุงปัญหาเรื่องการขนส่งแบบเรียลไทม์ โดยเมื่อพบปัญหาเกี่ยวกับอุปกรณ์ ยานพาหนะ พนักงาน หรือ Supplier ว่ามีความผิดปกติ ก็มีการเก็บข้อมูลและเพื่อนำมาแก้ปัญหาได้อย่างทันถ่วงที ซึ่งจะทำให้โรงงานผู้ผลิตการันตีได้ว่าการขนส่งจะไม่มีปัญหาและสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว

ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหว (Motion waste) ได้มีการใช้ซอฟต์แวร์เพื่อจำลองสถานการณ์เข้ามาใช้ โดยการผลิตแบบลีนนั้นจะเน้นเรื่องการวางผังโรงงานหรือพื้นที่การทำงานให้เหมาะสมแก่พนักงานผู้ใช้งาน และกระบวนการทำงานนั้นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้สูงที่สุด โดยการใช้ซอฟต์แวร์จำลองสถานการณ์ในกระบวนการทำงานที่จะเกิดขึ้น เพื่อกำจัดความสูญเสียก่อนที่จะลงมือทำงานจริง โดยอยู่ในขั้นตอนการวางแผนกลยุทธ์ การจำลองสถานการณ์ทั้งหมดที่จะเป็นไปได้ผ่านซอฟต์แวร์ เพื่อหาทางเลือกในการวางแผนที่เหมาะสมที่สุดกับแต่ละสถานการณ์ การจำลองช่วยให้สามารถออกแบบแผนผังกระบวนการ สามารถทดสอบ เพิ่ม หรือลดขั้นตอนบางขั้นตอนลงได้เพื่อหาวิธีที่การที่เหมาะสมที่สุด

Chen et al. (2019) แนวทางที่เสนอเป็นนวัตกรรมในการจัดการภายในระหว่างแผนกจากการพัฒนาการจัดการห่วงโซ่อุปทานแบบลีนแบบบูรณาการ ตามรูปที่ 2-5 จะมีทีม R&D, ทีม Production, ทีม Logistics และทีม Service ประสานงานเป็นทั้งระบบผลัก (Pull system) และระบบดึง (Push system) ระหว่างแผนก โดยวิธีการนี้ได้ถูกพัฒนามาจากระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System: TPS) มีการนำเอาหลักการนี้ไปใช้ เพื่อสร้างกำไรให้เพิ่มขึ้นและการลดต้นทุนภายใต้ความพึงพอใจของลูกค้าเป็นหลัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 2-5 การจัดการซัพพลายเชนแบบลีนบูรณาการ (ที่มา: Chen et al. (2019))

Fabri and Ramalhinho (2021) ได้มีการศึกษาการขนส่งภายในโรงงานประกอบรถยนต์ เพื่อหาเส้นทางที่ดีที่สุดในการขนส่งจากระบบการจัดการคลังสินค้า (Warehouse System :WHS) สู่พื้นที่การทำงาน โดยปัจจุบันโรงงานประกอบรถยนต์ของบริษัท SEAT S.A ได้กำหนดเส้นทางการขนส่งแบบตายตัวมาโดยตลอดและไม่ทราบปริมาณการขนส่งที่แน่นอน ซึ่งวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อคำนวณหาต้นทุนการเดินรถที่ต่ำที่สุด โดยไม่ทำให้ไลน์การผลิตล่าช้า โดยงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบ Integrated Inventory Location Routing problem: ILRP ซึ่งลักษณะปัญหาจะประกอบไปด้วยเงื่อนไขดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

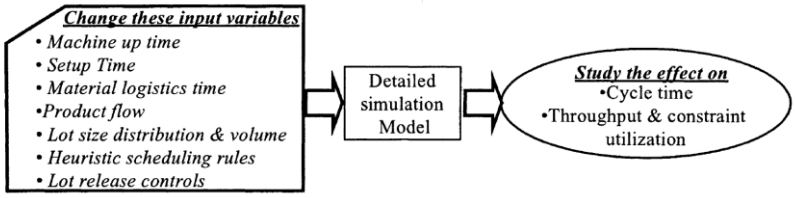
- ปริมาณความต้องการไม่แน่นอน
- เลือกเส้นทางการขนส่งด้วยต้นเอง
- มีการกำหนดระยะทางและเส้นทางคงที่
- คนขับรถต้องกลับที่ที่จุดรับชิ้นส่วนทุกครั้ง
- มีการกำหนดแผนในระยะยาว
- กำหนดข้อจำกัดในเรื่องเวลาวิ่งต่อรอบ
- กำหนดให้มีคำสั่งซื้อล่วงหน้า
- ลูกค้าแต่ละรายถูกกำหนดให้กับเส้นทางที่ไม่ซ้ำกัน
- ตำแหน่งของลูกค้าคงที่
- ความจุของรถคงที่

- ประเภทของรถขนส่งเป็นแบบเดียวกัน

รูปแบบปัญหา ILRP คำนวณโดยใช้ซอฟต์แวร์ SimILS ทำให้ผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาจึงมีคุณภาพสูง เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับวิธีเดินรถในปัจจุบันที่บริษัทใช้ ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะนำวิธีการคำนวณไปใช้กับบริษัทประกอบรถยนต์ โดยวิธีการและผลลัพธ์ได้รับการตอบรับเชิงบวกจากผู้เชี่ยวชาญของบริษัทเนื่องจากเป็นวิธีการคำนวณที่แปลกใหม่และน่าสนใจ สุดท้ายผลงานนี้ที่ได้ถูกนำเสนอตลอดจนการแนะนำวิธีการเชิงปฏิบัติให้กับบริษัท โดยมีข้อเสนอแนะว่า ควรคำนึงถึงความเหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ของกระบวนการจัดการขนส่งภายในด้วย

Sivakumar and Chong (2001) ได้นำเสนอการหาความสัมพันธ์กลุ่มของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการประกอบและการทดสอบผลิตภัณฑ์ โดยในการทดลองนี้จะมีการศึกษาพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อรอบเวลาการทำงาน (Cycle time) ของการผลิต โดยจะเป็นการศึกษาเฉพาะตัวแปรที่สามารถควบคุมได้เท่านั้น มีการพิสูจน์โมเดลที่จะนำมาคำนวณนั้นจะใช้ข้อมูลย้อนหลังของบริษัทชุดเดียวกันมาทดสอบความน่าเชื่อถือของโมเดล ขั้นแรกจะนำข้อมูลดังกล่าวผ่านระบบการทำงานจริงของบริษัทซึ่งจะได้ผลลัพธ์ออกมาหนึ่งชุด จากนั้นจะนำเข้าข้อมูลย้อนหลังของบริษัทชุดเดียวกันมาเข้าโมเดลที่ถูกสร้างขึ้น เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ผ่านจากระบบการทำงานจริง เพื่อหาความผิดพลาดระหว่างโมเดลที่สร้างขึ้นกับระบบที่ใช้ทำงานจริง โดยในงานวิจัยนี้ยังได้ทดลองเปลี่ยนแปรตัวแปรที่คาดว่าจะส่งต่อ รอบเวลาการทำงาน (Cycle time) และอัตราของผลิตผลตามรูปที่ 2-7 เช่น เวลาเปิดใช้เครื่องจักร (Machine up time) เวลาการตั้งเครื่อง (Setup Time) เวลาในการจัดการวัตถุดิบ (Material logistics time) กระบวนการทำงาน (Process flow) ปริมาณของผลิตภัณฑ์แต่ละชุด (Lot size) เงื่อนไขในการขนส่ง (Heuristics lot dispatching) และการควบคุมช่วงเวลาในการผลิต (Lot release controls)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
Chulalongkorn University



รูปที่ 2-6 Model input and output (ที่มา: Sivakumar and Chong (2001))

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

การศึกษากระบวนการทำงานของบริษัทกรณีศึกษา เริ่มจากการเข้าสัมภาษณ์ผู้บริหารและทิศทางที่ควรจะเป็นในการกระบวนการทำงานในอนาคต โดยบริษัทกรณีศึกษาจะมีโรงงานหลายๆ โรงงานอยู่ในสถานที่เดียวกันซึ่งแต่ละโรงงานก็ทำงานประสานสอดคล้องกัน จากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการชิ้นส่วน โดยได้นำข้อมูลปริมาณการใช้ชิ้นส่วนในแต่ละวันในโรงงานมาวิเคราะห์เพื่อเลือกโรงงานที่จะทำการศึกษาก่อนเป็นอันดับแรก พบว่าปริมาณชิ้นส่วนเข้ามาที่โรงงานประกอบนั้นมากที่สุด จึงเลือกศึกษาโรงประกอบเป็นที่แรก หลังจากนั้นก็จะเข้าไปตรวจสอบภายในโรงงานประกอบ โดยเน้นเรื่องการจัดการชิ้นส่วน ซึ่งเริ่มตั้งแต่กระบวนการรับชิ้นส่วน การจัดเก็บ การขนส่ง การประกอบ และการส่งคืนกล่องเปล่า ศึกษากระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกระบวนนำเข้าชิ้นส่วนในโรงงานประกอบทั้งหมด

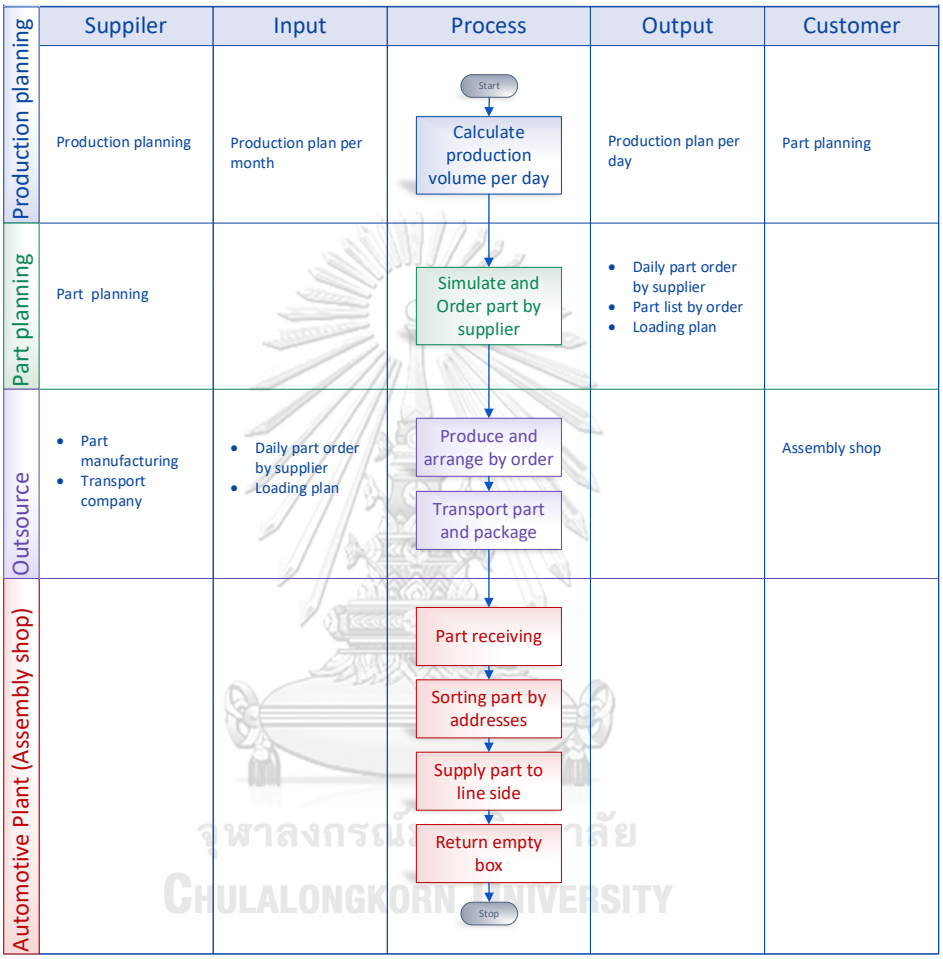
3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาสภาพปัญหาของบริษัทกรณีศึกษา
3. ศึกษากระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนเข้าสู่ไลน์ประกอบในบริษัทกรณีศึกษา
4. วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา
5. นำแนวทางลีนมาปรับปรุงกระบวนการทำงานและหาแนวทางการปรับปรุง
6. ออกแบบเส้นทางการเดินรถลากไฟฟ้า (E-car) ภายในโรงงานประกอบ
7. การทดสอบเส้นทางการขนส่งภายในโรงงานประกอบ
8. วิเคราะห์และสรุปผลพร้อมข้อเสนอแนะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 ศึกษากระบวนการทำงานของบริษัทกรณีศึกษา

การศึกษากระบวนการทำงานของบริษัทกรณีศึกษา โดยเริ่มจากอธิบายภาพรวมของกระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ ตามรูปภาพที่ 3-1 จะเห็นได้ว่า กระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ จะมีแผนกที่เกี่ยวข้อง 4 แผนกดังนี้



รูปที่ 3-1 ภาพรวม (SIPOC) ของกระบวนการนำเข้าชิ้นส่วน

1. แผนกวางแผนการผลิต (Production Planning) จะรับปริมาณความต้องการจากลูกค้ามาจากฝ่ายการตลาด เพื่อนำมาทำแผนการผลิต (Daily Production Plan) และส่งต่อแผนการผลิตนั้นส่งต่อไป
2. แผนกวางแผนชิ้นส่วน (Part planning) เมื่อได้รับแผนการผลิตจาก แผนกวางแผนการผลิต (Production planning) แล้วก็จะทำการวางแผนการสั่งชิ้นส่วนมาจากผู้ประกอบการต่างๆ (Supplier) ตามปริมาณและเวลาที่ต้อง

ใช้ในการผลิตในเดือนนั้นๆ ซึ่งทางแผนก Part planning จะสร้างแผนมา 3 แผนดังนี้

1) แผนการสั่งซื้อชิ้นส่วน (Part order) เพื่อส่งไปที่ Supplier รายวัน โดย Supplier จะได้รับ Part order ก่อนวันที่จะต้องใช้ชิ้นส่วนนั้นในการผลิตล่วงหน้า 3 วัน
2) รายการชิ้นส่วนของรถยนต์ (Part list) จะเป็นรายการชิ้นส่วน โดยจะระบุ Part Number, Part Name, ปริมาณที่ใช้ในแต่ละวัน, จุดความต้องการ (Address)
3) แผนการส่งชิ้นส่วน (Loading plan) จะเป็นแผนที่จะถูกส่งไปยังบริษัทขนส่งเพื่อไปรับชิ้นส่วนจากโรงงานของผู้ประกอบการ (Supplier) โดยจะมีวัน เวลา สถานที่ ปริมาณของชิ้นส่วนที่ต้องไปรับ และจุดที่ต้องนำชิ้นส่วนมาส่งที่โรงงานประกอบ

3. หน่วยงานภายนอก (Outsource) คือหน่วยงานที่อยู่ภายนอกบริษัทกรณีศึกษาโดยในที่นี่จะเห็นได้ว่าประกอบด้วย 2 ส่วนคือ
    1) โรงงานผลิตชิ้นส่วน (Part manufacturing) จะทำหน้าที่ผลิตชิ้นส่วนตามแผนการสั่งซื้อจากแผนกวางแผนการผลิตที่ส่งให้ โดยชิ้นส่วนนั้นจะถูกจัดเรียงใส่กล่อง และ กล่องจะถูกจัดเรียงบน Skid
    2) บริษัทขนส่ง (Transportation company) จะได้รับแผนการส่งชิ้นส่วนเพื่อไปรับตามสถานที่ที่ถูกกำหนด โดยวิธีการจัดส่งของบริษัทขนส่งนั้นจะเรียกว่า ระบบ Milk run กล่าวคือ รถจากบริษัทขนส่งจะวิ่งไปรับชิ้นส่วนตามโรงงานผลิตชิ้นส่วน จากนั้นก็จะนำส่งที่โรงงานประกอบรถยนต์ ในขณะเดียวกัน กล่องเปล่าก็จะถูกส่งออกจากโรงงานประกอบรถยนต์ไปตามรถที่มาส่งชิ้นส่วนกลับไปหาผู้ประกอบการ เพื่อนำกล่องเปล่าหมุนเวียนมาใช้ต่อ
4. โรงงานประกอบรถยนต์ (Automotive plant) โดยในที่นี่จะทำการศึกษาเฉพาะที่โรงประกอบ (Assembly shop) โดยกระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนของโรงประกอบจะประกอบไปด้วย การรับชิ้นส่วน (Part receiving) การ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

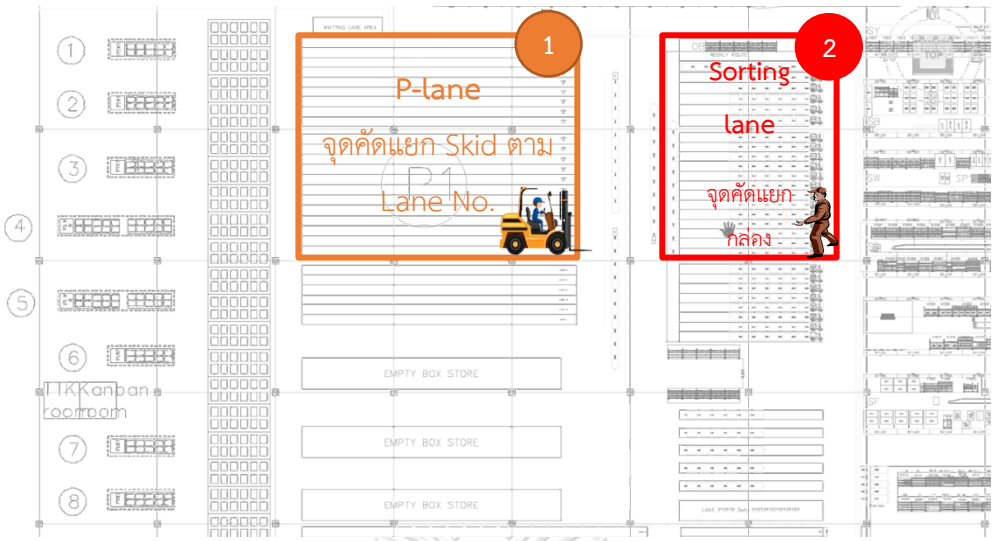
คัดแยกชิ้นส่วนตามไลน์การประกอบ การส่งชิ้นส่วนไปข้างไลน์การประกอบ และ การนำกล่องเปล่าข้างไลน์การประกอบกลับ

3.3 ศึกษาสภาพปัญหาของบริษัทกรณีศึกษา

โดยการศึกษากระบวนการทำงานโดยการใช้แผนภาพ SIPOC เพื่อให้เห็นภาพรวมของหน้าที่และความรับผิดชอบของการทำงานของแผนกต่างๆ จะเห็นได้ว่ากระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนสู่ไลน์การผลิตนั้นจะผ่านการทำงานของ 4 แผนกที่ทำงานประสานการ โดยจะมีการส่งต่อข้อมูลระหว่างแผนกเพื่อให้แผนกต่อไปนำไปวางแผนประสานงานต่อ จนสุดท้ายมีการสั่งชิ้นส่วน และถูกนำส่งเข้าสู่กระบวนการผลิต

ซึ่งหากพิจารณาจากทำงานในปัจจุบันตามผังโรงงานประกอบตามรูปที่ 3-2 จะเห็นได้ว่า การนำชิ้นส่วนเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตนั้นจะเกิดจากการวางแผนของจากแผนกการวางการผลิต และแผนกวางแผนชิ้นส่วนเป็นหลัก แต่ผลกระทบเรื่องกระบวนการทำงานที่ซ้ำซ้อน (Overprocessing) มาเกิดที่โรงงานประกอบ โดยก่อนที่ชิ้นส่วนจะถูกส่งถึงไลน์การผลิต จะผ่านกระบวนการคัดแยก 2 ครั้ง โดยครั้งแรกจะเกิดที่บริเวณ P-lane ซึ่งส่วนนี้จะเป็นการคัดแยกในระดับ Skid เข้าตาม Lane Number ด้วยรถยก (Forklift) และครั้งที่สองจะเกิดขึ้นที่ Sorting lane โดยจะทำการคัดแยกในระดับกล่องชิ้นส่วนไปตามจุดที่มีความต้องการ (Address) โดยจะใช้กำลังคนในการคัดแยก ซึ่งจะแบ่งเป็นช่องๆทั้งหมด 27 ช่องตามจุดที่มีความต้องการ (Address)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

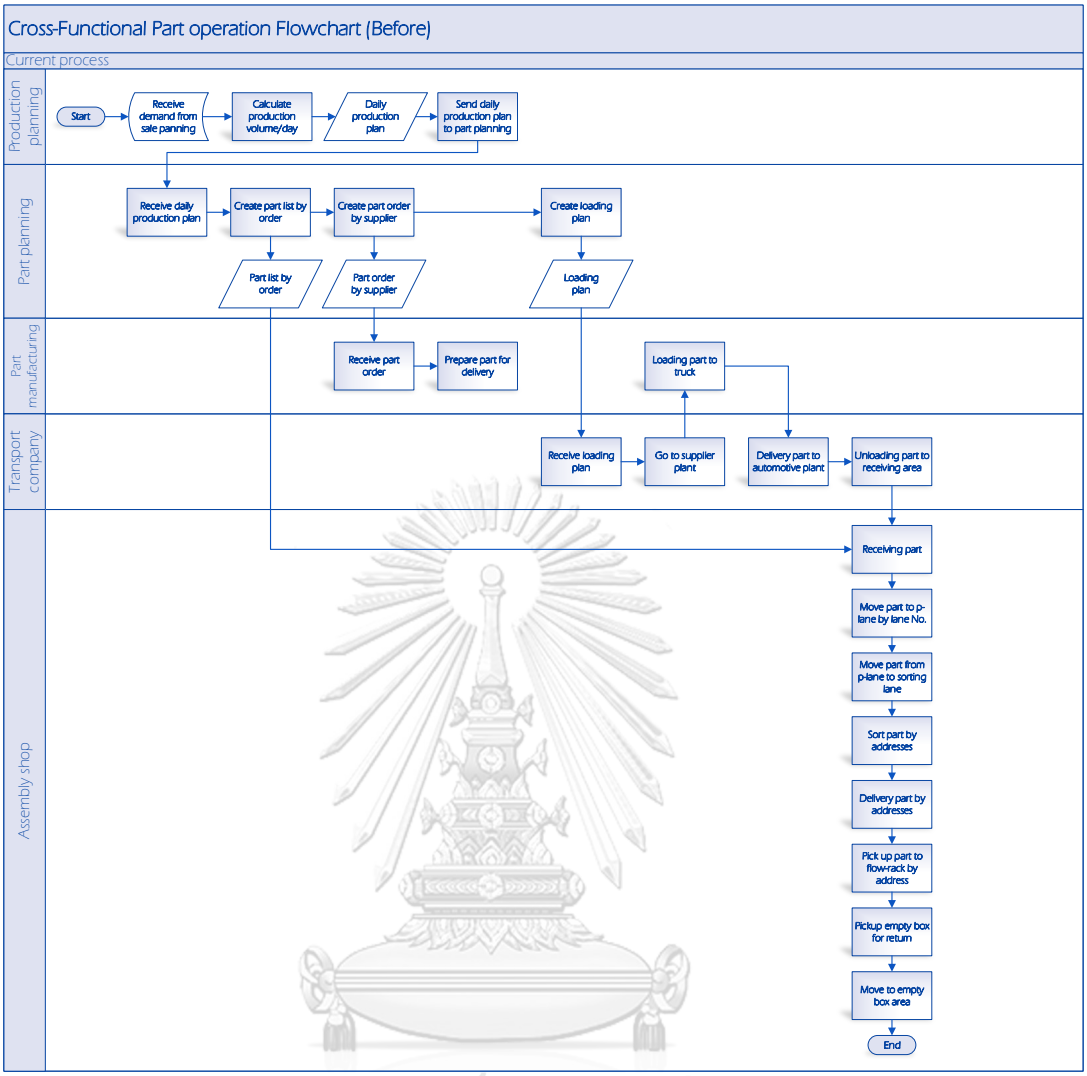


รูปที่ 3-2 พื้นที่ของกระบวนการทำงานซ้ำซ้อน (Overprocessing area)

3.4 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและหาแนวทางการแก้ไข

ผู้วิจัยเริ่มจากการศึกษาความสัมพันธ์ของกระบวนการทำงานของแต่ละแผนกโดยมุ่งเน้นการปรับปรุงกระบวนการนำเข้าชิ้นส่วน ในโรงประกอบเป็นหลัก โดยจะต้องทำงานร่วมกับแผนกวางแผนชิ้นส่วน ฉะนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษากระบวนการทำงานอย่างละเอียด และได้อธิบายขั้นตอนทำงานตามรูปที่ 3-3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 3-3 ขั้นตอนกระบวนการนำเข้าชิ้นส่วน

จากรูปที่ 3-3 แผนกวางแผนชิ้นส่วนได้รับแผนการผลิตรถยนต์รายเดือน มาจากแผนกวางแผนการผลิตแล้ว แผนกวางแผนชิ้นส่วนจะทำการสร้างรายการชิ้นส่วน(Part list) สำหรับรถที่จะทำการผลิต โดยรายการชิ้นส่วนนั้นจะถูกจัดกลุ่มตาม Supplier เพื่อที่จะส่งคำสั่งซื้อไปที่ Supplier ให้ส่งชิ้นส่วนตามปริมาณและเวลาที่กำหนด ในขณะเดียวกันรายการชิ้นส่วนก็จะถูกส่งไปที่โรงประกอบด้วยเช่นกัน เพื่อที่ทางโรงประกอบจะได้ทราบว่าชิ้นส่วนที่จะเข้ามาในเดือนถัดไปนั้นมีปริมาณเท่าไร หรืออัตราส่วนในการประกอบรถแต่ละรุ่นเป็นอย่างไร เพื่อเตรียมรับมือกับชิ้นส่วนที่จะเข้ามาในเดือนถัดไป

โดยจะเห็นได้ว่าจากขั้นตอนกระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนในปัจจุบันการวางแผนการนำเข้าชิ้นส่วนสู่ไลน์โรงงานประกอบนั้น จะผ่านการวางแผนจาก 2 แผนกคือ แผนกการวางการผลิต และแผนกวางแผนชิ้นส่วน ซึ่งการแก้ปัญหาการทำงานซ้ำซ้อนในโรงงานประกอบ ในส่วนของโรงงานประกอบก็ควรมีส่วนในการวางแผนการนำชิ้นส่วนเข้าโรงงานประกอบด้วย โดยหากพิจารณาตามกระบวนการทำงานในปัจจุบันจะเห็นได้ว่ามีการแยกกล่องชิ้นส่วนตามจุดความต้องการ (Address) บริเวณ Sorting lane ซึ่งใช้พนักงานในการคัดแยก ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่า หากมีการจัดกล่องชิ้นส่วนตามจุดความต้องการ (Address) เดียวกันให้อยู่ใน Skid เดียวกันมาจากทาง Supplier ก่อนที่จะส่งเข้าโรงงานประกอบ ก็จะส่งผลให้ไม่จำเป็นต้องมีพนักงานคัดแยกกล่องชิ้นส่วนในบริเวณ Sorting lane ซึ่งทางโรงงานประกอบต้องกำหนดเงื่อนไขการจัดกล่องชิ้นส่วนลงใน Skid ให้กับทาง Supplier ผ่านทางแผนกวางแผนชิ้นส่วน เพื่อที่ทาง Supplier จะได้จัดชิ้นส่วนลงบน Skid ตามที่ทางโรงงานประกอบต้องการได้

ต่อไปสิ่งที่โรงงานประกอบจะต้องพิจารณาคือ เส้นทางการเดินรถลากไฟฟ้า (E-car) ในปัจจุบันถูกออกแบบไว้อย่างไร โดยการวิเคราะห์เส้นทางการเดินรถลากไฟฟ้า (E-car) ไปยังจุดความต้องการ (Address) ต่างๆในปัจจุบัน วิเคราะห์ปริมาณความต้องการชิ้นส่วนแต่ละจุดความต้องการ (Address) ต่อการส่งแต่ละครั้ง รวมไปถึงวิเคราะห์ประวัติการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการผลิต (Takt time) ในอดีตว่าส่งผลต่อปริมาณชิ้นส่วนอย่างไร

3.4.1 การศึกษาข้อจำกัดการขนส่งภายในโรงประกอบ

จากการศึกษาบริษัทกรณีศึกษาในส่วนของการขนส่งภายในโรงงานประกอบ สามารถสรุปข้อจำกัดได้ดังนี้

1) ปริมาณความต้องการชิ้นส่วนของแต่ละจุดความต้องการ (Address) เป็นค่าคงที่
2) ปริมาณความต้องการชิ้นส่วนสูงสุดในแต่ละรอบการขนส่งจะไม่เกิน 192 ลูกบาศก์เมตร
3) จุดเริ่มต้นของการขนส่งเริ่มที่จุดเดียวคือบริเวณ B-lane
4) เมื่อขนส่งเสร็จ รถทุกคันต้องกลับมาที่จุดเริ่มต้นคือบริเวณ B-lane
5) รถลากไฟฟ้า (E-car) ที่ใช้ในการขนส่งเป็นรถประเภทเดียวกันมีจำนวนทั้งหมด 24 คัน
6) รถลากไฟฟ้า (E-car) แต่ละคันมีความจุสูงสุดที่ 8 ลูกบาศก์เมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

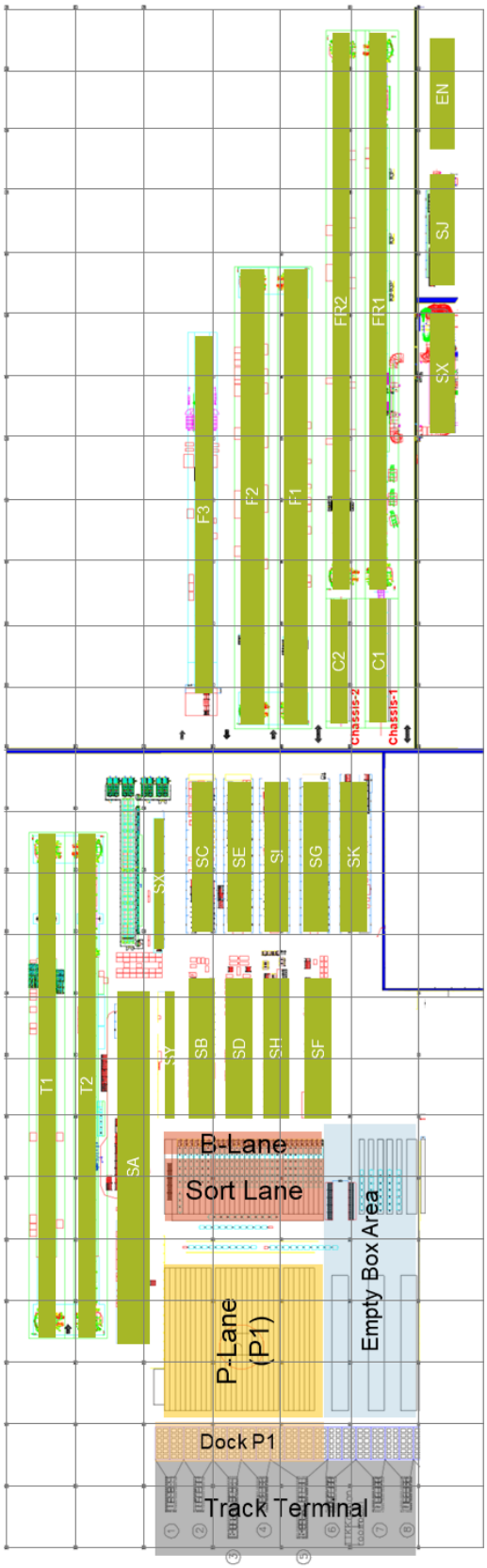
3.4.2 การเก็บข้อมูลระยะทางภายในโรงงานประกอบ

การเก็บข้อมูลระยะทางภายในโรงประกอบจะพิจารณาจาก จุดความต้องการ (Address) ทั้งหมด หรือ จุดที่จะทำการขนส่งทั้งหมดในโรงงานประกอบซึ่งตำแหน่งที่ใช้ในการขนส่งในโรงงานประกอบนั้นจะมีทั้งหมด 27 จุด ซึ่งจะทำให้เกิดเส้นทางระหว่างจุด ทั้งหมด 27x26 = 702 เส้นทาง โดยผู้วิจัยจะทำการเก็บข้อมูลระยะทางระหว่างจุดโดยใช้ผังโรงงานเป็นตัววัดระยะทาง ซึ่งในการวัดดังกล่าวจะมีการพิจารณาในเรื่องเส้นทางเดียว (One-way route) และ เส้นทางสวน (Two-way route) ด้วย โดยวิธีการวัดทำได้ดังนี้

1) สร้างตาราง (Grid) บนผังโรงงานประกอบ โดยกำหนดให้แต่ละช่วงห่างกัน 20 เมตร ตามสัดส่วนของผังโรงงาน เพื่อใช้วัดตำแหน่งของจุดความต้องการ (Address) แต่ละจุดตามรูปที่ 3-4
2) เริ่ม Plot จุดที่จะใช้ขนส่งในผังโรงงานซึ่งในที่นี่มีการกำหนดจุดของการขนส่งไว้ทั้งหมด 27 จุด
3) สร้างตารางเก็บข้อมูลระยะทางการขนส่ง 27x27 โดยให้จุดเริ่มต้นอยู่ที่คอลัมแรกและแถวแรกกำหนดให้เป็นจุดสิ้นสุดดังรูป ตารางที่ 3-1 ตารางเก็บข้อมูลระยะทาง 27x27

ตารางที่ 3-1 ตารางเก็บข้อมูลระยะทาง 27x27

Address	B-Lane	RSB	SA	SB	SC	SD	SE	SF	SG	SH	SI	SJ	SK	SW	SX	SY	C2	EG	FA	FB	T2	F1	F3	T1	AX	F2	C1
B-Lane	9999	1000	100	80	140	80	100	100	140	80	120	360	180	60	100	40	180	400	420	260	260	300	340	400	320	160	220
RSB	800	9999	680	520	460	540	480	560	500	560	480	700	520	540	460	540	520	740	800	620	760	680	600	600	660	500	560
SA	100	620	9999	140	180	180	200	200	240	180	220	460	280	160	200	140	260	500	560	360	160	400	340	60	420	240	320
SB	60	520	140	9999	40	20	50	60	110	30	60	300	120	10	50	10	100	340	300	280	300	240	220	200	260	100	160
SC	120	460	180	60	9999	80	10	110	40	90	20	280	60	60	10	60	50	320	50	130	360	180	150	240	240	20	60
SD	80	540	180	20	80	9999	60	30	60	10	40	280	80	10	80	40	80	320	280	180	320	220	240	240	100	100	90
SE	120	480	200	60	10	60	9999	100	40	80	10	240	50	60	20	80	60	280	270	160	380	200	180	280	200	30	100
SF	100	570	200	50	100	30	100	9999	70	10	90	260	60	40	100	70	80	300	260	160	380	260	280	380	220	110	100
SG	140	500	240	100	50	60	40	70	9999	60	10	200	10	70	60	100	10	240	220	110	400	180	200	300	160	60	60
SH	90	540	190	60	110	10	90	10	60	9999	70	290	70	40	110	70	60	330	280	160	340	220	260	350	270	120	110
SI	120	490	230	80	40	60	10	80	10	60	9999	240	40	60	50	120	20	280	240	120	380	170	180	270	200	40	80
SJ	360	700	460	320	250	280	220	250	210	270	220	9999	190	300	260	320	210	40	100	300	610	380	400	500	40	240	220
SK	140	500	240	100	60	80	50	60	10	70	30	200	9999	90	70	110	20	240	210	120	400	180	200	300	160	60	50
SW	60	520	140	10	70	10	60	50	90	40	70	300	90	9999	70	20	100	340	300	180	300	240	220	200	260	80	140
SX	120	460	180	50	10	80	20	110	60	100	40	270	80	70	9999	60	60	310	260	160	340	200	160	260	230	40	100
SY	60	520	120	10	70	40	70	70	110	50	90	320	110	20	60	9999	120	360	320	220	280	260	220	160	280	100	160
C2	150	500	260	120	70	80	60	80	10	70	20	200	20	100	100	140	9999	240	200	100	380	160	170	280	160	20	40
EG	400	730	500	350	290	320	280	300	240	310	260	40	230	310	320	380	250	9999	440	330	660	440	460	540	80	290	280
FA	460	800	560	420	350	380	340	350	310	370	340	80	290	400	360	420	310	40	9999	400	720	480	500	600	120	360	320
FB	600	940	700	550	490	520	260	490	450	500	460	240	430	530	500	560	450	200	200	9999	860	620	640	740	280	480	480
T2	220	480	320	140	90	160	100	190	130	170	120	340	150	150	90	130	130	380	340	220	9999	280	220	280	300	110	180
F1	540	680	640	490	430	460	420	430	380	440	390	180	370	470	440	500	390	140	380	480	800	9999	560	680	220	440	420
F3	280	600	340	210	150	240	160	280	200	260	180	400	210	220	170	230	200	440	400	300	500	340	9999	380	360	150	240
T1	140	700	40	180	240	210	250	260	290	250	270	480	290	190	220	160	490	520	700	590	160	440	380	9999	440	270	540
AX	320	660	420	270	210	240	200	210	170	230	180	40	150	260	220	280	160	80	340	260	600	340	360	460	9999	200	180
F2	140	480	240	90	50	100	40	120	40	110	30	240	50	80	40	100	40	280	240	140	400	180	160	280	200	9999	80
C1	620	960	720	590	510	540	500	510	470	530	500	240	450	560	520	580	470	200	160	560	880	640	660	760	280	520	9999



รูปที่ 3-4 ตาราง (Grid) ของพื้นโรงงานประกอบ

3.4.3 การวิเคราะห์เส้นทางการเดินรถลากไฟฟ้า (E-car) ไปยังจุดความต้องการ

ในปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษามีการใช้รถขนส่ง (E-car) ทั้งหมด 24 คัน โดยมีการออกแบบการใช้เส้นทางทั้งหมด 20 เส้นทางจากตารางที่ 3-2 มีการออกแบบเส้นทางแบบ 1:1 คือ มีรถทั้งหมด 24 มี 27 จุดความต้องการ (Address) ก็จะกำหนดว่า ให้รถลากไฟฟ้า (E-car) รับผิดชอบประจำเส้นทางการขนส่ง และจะเหลืออีก 3 คันไว้ให้หัวหน้างานช่วยในกรณีที่ พนักงานขับรถลากไฟฟ้า (E-car) บางคันทำงานไม่ทัน หรือสำรองไว้สำหรับกรณีฉุกเฉินอื่นๆ ผู้วิจัยจะนำเส้นทางในปัจจุบันมาเปรียบเทียบกับปริมาณความต้องการชิ้นส่วนในแต่ละจุดความต้องการ (Address) เพื่อให้ทราบว่าในการขนส่งโดยใช้เส้นทางนั้นๆ มีปริมาตรในการขนส่งเท่าไร จากนั้นก็จะนำมาเปรียบเทียบกับปริมาตรความจุของรถขนส่งว่า ในแต่ละเส้นทางมีการใช้รถขนส่งได้เต็มความจุหรือไม่

ตารางที่ 3-2 ปริมาณความต้องการเฉลี่ยของแต่ละเส้นทาง (Route) ต่อรอบของโรงงานประกอบ ตั้งแต่ ม.ค.-ก.ย. 2022

Route No.	Address	Volume of route (m^3)
1	F1	11.46
2	FR2 & C2	9.67
3	FR1 & EG	8.18
4	F3	8.79
5	F2	7.28
6	T1 ,T2, SA	12.34
7	SJ	10.29
8	SH & SF	13.50
9	C1 & SK	6.79
10	SG	10.19
11	SI	6.63
12	SE	9.90
13	SD	10.04
14	SC	3.83
15	SX & DO	6.57
16	SB	4.06
17	SA	14.50
18	RSB	4.17
19	SW	8.97
20	SY	5.13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4.4 การวิเคราะห์ความต้องการชิ้นส่วนเฉลี่ยต่อรอบการขนส่งของแต่ละจุดความต้องการ

เนื่องจากข้อมูลที่มีผลต่อการออกแบบเส้นทางการขนส่งภายในโรงงานประกอบจะใช้ระยะทางและปริมาณความต้องการของชิ้นส่วนเป็นหลัก เมื่อพิจารณาปริมาณความต้องการชิ้นส่วนในความเร็วในการผลิต (Takt time) เดียวกัน พบว่า ปริมาณความต้องการในจุดความต้องการ (Address) ในแต่ละวันมีความใกล้เคียงกันมาก อธิบายได้จากวิธีการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา มีการใช้ความเร็วในการผลิต (Takt time) ในการทำเกิดความสมดุลในสายการผลิต ซึ่งส่งผลให้ปริมาณในการผลิตรถยนต์ในแต่ละวันมีความใกล้เคียงกัน ฉะนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้ค่าเฉลี่ยปริมาณความต้องการชิ้นส่วน เพื่อเป็นตัวแทนของข้อมูลปริมาณความต้องการชิ้นส่วน มาใช้ในการออกแบบเส้นทางการเดินรถภายในโรงงานประกอบ

โดยผู้วิจัยจะทำการรวบรวมปริมาณความต้องการชิ้นส่วนของแต่ละ จุดความต้องการ (Address) แปลงปริมาณความต้องการชิ้นส่วนให้อยู่ในหน่วยลูกบาศก์เมตร เพื่อให้สอดคล้องกับปริมาตรของรถขนส่ง (E-car) โดยสรุปความต้องการชิ้นส่วนเฉลี่ยต่อรอบการขนส่งของแต่ละจุดความต้องการ (Address) ตั้งแต่ ม.ค.-ก.ย. 2022 ตามตารางที่ 3-3 ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3-3 ความต้องการชิ้นส่วนเฉลี่ยต่อรอบการขนส่งของแต่ละจุดความต้องการ (Address) ตั้งแต่ ม.ค.-ก.ย. 2022

Address	Demand (m^3)
RSB	4.17
SA	14.50
SB	4.06
SC	3.83
SD	10.04
SE	9.90
SF	6.55
SG	10.19
SH	6.95
SI	6.63
SJ	10.29
SK	2.75
SW	8.97
SX	6.57
SY	5.13
C2	0.99
EG	1.92
FA	6.26
FB	8.68
T2	3.38
F1	11.46
F3	3.96
T1	8.96
AX	4.83
F2	7.28
C1	4.04

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4.5 การวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ (Utilization) ของรถลากไฟฟ้า (E-car)

การขนส่งชิ้นส่วนในโรงประกอบจะใช้รถลากไฟฟ้า (E-car) พ่วงกับ Dolly โดยในแต่ละ Dolly จะวางชิ้นส่วนได้ 1 skid ซึ่งรถลากไฟฟ้า (E-car) จะสามารถลาก Dolly ได้สูงสุดที่ 8 Dolly หรือ ประมาณ 8 ลูกบาศก์เมตร ต่อหนึ่งรอบการขนส่ง โดยผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์อัตราการใช้ประโยชน์ (Utilization) ของรถลากไฟฟ้า (E-car) แต่ละคันโดยพิจารณาจากปริมาณการขนส่งแต่ละเส้นทางการขนส่ง เพื่อหาความเป็นไปได้ในการรวมเส้นทางการขนส่ง ตามสมการ (3.1)

กำหนดให้

TR_i จำนวนรอบในการขนส่งในเส้นทางการขนส่ง i

D_i ปริมาตรรวมของกล่องส่วนทั้งหมดในเส้นทางการขนส่ง i (ลูกบาศก์เมตร)

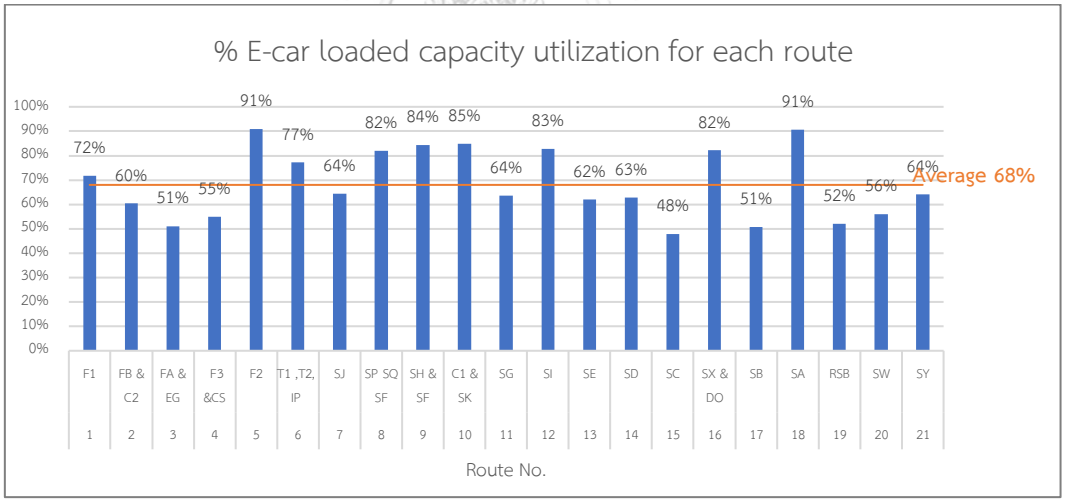
CP_i ความสามารถในการบรรทุกรถลากไฟฟ้าของเส้นทางการขนส่ง i (ลูกบาศก์เมตร)

UT_i อัตราการใช้ประโยชน์ของรถลากไฟฟ้า (E-car) ของเส้นทางการขนส่ง i

สมการ (3.1) ในการคำนวณการอัตราใช้ประโยชน์ (Utilization) ของรถลากไฟฟ้า (E-car) แต่ละเส้นทางการขนส่ง

$$UT_i = \sum_{i=1}^{I} \frac{D_i}{CP_i TR_i} \times 100 \qquad (3.1)$$

โดยจากการสรุปปริมาณการขนส่งในแต่ละเส้นทางจะเห็นได้ว่า %การใช้ประโยชน์ (Utilization) ของรถลากไฟฟ้า (E-car) ในแต่ละเส้นทางการขนส่ง ตามรูปภาพที่ 3-5 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 68% แสดงให้เห็นถึงมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถรวมเส้นทางการขนส่งบางเส้นเข้าด้วยกันได้



รูปที่ 3-5 %การใช้ประโยชน์ (Utilization) ของรถลากไฟฟ้า (E-car) ในแต่ละเส้นทาง

3.4.6 การวิเคราะห์ประวัติการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการผลิต (Takt time)

ลักษณะของโรงงานกรณีศึกษาจะมีการใช้ความเร็วในการผลิต (Takt time) เป็นตัวกำหนดปริมาณการผลิต เพื่อช่วยในการรักษาสมดุลของไลน์การผลิต (Line balancing) โดยความเร็วในการผลิต (Takt time) ในการผลิตนั้นจะแปรผกผันกับ

ปริมาณการผลิต กล่าวคือหากความเร็วในการผลิต (Takt time) น้อยจะมีปริมาณการผลิตมาก ต้องใช้ชิ้นส่วนในการผลิตมาก ในทางกลับกันหากความเร็วในการผลิต (Takt time) มากปริมาณการผลิตก็จะน้อย ปริมาณการใช้ชิ้นส่วนก็จะน้อยลงตามลำดับ ดังนั้นการเริ่มศึกษาประวัติการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการผลิต (Takt time) จะทำให้ทราบถึงเปลี่ยนแปลงของปริมาณการผลิตในแต่ละช่วงได้ รวมไปถึงสามารถใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงของกระบวนการทำงานในช่วงนั้นๆด้วย ตามตารางที่ 3-4

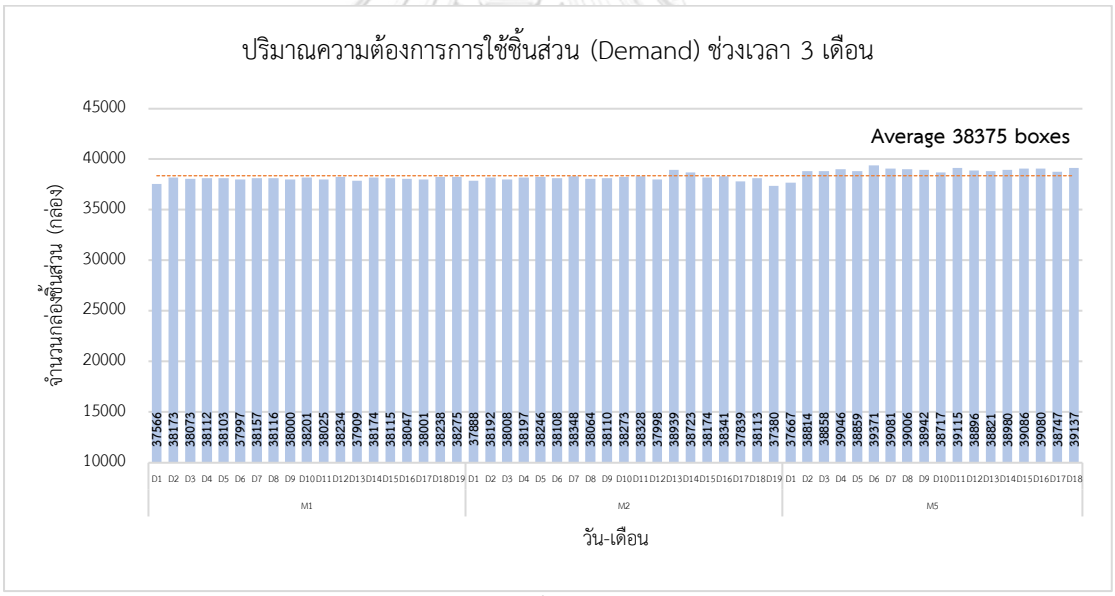
ตารางที่ 3-4 ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการผลิต (Takt time) รายเดือน

	20XX											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Production Plan	19460	19665	20223	15414	1106	11040	20372	18108	19441	22541	15852	15924
Actual Production (Units)	19460	19665	20223	15414	1106	11040	20372	18108	19441	22541	15852	15924
T/T	56'	56'	56'	56'	56'	56'	56'	56'	56'	60'	70'	70'
Working Day	20	20	21	17	17	22	21	20	23	23	22	20
Prod.Avg./Day	1003	1014	993	935	67	517	1000	933	871	1010	743	821
Order Max/Day	1113	1112	1126	1002	120	869	953	979	993	1007	957	940
P-Lane_Freq.	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
P-Lane Count	31	31	31	28	3	24	26	27	28	28	27	26
D-Cab	11733	12379	13227	10554	1106	5403	6403	5479	13776	14066	7894	3511
% Ratio D-Cab	60.3	62.9	65.4	68.5	100.0	48.9	31.4	30.3	70.9	62.4	49.8	22.0
A-Door	6417	5874	5047	4075		5426	11607	9587	1043	3309	2593	5535
% Ratio A-Cab	33.0	29.9	25.0	26.4		49.1	57.0	52.9	5.4	14.7	16.4	34.8
SUV	1311	1414	1949	785		212	2363	3043	4623	5167	5366	6879
% Ratio SUV	6.7	7.2	9.6	5.1		1.9	11.6	16.8	23.8	22.9	33.8	43.2

ในการศึกษาประวัติการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการผลิต (Takt time) เพื่อให้เป็นอ้างอิงปริมาณของชิ้นส่วนในแต่ละช่วงเวลาเพื่อจำกัดขอบเขตในการออกแบบเส้นทางการเดินรถลากไฟฟ้า (E-car) ตามปริมาณความต้องการชิ้นส่วนในแต่ละ จุดความต้องการ (Address) โดยผู้วิจัยจะเลือกความเร็วในการผลิต (Takt time) ที่ 70 วินาที ซึ่งถือเป็นความเร็วในการผลิต (Takt time) ปัจจุบันที่ทางโรงงานกรณีใช้อยู่ เพื่อให้อ้างอิงปริมาณรถยนต์ที่จะผลิตวันละ 771 คัน โดยจะมีรอบการขนส่ง 24 รอบต่อวัน โดยการส่งชิ้นส่วน 1 รอบนั้นจะสามารถผลิตรถยนต์ได้ประมาณ 32 คัน ซึ่งเท่ากับปริมาณการขนส่งต่อ 172 ลูกบาศก์เมตร

3.4.7 การวิเคราะห์ปริมาณความต้องการการใช้ชิ้นส่วน (Demand) ของโรงงานประกอบ

บริษัทกรณีศึกษาใช้วิธีการผลิตโดยอ้างอิงความเร็วในการผลิต (Takt time) ในปัจจุบันมีการใช้ความเร็วในการผลิต (Takt time) ที่ 70 วินาทีเพื่อควบคุมเวลาในการทำงานของแต่ละกระบวนการผลิต โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการการใช้ชิ้นส่วน (Demand) เพื่อศึกษาว่าพฤติกรรมของความต้องการการใช้ชิ้นส่วน (Demand) ในโรงงานประกอบมีรูปแบบเป็นอย่างไร จากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์นี้ถูกดึงมาจากฐานข้อมูลการสั่งซื้อชิ้นส่วน (Part ordering database) โดยจะเลือกศึกษาเฉพาะปริมาณชิ้นส่วนที่เข้ามาทาง Dock P1 เท่านั้น ซึ่งลักษณะชิ้นส่วนที่เข้ามาทาง Dock P1 จะถูกบรรจุลงกล่องและวางเรียงกันบน Skid โดยจะพิจารณาปริมาณกล่องชิ้นส่วนที่ถูกสั่งเข้ามารายวันเป็นระยะเวลา 3 เดือน จากรูปที่ 3-6 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยปริมาณชิ้นส่วนที่เข้ามาทาง Dock P1 ในระยะเวลา 3 เดือนเท่ากับ 38375 กล่อง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความต้องการการใช้ชิ้นส่วน (Demand) รายวันจะแสดงให้เห็นว่าปริมาณความต้องการการใช้ชิ้นส่วน (Demand) รายวันมีความคงที่

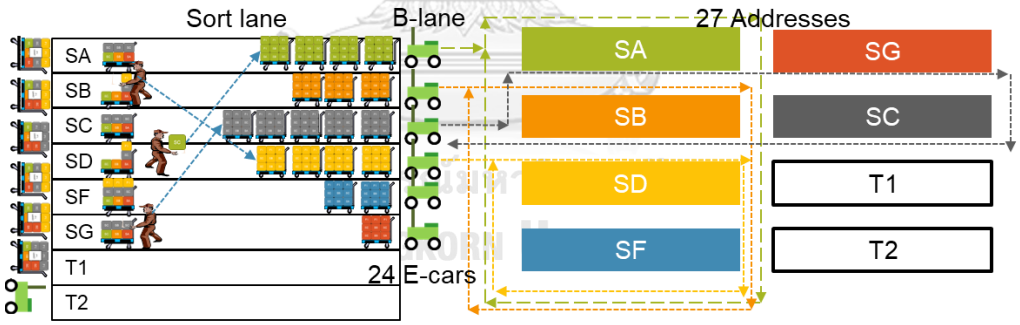


รูปที่ 3-6 ปริมาณความต้องการใช้ชิ้นส่วน (Demand) ระยะเวลา 3 เดือน

3.4.8 การอธิบายปัญหาเพื่อการหาวิธีการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม

จากแนวคิดการปรับปรุงกระบวนนำชิ้นส่วนเข้าโรงงานประกอบจากทีมบริหารของบริษัทกรณีศึกษา ตามรูปที่ 1-8 โดยเมื่อพิจารณาตามข้อจำกัดของผังโรงงานและกระบวนการทำงานเดิมสามารถอธิบายปัญหา (Problem descriptive) ได้ดังนี้

การขนส่งชิ้นส่วนภายในโรงงานประกอบจะเริ่มต้นตั้งแต่พื้นที่ B-lane โดยจะใช้รถลากไฟฟ้า (E-car) จำนวน 24 คันขนส่งชิ้นส่วนไปแต่ละจุดความต้องการ (Address) โรงงานประกอบ ตามรูปที่ 3-7 ซึ่งรถลากไฟฟ้า (E-car) มีความสามารถในการจุได้สูงสุด 8 Dolly ต่อรอบการส่ง หรือคิดเป็น 8 ลูกบาศก์เมตรต่อรอบการส่ง ในการขนส่งชิ้นส่วนจะต้องส่งตามจุดความต้องการ (Address) ทั้งหมด 27 จุดโดยปริมาตรความต้องการชิ้นส่วนในแต่ละจุดความต้องการ (Address) มีปริมาตรคงที่ เมื่อรถลากไฟฟ้า (E-car) ไปถึงจุดความต้องการ (Address) และทำการขนชิ้นส่วนเข้าข้างไลน์การผลิตแล้ว รถลากไฟฟ้า (E-car) ต้องกลับมาที่จุดเริ่มต้นที่พื้นที่ B-lane ทุกครั้ง ซึ่งปัจจุบันเส้นทางการขนส่งขนส่งภายในมีทั้งหมด 20 เส้นทางแบบตายตัว ซึ่งพบว่ารถลากไฟฟ้า (E-car) มีการใช้ความสามารถไปไม่เต็มความจุด้วยการใช้เส้นทางการขนส่งแบบเดิม ทางผู้บริหารจึงกำหนดให้ออกแบบเส้นทางการขนส่งภายในใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ระยะทางรวมของการเดินรถลากไฟฟ้า (E-car) สั้นที่สุดและสามารถส่งชิ้นส่วนตามแต่ละจุดความต้องการ (Address) ได้อย่างเต็มความสามารถ



รูปที่ 3-7 ตัวอย่างเส้นทางการขนส่งภายในจาก B-lane ไปตามจุดความต้องการ (Address)

ด้วยรูปแบบปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยเห็นว่าสอดคล้องกับกระบวนการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งโดยยานพาหนะที่มีความจุ หรือ Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) ตามข้อจำกัดการขนส่งภายในโรงประกอบดังนี้

1) ปริมาณความต้องการชิ้นส่วนของแต่ละจุดความต้องการ (Address) เป็นค่าคงที่

2) ปริมาณความต้องการชิ้นส่วนสูงสุดในแต่ละรอบการขนส่งจะไม่เกิน 192 ลูกบาศก์เมตร
3) จุดเริ่มต้นของการขนส่งเริ่มที่จุดเดียวคือบริเวณ B-lane
4) เมื่อขนส่งเสร็จ รถทุกคันต้องกลับมาที่จุดเริ่มต้นคือบริเวณ B-lane
5) รถลากไฟฟ้า (E-car) ที่ใช้ในการขนส่งเป็นรถประเภทเดียวกันมีจำนวนทั้งหมด 24 คัน
6) รถลากไฟฟ้า (E-car) แต่ละคันมีความจุสูงสุดที่ 8 ลูกบาศก์เมตร

3.5 นำแนวทางลีนมาปรับปรุงกระบวนการทำงานและหาแนวทางการปรับปรุง

ด้วยวิธีแนวคิดแบบลีนจะเน้นการปรับการบริหารองค์กรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยการกำหนดคุณค่าผ่านมุมมองของลูกค้า การลดกระบวนการทำงานที่ไม่สร้างมูลค่า (Waste activity) พร้อมๆการสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) ซึ่งบริษัทกรณีศึกษาผู้วิจัยได้กำหนดว่าลูกค้าของกระบวนการทำงานคือ คนที่ทำงานในกระบวนการถัดไป กล่าวคือ หากมองในมุมมองพนักงานประกอบรถยนต์ในไลน์การประกอบ พนักงานประกอบรถยนต์ต้องการได้รับชิ้นส่วนในปริมาณที่ถูกต้อง เพียงพอ ส่งตรงตามเวลาที่กำหนด ซึ่งปัจจุบันเองพนักงานขนส่งชิ้นภายในโรงประกอบก็ทำได้ดีอยู่แล้ว แต่เมื่อมองผ่านมุมมองแบบลีนในกระบวนการขนส่งจะเห็นได้ว่า มีการคัดแยกชิ้นส่วนก่อนที่จะส่งเข้าสู่ไลน์ประกอบถึงสองระดับคือ ในระดับ Skid และระดับกล่อง ก่อนที่จะถูกส่งไปยังจุดความต้องการ (Address) โดยบริษัทกรณีศึกษาต้องการตัด (Eliminate) กระบวนการคัดแยกในระดับกล่อง จากการศึกษากระบวนทำงานจะพบว่ากระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนเข้าโรงงานประกอบจะมีหน่วยงาน และกระบวนการที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก ซึ่งแนวทางในการการแก้ปัญหาในครั้งนี้จะประกอบไปด้วย 4 ส่วน ดังรูปที่ 3-8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3-8 ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

1. **ออกแบบการกระบวนการทำงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องใหม่** โดยจากการศึกษา Flow process ในปัจจุบันพบว่าต้องมีปรับปรุงในเรื่องการประสานงานระหว่างฝ่ายวางแผนการผลิต และ ฝ่ายวางแผนชิ้นส่วน โดยจากการศึกษาข้อจำกัดของโรงประกอบเป็นหลัก เนื่องจากเป็นผู้ที่รับผลกระทบโดยตรงจากการวางแผนของแผนกอื่น โดยโรงประกอบจะต้องกำหนดเส้นทางการเดินรถลากไฟฟ้า (E-car) ขนส่งชิ้นส่วนภายในใหม่ เพื่อที่จะได้ส่งข้อมูลเส้นทางเหล่านั้น กลับไปที่แผนกวางแผนชิ้นส่วน นำข้อมูลนั้นส่งต่อไปที่ Supplier เพื่อจัดชิ้นส่วนลง Skid ตามที่โรงประกอบกำหนดเพื่อลดกระบวนการคัดแยกในระดับกล่องชิ้นส่วนที่โรงประกอบ
2. **การออกแบบเส้นทางการเดินรถลากไฟฟ้า (E-car) ภายในโรงงานประกอบ** โดยการเขียนคำสั่งด้วยภาษา python ที่มีการประยุกต์หลักการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical models) ในรูปแบบปัญหา Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)
3. **ทดสอบเส้นทางการขนส่งภายในโรงงานประกอบ** จากสร้างสมการเพื่อคำนวณรอบเวลาการทำงาน (Cycle time) ของกระบวนการขนส่งชิ้นส่วน ซึ่งจะพิจารณาจากรอบเวลาการทำงานมาตรฐานของกระบวนที่บริษัทกำหนดที่ 2400 วินาที นำมาวิเคราะห์ความสามารถในการใช้งานของเส้นทางที่ถูกออกแบบมาใหม่ อีกทั้งนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับรอบเวลาการขนส่งมาตรฐานรวมกับเวลาของสินค้าคงคลังขั้นต่ำต้องไม่เกิน 4800 วินาที เพื่อแสดงว่าเส้นทางที่ออกแบบใหม่นั้นสามารถทำงานได้
4. **สรุปผลและหาข้อเสนอแนะสำหรับนำไปใช้งาน** โดยการนำเสนอผลการดำเนินงานต่างๆ และศึกษาความเป็นไปได้ในการนำงานวิจัยไปใช้จริงรวมถึงหาข้อเสนอแนะในการปรับปรุงการดำเนินงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.6 การใช้ OR-Tool ในการออกแบบเส้นทางการเดินรถลากไฟฟ้า (E-car) ภายในโรงงานประกอบ

OR-Tool เป็นซอฟต์แวร์ที่เปิดเผยหลักการ (Open-Source Software) ที่ผู้วิจัยเลือกใช้เนื่องจากมีความสะดวกในการใช้งานและสามารถนำมาพัฒนาต่อยอดได้ โดยเขียนคำสั่งด้วยภาษา Pythons ในการหาค่าที่เหมาะสมที่ที่สุด (Optimization) เพื่อออกแบบเส้นทางการขนส่งในรูปแบบปัญหา Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) เนื่องจากโรงงานประกอบมีการระบุจุดที่ต้องไปส่งตาม Address ชัดเจน รวมถึงมีจำกัดปริมาณการขนส่งของรถแต่ละคันไว้อยู่แล้ว ซึ่งการใช้ OR-tool โดยเขียนคำสั่งด้วยภาษา Python มีขั้นตอนดังนี้

1. นำเข้าอัลกอริทึมที่อยู่ Libraries จาก OR-tool โดยในรูปแบบปัญหา Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) จะใช้ routing_enums_pb2 และ pywrapcp
2. ทำการสร้างข้อมูลที่จะใช้นำเข้าไปในโมเดลซึ่งประกอบไปด้วย
    (1) ตารางระยะทางระหว่างจุดความต้องการ (Distance matrix)
    (2) ปริมาณความต้องการชิ้นส่วนในแต่ละจุดความต้องการ (Address) ที่มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร
    (3) ความจุของรถลากไฟฟ้า (E-car) แต่ละคัน (Vehicle capacities) ที่มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร
    (4) จำนวนของรถลากไฟฟ้า (E-car) ทั้งหมด (Number of vehicle) หน่วยเป็นคัน
    (5) จุดเริ่มต้นของการขนส่งซึ่งในที่นี้ถูกกำหนดที่ B-lane (Depot)
3. ทำการสร้าง Solution เพื่อแสดงผลการคำนวณในโมเดล โดยผลลัพธ์ที่ต้องการให้แสดงผลจะต้องมีดังนี้
    (1) เส้นทางการขนส่งตามลำดับจุดความต้องการ (Address)
    (2) ปริมาณชิ้นส่วนที่บรรทุกของแต่ละเส้นทาง
    (3) ผลรวมของระยะทางการเดินทางทั้งหมดของเส้นทางการขนส่ง
    (4) ผลรวมของปริมาณการขนส่งในทุกเส้นทางการขนส่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. สร้าง Routing model ซึ่งถือว่าเป็นส่วนสำคัญของโปรแกรมนี้ ที่จะใช้ในการคำนวณ โดยจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ
    (1) กำหนดข้อมูลนำเข้า เพื่อเตรียมนำเข้าโมเดล
    (2) สร้างตัวจัดการตัวกำหนดเส้นทาง (Routing index manager) จาก pywrapcp เพื่อนับจำนวนแถวใน Distance matrix โดยจะรวมจุดเริ่มต้นด้วย นับจำนวนรถลากไฟฟ้า (E-car) และ นับจำนวนจุดเริ่มต้น (Depot)
    (3) ดึง Routing model จาก pywrapcp มาใช้คำนวณเส้นทางการขนส่ง
5. สร้าง Object ที่เรียกว่า Dimension โดยต้องสร้าง Dimension เหล่านี้เพื่อตัวเรียก Data ที่นำเข้ามาใช้งานในโมเดลรูปแบบปัญหา Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) เราจะสร้าง 3 Dimension เพื่อเรียกค่ามาใช้งานดังนี้
    (1) Transit callback index โดยจะเรียกค่าระยะทางจาก Distance matrix นำมาเปรียบเทียบระยะทางระหว่างแต่ละ Address
    (2) Demand callback index คือการเรียกค่า ปริมาณความต้องการชิ้นส่วนในแต่ละ Address
    (3) AddDimensionWithVehicleCapacity คือ การเรียกค่าความจุของรถลากไฟฟ้า (E-car) แต่ละคัน
6. สร้างฟังก์ชันคำนวณต้นทุนในการขนส่งของรถลากไฟฟ้า (E-car) แต่ละคัน โดยใน Routing model จะมีฟังก์ชันการคำนวณผลรวมระยะทางเส้นทางการขนส่ง routing.SetArcCostEvaluator0fVehecle() โดยจะดึงข้อมูลจาก Transit callback index เพื่อเลือกระยะทางที่น้อยที่สุดสำหรับการขนส่งของแต่ละเส้นทาง
7. การตั้งพารามิเตอร์เพื่อใช้หาคำตอบ เนื่องจากการหาคำตอบในโมเดลนั้นอาจจะต้องใช้เวลานานในการหาคำตอบ รวมถึงมีความเป็นไปได้ที่คำตอบที่ออกมาจะไม่ได้เป็นคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นในการตั้งค่าพารามิเตอร์ในการหาคำตอบของโมเดลจะมี 3 ขั้นตอนดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(1) First solution strategy คือซึ่งเราจะตั้งค่าหาระยะทางที่สั้นที่สุดในการขนส่ง โดยใช้ PATH_CHEAPEST_ARC ซึ่งถึงเป็น Objective function ของโมเดล

(2) Local search metaheuristic เป็นการตั้งค่าหาคำตอบของโมเดลด้วย Metaheuristic ดังต่อไปนี้

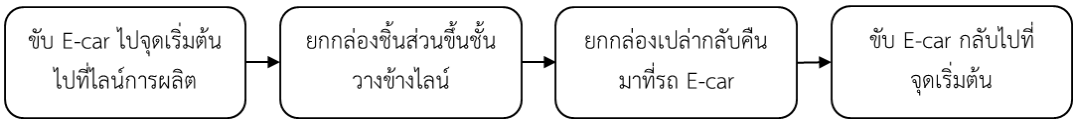
- GUIDED_LOCAL_SEARCH
- GREEDY_DESCENT
- SIMULATED_ANNEALING
- TABU_SEARCH
- GENERIC_TABU_SEARCH

(3) Time limit เป็นกำหนดเวลาในการหาคำตอบของโมเดล

8. สร้างคำสั่งเพื่อ Run model และ แสดงคำตอบของโมเดล

3.7 การทดสอบเส้นทางการขนส่งในโรงงานประกอบ

การทดสอบเส้นทางการขนส่งจะพิจารณารอบเวลาการทำงาน (Cycle time) ของกระบวนการจัดส่งชิ้นส่วนรถยนต์ โดนจะเริ่มตั้งแต่รถลากไฟฟ้า (E-car) เคลื่อนที่ออกจากจุดเริ่มต้นไปที่ไลน์การผลิตนั้นๆ จากนั้นพนักงานจะต้องทำการยกกล่องชิ้นส่วนขึ้นชั้นข้างไลน์การผลิตกล่องต่อกล่อง ในขณะเดียวกันก็ต้องยกกล่องชิ้นส่วนเปล่ากลับคืนมาด้วยเช่นกัน ทำไปเรื่อย ๆจนกว่าจะครบทุก Dolly จากนั้นก็จะขับรถลากไฟฟ้า (E-car) ที่บรรทุกกล่องเปล่ากลับมาที่จุดเริ่มต้นเช่นเดิม ดังรูปที่ 3-9



รูปที่ 3-9 กระบวนการจัดส่งชิ้นส่วนรถยนต์ภายในโรงงานประกอบ

การคำนวณรอบเวลาการทำงาน (Cycle time) ของกระบวนการจัดส่งชิ้นส่วนรถยนต์โดยพิจารณาตามสมการต่อไปนี้

กำหนดให้

S_i ระยะทางจากรวมของเส้นทางการขนส่ง (เมตร)

V ความเร็วของรถลากไฟฟ้า (E-car) (เมตรต่อวินาที)

i เลขที่ของเส้นทางการขนส่ง $i = 1,2,3 \dots I$

BP_i จำนวนกล่องชิ้นส่วนของเส้นทางการขนส่ง i (กล่อง)

EB_i จำนวนกล่องเปล่าของเส้นทางการขนส่ง i (กล่อง)

T_{BP_i} เวลาที่ใช้ยกกล่องชิ้นส่วนต่อกล่อง BP_i (วินาที)

T_{EB_i} เวลาที่ใช้ยกกล่องเปล่าต่อกล่อง EB_i (วินาที)

C_i จำนวนรถลากไฟฟ้าที่ใช้ในเส้นทางการขนส่ง i (คัน)

TR_i จำนวนรอบในการขนส่งในเส้นทางการขนส่ง i (รอบ)

CT_i รอบเวลาการทำงานของเส้นทางการขนส่ง i (วินาที)

รอบเวลาการทำงาน (Cycle time) ของกระบวนการจัดส่งชิ้นส่วนรถยนต์สามารถคำนวณได้สมการที่ 3.2 ซึ่งมีหน่วยเป็นวินาที ผลลัพธ์จากการคำนวณจะนำมาเปรียบเทียบกับรอบการทำงานที่บริษัทกรณีศึกษากำหนด บริษัทกรณีศึกษามี 24 คำสั่งซื้อต่อวัน ซึ่งกำหนดรอบการจัดส่งชิ้นส่วนรถยนต์ภายในโรงงานประกอบที่ 2400 วินาทีต่อรอบ โดยหากค่าเฉลี่ยรอบการทำงานภายใน 1 วันอยู่ภายใต้รอบการทำงานที่บริษัทกำหนด แสดงให้เห็นว่าเส้นทางการขนส่งนั้นสามารถใช้งานได้ปกติ

$$CT_i = \left[\sum_{i=1}^{I} \frac{S_i}{V} + \sum_{i=1}^{I} \frac{BP_i T_{BP_i} + EB_i T_{EB_i}}{C_i}\right] TR_i \qquad (3.2)$$

3.7.1 การเตรียมข้อมูลเพื่อสร้างปัจจัยนำเข้า (Input data) สำหรับการทดสอบ

เมื่อพิจารณาจากสมการที่ 3.2 จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่นำมาใช้ในสำหรับการคำนวณรอบเวลาการทำงาน (Cycle time) ของกระบวนการจัดส่งชิ้นส่วนรถยนต์ คือ จำนวนกล่องชิ้นส่วนของเส้นทางการขนส่ง ซึ่งจะใช้หาเวลาในการยกกล่องเข้าข้างไลน์การผลิต ซึ่งข้อมูลส่วนนี้จะเป็นปริมาณความต้องการการใช้ชิ้นส่วน (Demand) ในหน่อยกล่อง ที่นำมาจากฐานข้อมูลการสั่งซื้อชิ้นส่วน (Part ordering database) โดยแสดงตัวอย่างฐานข้อมูลตามตารางที่ 3-5 ซึ่งต้องทำการรวมจำนวนกล่องชิ้นส่วน (Box) ที่จะถูกส่งเข้าไปตามจุดความต้องการ (Address) จากข้อมูลคำสั่งซื้อ (Part ordering) โดยมีรอบคำสั่งซื้อ 24 รอบต่อวันในช่อง Order No. ของฐานข้อมูล เนื่องจากข้อมูลปริมาณความต้องการการใช้ชิ้นส่วน (Demand) รายวันมีความคงที่ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ข้อมูลทั้งหมด 7 วัน มาสร้างปัจจัยนำเข้า (Input data) สำหรับคำนวณรอบเวลาการทำงาน (Cycle time) ของแต่ละเส้นทาง

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาสมาการที่ 3.1 ซึ่งจะเป็นการคำนวณการอัตราใช้ประโยชน์ (Utilization) ของรถลากไฟฟ้า (E-car) แต่ละเส้นทางการขนส่ง โดยใช้ข้อมูลปริมาตรรวมของกล่องชิ้นส่วน (Total capacity) ในหน่อยลูกบาศก์เมตร จากฐานข้อมูลการสั่งซื้อชิ้นส่วน (Part ordering database) เทียบกับความจุรวมของรถลากไฟฟ้า (E-car) ในแต่ละเส้นทาง ซึ่งการรวมปริมาตรรวมของกล่องชิ้นส่วน (Total capacity) แต่ละจุดความต้องการ (Address) เข้าด้วยกัน จะใช้ข้อมูลทั้งหมด 7 วัน มาสร้างปัจจัยนำเข้า (Input data) เช่นเดิมเพื่อนำมาคำนวณหาจำนวนรอบในการขนส่งต่อรอบคำสั่งซื้อในหนึ่งวัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3-5 ตัวอย่างฐานข้อมูลการสั่งซื้อชิ้นส่วน (Part ordering database)

Supplier	Order Date	Order No.	Part No.	Address	Box	Capacity/Box	Total Capacity
GRT	202X0303	01	3380801800	C2	2	0.01156	0.02312
GRT	202X0303	01	3381002000	C2	2	0.02188	0.04377
GRT	202X0303	01	7770P02000	EG	1	0.01156	0.01156
GRT	202X0303	01	249KK01000	F1	1	0.01156	0.01156
CY1	202X0303	01	5150K02000	F3	2	0.01156	0.02312
BAS	202X0303	01	5210K12000	T1	6	0.06464	0.38785
GRT	202X0303	01	5B00E01000	F1	8	0.03286	0.26287
BAS	202X0303	01	779KK01000	SG	2	0.09706	0.19412
GRT	202X0303	01	7780P02000	EG	1	0.01156	0.01156
GRT	202X0303	01	3381002200	C2	5	0.01156	0.05780
NF1	202X0303	01	1190K02000	SJ	12	0.03286	0.39430
NF1	202X0303	01	1180K03000	SJ	15	0.03286	0.49288
NF1	202X0303	01	3800K03000	AX	5	0.03286	0.16429
MWT	202X0303	01	3100K12000	SJ	12	0.02188	0.26261
MWT	202X0303	01	4100K31100	FB	1	0.14559	0.14559
MWT	202X0303	01	4100K29000	FB	3	0.14559	0.43676
MWT	202X0303	01	4100K27100	FB	1	0.14559	0.14559
MWT	202X0303	01	4100K24000	FB	1	0.14559	0.14559
MWT	202X0303	01	4100K20000	FB	1	0.14559	0.14559
KC1	202X0303	01	2200215000	RSB	16	0.01736	0.27770
MWT	202X0303	01	4060K24000	FB	1	0.14559	0.14559
MWT	202X0303	01	3480K11000	SJ	3	0.04377	0.13130
MWT	202X0303	01	3100K13000	SJ	4	0.02188	0.08754
MWT	202X0303	01	3100K08000	SJ	2	0.04377	0.08754
MWT	202X0303	01	3100K01000	SJ	1	0.04377	0.04377

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.8 วิเคราะห์และสรุปผลพร้อมข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์และการสรุปผลจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนตามแนวทางการแก้ไขปัญหาดังนี้

1. สรุปผลการดำเนินงานจากการออกแบบการกระบวนการทำงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องใหม่ การออกแบบเส้นทางการเดินรถลากไฟฟ้า (E-car) โดยใช้ OR-tool และผลการทดสอบเส้นทางการขนส่งภายในแบบใหม่
2. การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำงานวิจัยไปใช้งานจริง เช่นการเตรียมความพร้อมก่อนเริ่มการปรับปรุงกระบวนการในอนาคต และแนวทางการตรวจสอบการทำงานในช่วงที่มีการปรับปรุงกระบวนการ

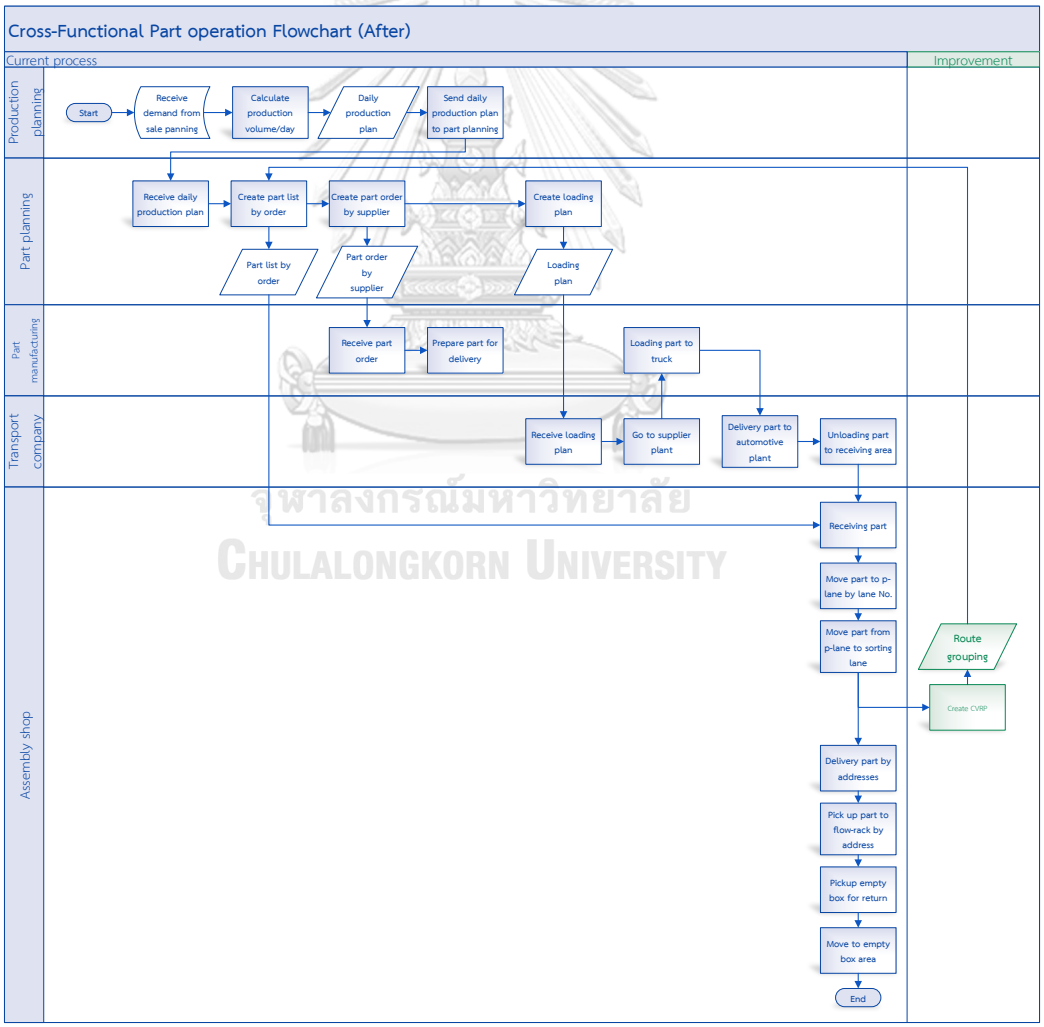
3. การเสนอแนวทางการปรับปรุงการดำเนินงานของบริษัทกรณีศึกษา เช่น การบริหารความเสี่ยงในทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง และการปรับปรุงพารามิเตอร์ในชุดคำสั่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 ออกแบบกระบวนการทำงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องใหม่

ก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงานใหม่นั้นต้องต้องมีการประชุมเพื่อเตรียมความพร้อม หาข้อตกลงร่วมกัน และศึกษาผลกระทบในแต่ละแผนก โดยในการปรับปรุงกระบวนการครั้งนี้เป็นการปรับปรุงกระบวนการระหว่างแผนก โดยการเพิ่มปัจจัยนำเข้าในเรื่องการจัดกลุ่มเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนภายในโรงประกอบเข้าไป ผู้วิจัยได้นำเสนอผลลัพธ์ด้วยแผนภูมิการกระบวนการปรับปรุงนำเข้าชิ้นส่วนดังรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 แผนภูมิการกระบวนการปรับปรุงนำเข้าชิ้น

ผลจาการออกแบบกระบวนการทำงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องใหม่ โดยผู้วิจัยพบว่ากระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนเข้าสู่ไลน์การผลิตนั้นมีหลายแผนกที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการวางแผนดังกล่าวนั้นส่งผลต่อโรงงานประกอบโดยตรง ดังนั้นก่อนที่จะมีกระบวนการวางแผนการผลิตและสร้างรายการชิ้นส่วน (Part list) โรงงานประกอบต้องกำหนดเส้นทางการขนส่งโดยจัดกลุ่มชิ้นส่วนตามจุดความต้องการ (Address) โดยรูปแบบเส้นทางการขนส่งที่ถูกออกแบบใหม่นี้จะถูกส่งไปที่แผนกวางแผนชิ้นส่วน เพื่อเป็นหนึ่งในปัจจัยนำเข้าก่อนที่จะมีการวางแผนการส่งชิ้นส่วนเข้าสู้โรงประกอบ

4.2 ผลลัพธ์จากการออกแบบเส้นทางภายในโรงงานประกอบจาก OR-tool

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเส้นทางการเดินรถลากไฟฟ้า (E-car) ภายในโรงงานประกอบโดยใช้ OR-tool ซึ่งเป็นการเขียนชุดคำสั่ง (Coding) ด้วยภาษา Phyton ผ่านโปรแกรม ANACONDA.NAVIGATTOR ในแอปพลิเคชัน Jupiter Notebook บนเครื่องคอมพิวเตอร์ Processor 2 GHz Quad-Core Intel Core i5, Memory 16 GB 3733 MHz LPDDR4X ผู้วิจัยต้องออกแบบเส้นทางการขนส่งที่ในปัจจุบันใช้รถลากไฟฟ้า (E-car) 24 คัน ขนส่งชิ้นส่วนไปยัง 27 จุดความต้องการ (Address) ทั้งหมด 20 เส้นทาง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นตามรูปที่ 4-1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```
Objective: 6620
Route for vehicle 0:
 0 Load(0) ->  15 Load(6) ->  23 Load(15) ->  0 Load(15)
Distance of the route: 340m
Load of the route: 15

Route for vehicle 1:
 0 Load(0) ->  5 Load(11) ->  3 Load(16) ->  0 Load(16)
Distance of the route: 160m
Load of the route: 16

Route for vehicle 2:
 0 Load(0) ->  21 Load(12) ->  12 Load(15) ->  0 Load(15)
Distance of the route: 810m
Load of the route: 15

Route for vehicle 3:
 0 Load(0) ->  6 Load(10) ->  4 Load(14) ->  0 Load(14)
Distance of the route: 230m
Load of the route: 14

Route for vehicle 4:
 0 Load(0) ->  19 Load(9) ->  24 Load(14) ->  0 Load(14)
Distance of the route: 860m
Load of the route: 14

Route for vehicle 5:
 0 Load(0) ->  2 Load(15) ->  0 Load(15)
Distance of the route: 200m
Load of the route: 15

Route for vehicle 6:
 0 Load(0) ->  8 Load(11) ->  16 Load(12) ->  22 Load(16) ->  0 Load(16)
Distance of the route: 600m
Load of the route: 16

Route for vehicle 7:
 0 Load(0) ->  7 Load(7) ->  18 Load(14) ->  17 Load(16) ->  0 Load(16)
Distance of the route: 800m
Load of the route: 16

Route for vehicle 8:
 0 Load(0) ->  14 Load(7) ->  25 Load(15) ->  0 Load(15)
Distance of the route: 280m
Load of the route: 15

Route for vehicle 9:
 0 Load(0) ->  26 Load(5) ->  11 Load(16) ->  0 Load(16)
Distance of the route: 820m
Load of the route: 16

Route for vehicle 10:
 0 Load(0) ->  9 Load(7) ->  13 Load(16) ->  0 Load(16)
Distance of the route: 180m
Load of the route: 16

Route for vehicle 11:
 0 Load(0) ->  20 Load(4) ->  1 Load(9) ->  10 Load(16) ->  0 Load(16)
Distance of the route: 1340m
Load of the route: 16

Total distance of all routes: 6620m
Total load of all routes: 184
```

รูปที่ 4-2 ผลลัพธ์จากการออกแบบเส้นทางภายในโรงงานประกอบจาก OR-tool

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลลัพธ์ที่ได้จากการเขียนชุดคำสั่ง (Coding) ด้วยภาษา Phyton จะมีส่วนประกอบและการตีความดังนี้

1. **Objective** คือ ระยะทางรวมของเส้นทางการขนส่งที่น้อยที่สุด
2. **Route for vehicle** คือ เส้นทางของการขนส่ง โดยจะแสดงรูปแบบดังนี้ Route for vehicle 0: จะหมายถึงเส้นทางของการขนส่งที่ 1 เรียงไปจนถึง Route for vehicle 11: หมายถึงเส้นทางของการขนส่งที่ 12 ตามลำดับ
3. **Load** คือ ลำดับของการขนส่งในแต่ละจุดความต้องการ โดยตัวอย่างของรูปแบบการแสดงผลจะเป็นดังนี้ 0 Load(0) -> 2 Load(15) -> 0 Load(15) โดยส่วนที่หนึ่งคือตัวเลขด้านหน้าคำว่า Load หมายถึงจุดที่รถขนส่งจะเดินทางไป ซึ่งจากตัวอย่างจะหมายความว่า รถจะเริ่มต้นจากจุดที่ 0 วิ่งไปที่จุดที่ 2 และวิ่งกลับมาจุดที่ 0 เป็นต้น โดยจุดส่งนี้จะสัมพันธ์ตารางระยะทางของแต่ละจุดความต้องการ (Distance matric) ที่ใส่ในชุดคำสั่งที่กำหนดไว้ว่าจุดที่ 0 ถึงจุดที่ 26 หมายถึงจุดความต้องการตามตาราง 3-1 โดยจะสอดคล้องกับจุดความต้องการ (Address) ทั้ง 27 จุดในโรงงานประกอบ และในส่วนที่สอง คือตัวเลขในวงเล็บ ( ) หลังคำว่า Load ซึ่งตัวเลขในวงเล็บจะเป็นผลรวมสะสมของความจุแต่ละจุดส่งที่ส่งเรียบร้อยแล้ว จากตัวอย่างข้างต้นสามารถตีความได้ว่า จุดส่งที่ 0 ยังไม่มีการส่งตัวเลขในวงเล็บแรกจึงเป็นศูนย์ จากนั้นรถก็วิ่งไปที่จุดส่งที่ 2 ที่ต้องส่ง 15 ลูกบาศก์เมตร และรถก็วิ่งกลับมาจุดที่ 0 ซึ่งส่งเรียบร้อยแล้วที่ 15 ลูกบาศก์เมตรตามลำดับ
4. **Distance of the route** คือ ระยะทางรวมของแต่ละเส้นทางของการขนส่งในหน่วยเมตร
5. **Load of the route** คือ ผมรวมของความจุที่ถูกขนส่งในแต่ละเส้นทางของการขนส่งในหน่วยลูกบาศก์เมตร
6. **Total distance of all routes route** คือ ระยะทางรวมของทุกเส้นทางของการขนส่งในหน่วยเมตร
7. **Total load of all routes** คือ ผมรวมของความจุทั้งหมดที่ถูกขนส่งในทุกเส้นทางของการขนส่งในหน่วยลูกบาศก์เมตร

โดยผู้วิจัยได้สรุปผลลัพธ์จากการเขียนชุดคำสั่ง (Coding) ด้วยภาษา Phyton โดยใช้ตารางระยะทางของแต่ละจุดความต้องการ (Distance matric) เพื่อแปลผลลัพธ์ออกมาเป็น

กลุ่มเส้นทางเพื่อลำดับการส่งชิ้นส่วนตามจุดความต้องการ (Address) ที่เกิดขึ้นในโรงประกอบ ระยะทางของแต่ละเส้นทาง (Distance) ปริมาณความจุของการขนส่งในแต่ละเส้นทาง (Loading) และจำนวนจุดส่งสูงที่สุดในแต่ละเส้นทาง (Delivery point) ตามตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ตารางสรุปผลลัพธ์จากการออกแบบเส้นทางภายในโรงงานประกอบจาก OR-tool

Search_parameters	GUIDED_LOCAL_SEARCH
Run time	60 sec
Objective	6460
Max dilivery point	3
Average distance	538
Max distance per route	1320

Route No.	Route name	Sequence	Seq.1	Seq.2	Seq.3	Seq.4	Seq.5	Distance	Loading	Delivery Point
1	A	0 Load(0) -> 20 Load(4) -> 1 Load(9) -> 14 Load(16) -> 0 Load(16)	B-Lane	T2	RSB	SX	B-Lane	1320	16	3
2	B	0 Load(0) -> 19 Load(9) -> 18 Load(16) -> 0 Load(16)	B-Lane	FB	FA	B-Lane		920	16	2
3	C	0 Load(0) -> 21 Load(12) -> 17 Load(14) -> 16 Load(15) -> 0 Load(15)	B-Lane	F1	EG	C2	B-Lane	840	15	3
4	D	0 Load(0) -> 26 Load(5) -> 11 Load(16) -> 0 Load(16)	B-Lane	C1	SJ	B-Lane		820	16	2
5	E	0 Load(0) -> 4 Load(4) -> 22 Load(8) -> 25 Load(16) -> 0 Load(16)	B-Lane	SC	F3	F2	B-Lane	580	16	3
6	F	0 Load(0) -> 5 Load(11) -> 24 Load(16) -> 0 Load(16)	B-Lane	SD	AX	B-Lane		500	16	2
7	G	0 Load(0) -> 15 Load(6) -> 23 Load(15) -> 0 Load(15)	B-Lane	SY	T1	B-Lane		340	15	2
8	H	0 Load(0) -> 8 Load(11) -> 12 Load(14) -> 0 Load(14)	B-Lane	SG	SK	B-Lane		290	14	2
9	I	0 Load(0) -> 10 Load(7) -> 13 Load(16) -> 0 Load(16)	B-Lane	SI	SW	B-Lane		240	16	2
10	J	0 Load(0) -> 6 Load(10) -> 3 Load(15) -> 0 Load(15)	B-Lane	SE	SB	B-Lane		220	15	2
11	K	0 Load(0) -> 2 Load(15) -> 0 Load(15)	B-Lane	SA	B-Lane			200	15	1
12	L	0 Load(0) -> 9 Load(7) -> 7 Load(14) -> 0 Load(14)	B-Lane	SH	SF	B-Lane		190	14	2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

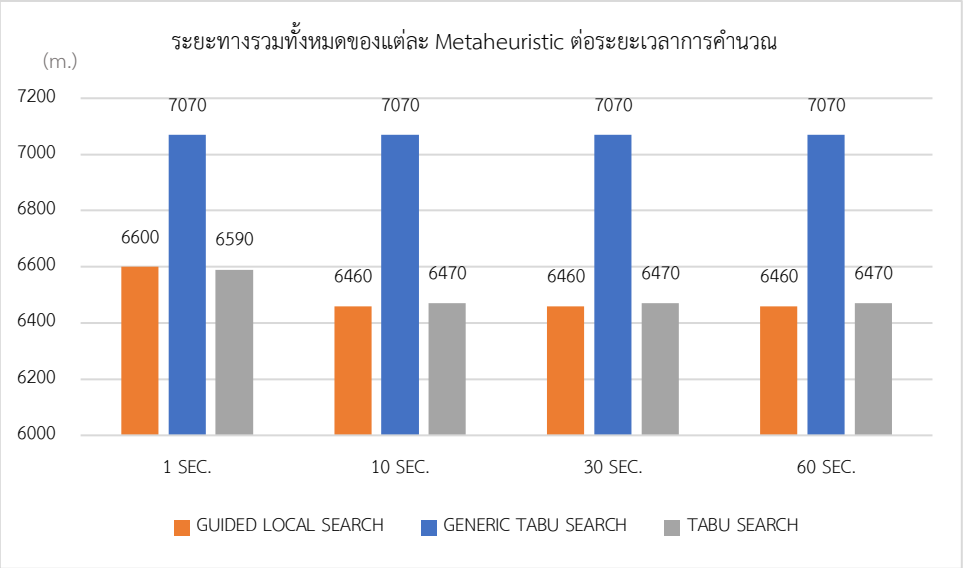
4.3 ทดสอบเส้นทางการเดินรถลากไฟฟ้า (E-car) ภายในโรงงานประกอบโดยใช้ OR-tool

ผลลัพธ์จากการคำนวณด้วย OR-tool จะแสดงระยะทางรวมทั้งหมดของทุกๆ เส้นทางการขนส่ง ลำดับการขนส่งจากจุดเริ่มต้นจนถึงปลายทางของรถลากไฟฟ้า (E-car) แต่ละคัน ระยะทางรวมของแต่ละเส้นทางการขนส่ง ความจุที่ใช้ในแต่ละจุดความต้องการ (Address) และผลรวมความจุในแต่ละเส้นทางการขนส่ง ตามรูปที่ 4-2 โดยผู้วิจัยได้สร้างตารางที่ 4-2 เพื่อเก็บข้อมูลและนำมาพิจารณาตามรูปแบบของ Metaheuristic และระยะเวลาในการรันโปรแกรมตามหัวข้อต่างๆดังนี้

1. ระยะทางรวมของการเส้นทางทั้งหมด
2. จำนวนจุดการส่งที่มากที่สุดในแต่ละเส้นทางการขนส่ง
3. ระยะทางเฉลี่ยของแต่ละเส้นทางการขนส่ง
4. ระยะทางที่มากที่สุดในการขนส่ง

4.4 ผลการทดสอบเรื่องระยะทางรวมของเส้นทางทั้งหมด

จากรูปที่ 4-3 การใช้ Metaheuristic รูปแบบ Guided Local Search ให้ผลรวมของระยะทางที่น้อยที่สุดคือ 6460 เมตรในทุกระยะเวลาในการรันโปรแกรม ในขณะเดียวกัน Tabu Search ให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกันกับ Guided Local Search นั้นคือ 6470 เมตรในทุกระยะเวลาในการรันโปรแกรมเช่นกัน แต่รูปแบบ Genetic Tabu Search ให้ระยะทางรวมสูงสุดคือ 7070 ซึ่งทุกระยะเวลาในการรันนั้นให้ผลลัพธ์ที่เท่านั้น

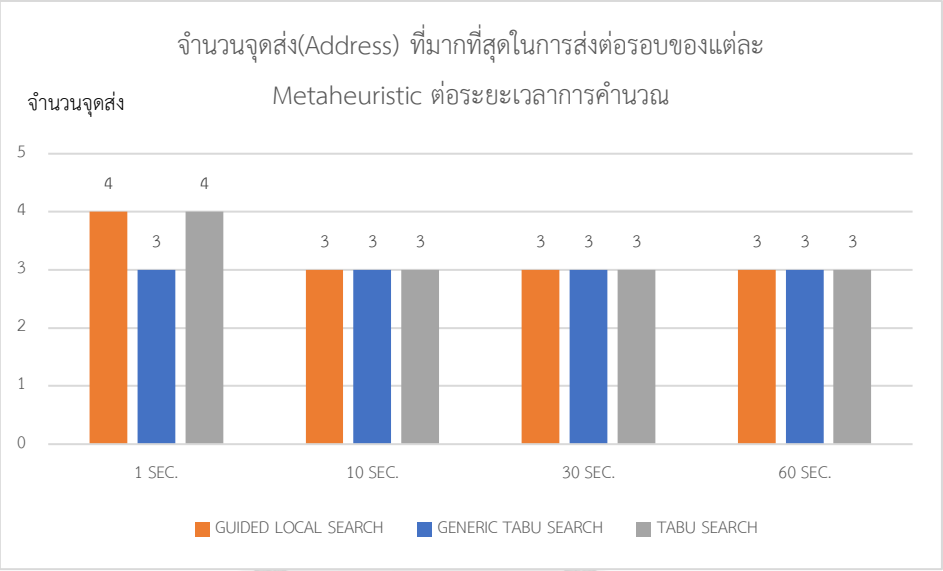


รูปที่ 4-3 แผนภูมิระยะทางรวมทั้งหมดของแต่ละ Metaheuristic ต่อระยะเวลาการคำนวณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.5 ผลการทดสอบจำนวนจุดส่ง (Address) ในแต่ละเส้นทางการขนส่ง

จำนวนจุดส่งเป็นหนึ่งในปัจจัยที่นำมาพิจารณา เนื่องจากในการขนส่งชิ้นส่วนหากจุดความต้องการต่างมีหลายจุดก็จะส่งผลทำให้เวลาในการปฏิบัติงานมากขึ้น ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องพิจารณาจำนวนจุดส่งที่มากที่สุดด้วย ซึ่งจากรูปที่ 4-4 ผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าในทุกๆ Metaheuristic ทุกๆรูปแบบเมื่อระยะเวลาการรันโปรแกรมยิ่งมากขึ้นผลลัพธ์ของจำนวนจุดส่งที่มากที่สุดคือ 3 จุดส่ง (Address) เท่านั้น

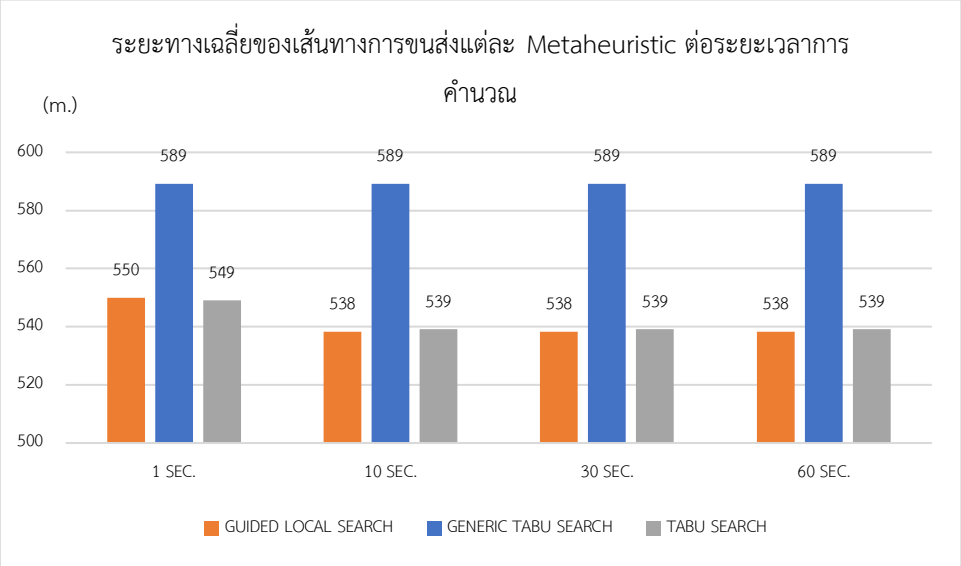


รูปที่ 4-4 แผนภูมิจำนวนจุดส่ง (Address) ที่มากที่สุดในการส่งต่อรอบของแต่ละ Metaheuristic ต่อระยะเวลาการคำนวณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.6 ผลการทดสอบระยะทางเฉลี่ยของแต่ละเส้นทางการขนส่ง

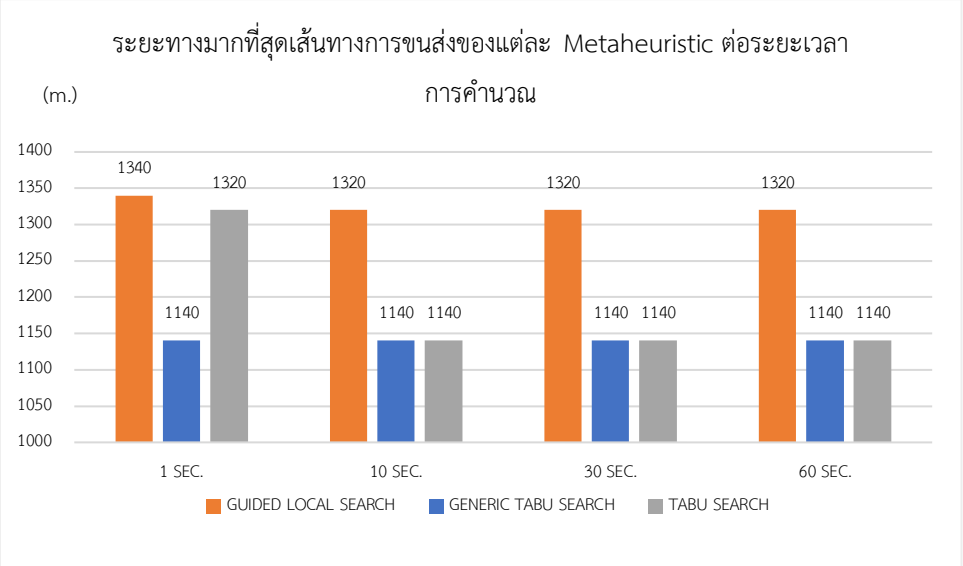
เพื่อให้เห็นภาพรวมของระยะการขนส่งในจากทุก Metaheuristic ตามรูปที่ 4-5 เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยระยะทางการขนส่งในทุกรูปแบบ Metaheuristic ในแต่ละระยะเวลาในรันโปรแกรมซึ่งจะเห็นได้ว่า เมื่อระยะการรันโปรแกรมมากขึ้นระยะทางเฉลี่ยในการขนส่งก็มีแนวโน้นลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยรูปแบบ Guided Local Search และ Tabu Search ให้ผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยระยะการขนส่งที่ใกล้เคียงกันคือ 538 เมตร และ 539 เมตร ตามลำดับ แต่ในขณะเดียวกันรูปแบบ Genetic Tabu Search ผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยระยะการขนส่งเท่าทุกในทุกๆระยะเวลาการรันโปรแกรมอคือ 589 เมตร



รูปที่ 4-5 แผนภูมิระยะทางเฉลี่ยของเส้นทางการขนส่งแต่ละ Metaheuristic ต่อระยะเวลาการคำนวณ

4.7 ผลการทดสอบระยะทางที่มากที่สุดในการขนส่ง

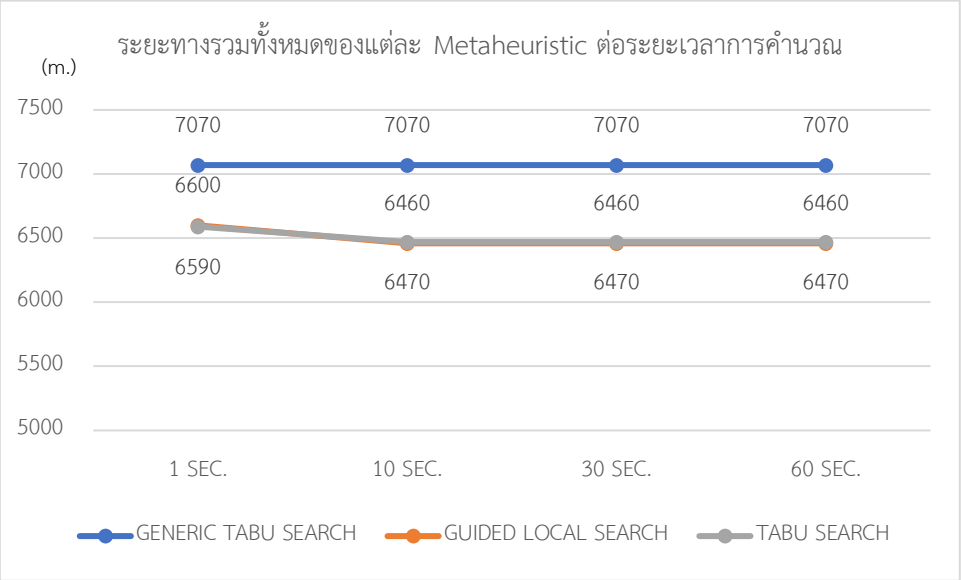
จากรูปที่ 4-6 เมื่อพิจารณาระยะทางที่มากที่สุดในทุกรูปแบบ Metaheuristic ในแต่ละระยะเวลาในรันโปรแกรมซึ่งจะเห็นได้ว่า เมื่อระยะการรันโปรแกรมมากขึ้นระยะทางที่มากที่สุดในการขนส่งก็มีแนวโน้นลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะรูปแบบ Guided Local Search และ Tabu Search ให้ผลลัพธ์ระยะทางที่มากที่สุดในการขนส่งที่มีแนวโน้มลดลงโดนระยะการรันโปรแกรมที่ 60 วินาที ซึ่งได้ระยะทางที่มากที่สุดเท่ากับ 1320 เมตร และ 1140 เมตร ตามลำดับ แต่ในขณะเดียวกันการรัน Metaheuristic ในรูปแบบ Genetic Tabu Search จะให้ให้ระยะทางทางที่มากที่สุดในการขนส่งน้อยที่สุดคือ 1140 เมตร ในทุกๆระยะเวลาในการรันโปรแกรม ซึ่งจะเท่ากับการรันในรูปแบบ Tabu Search ในระยะเวลาการรันโปรแกรมที่ 10 วินาทีเป็นต้นไป



รูปที่ 4-6 แผนภูมิระยะทางมากที่สุดเส้นทางการขนส่งของแต่ละ Metaheuristic ต่อระยะเวลาการคำนวณ

4.8 ผลการออกแบบเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนภายในโรงงาน

ผลการคำนวณด้วย Metaheuristic ในรูปแบบต่างๆด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกันออกไปจะโดยเมื่อระยะเวลาในการคำนวณมากขึ้นผลลัพธ์จะเริ่มคงที่ซึ่ง พิจารณาจากปัจจัยระยะเวลาการคำนวณที่ 60 วินาที จะเห็นได้ว่าให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในทุกรูปแบบ Metaheuristic ตามรูปที่ 4-7



รูปที่ 4-7 ระยะทางรวมทั้งหมดของแต่ละ Metaheuristic ต่อระยะเวลาการคำนวณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อเลือกระยะเวลาการคำนวณที่เหมาะสมแล้ว ถัดไปจะทำการเลือกผลการออกแบบเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนตามรูปแบบ Metaheuristic ที่ใช้ในการคำนวณที่ดีที่สุดตามเงื่อนไขที่ได้ทำการศึกษาทั้ง 4 ปัจจัยดังนี้

1. ระยะทางรวมของการเส้นทางทั้งหมดที่น้อยที่สุด
2. จำนวนจุดการส่งที่น้อยที่สุดในแต่ละเส้นทางการขนส่ง
3. ระยะทางเฉลี่ยของแต่ละเส้นทางการขนส่งที่น้อยที่สุด
4. ระยะทางที่มากที่สุดในการขนส่ง

โดยนำผลลัพธ์ของแต่ละปัจจัยมาเรียงลำดับความสำคัญ (Priority) เพื่อให้คะแนน (0,1,2) เปรียบเทียบว่า Metaheuristic รูปแบบใดได้คะแนนมากที่สุดเพื่อเลือก Metaheuristic ที่เหมาะสมที่สุดในการคำนวณนั้นคือรูปแบบ GUIDED LOCAL SEARCH ที่เวลาคำนวณ 60 วินาที ตามตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์การคำนวณของแต่ละ Metaheuristic

Factor	GENERIC TABU SEARCH	GUIDED LOCAL SEARCH	TABU SEARCH
Total distance	7070	**6460**	6470
Max delivery point	3	**3**	3
Average distance	589	**538**	539
Max distance per route	1140	**1320**	1140
Summary score	4	**7**	6

การออกแบบเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนด้วย OR-tool โดยใช้ Metaheuristic รูปแบบ GUIDED LOCAL SEARCH ที่ระยะเวลาการคำนวณ 60 วินาทีได้ผลลัพธ์ดังนี้ ตามรูปที่ 4-8

Search_parameters	GUIDED_LOCAL_SEARCH
Run time	60 sec
Objective	6460
Max dilivery point	3
Average distance	538.3333333
Max distance per route	1320

Route No.	Route name	Sequence	Seq.1	Seq.2	Seq.3	Seq.4	Seq.5	Distance	Loading	Delivery Point
1	A	0 Load(0) -> 20 Load(4) -> 1 Load(9) -> 14 Load(16) -> 0 Load(16)	B-Lane	T2	RSB	SX	B-Lane	1320	16	3
2	B	0 Load(0) -> 19 Load(9) -> 18 Load(16) -> 0 Load(16)	B-Lane	FB	FA	B-Lane		920	16	2
3	C	0 Load(0) -> 21 Load(12) -> 17 Load(14) -> 16 Load(15) -> 0 Load(15)	B-Lane	F1	EG	C2	B-Lane	840	15	3
4	D	0 Load(0) -> 26 Load(5) -> 11 Load(16) -> 0 Load(16)	B-Lane	C1	SJ	B-Lane		820	16	2
5	E	0 Load(0) -> 4 Load(4) -> 22 Load(8) -> 25 Load(16) -> 0 Load(16)	B-Lane	SC	F3	F2	B-Lane	580	16	3
6	F	0 Load(0) -> 5 Load(11) -> 24 Load(16) -> 0 Load(16)	B-Lane	SD	AX	B-Lane		500	16	2
7	G	0 Load(0) -> 15 Load(6) -> 23 Load(15) -> 0 Load(15)	B-Lane	SY	T1	B-Lane		340	15	2
8	H	0 Load(0) -> 8 Load(11) -> 12 Load(14) -> 0 Load(14)	B-Lane	SG	SK	B-Lane		290	14	2
9	I	0 Load(0) -> 10 Load(7) -> 13 Load(16) -> 0 Load(16)	B-Lane	SI	SW	B-Lane		240	16	2
10	J	0 Load(0) -> 6 Load(10) -> 3 Load(15) -> 0 Load(15)	B-Lane	SE	SB	B-Lane		220	15	2
11	K	0 Load(0) -> 2 Load(15) -> 0 Load(15)	B-Lane	SA	B-Lane			200	15	1
12	L	0 Load(0) -> 9 Load(7) -> 7 Load(14) -> 0 Load(14)	B-Lane	SH	SF	B-Lane		190	14	2

รูปที่ 4-8 กลุ่มเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนใหม่

เมื่อมีการนำเส้นทางสร้างในแผนผังโรงงานเพื่อแสดงให้เห็นเส้นทางการขนส่งตามจุดความต้องการ (Address) โดยที่จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดจะอยู่ที่ B-lane เสมอตามเส้นสีฟ้า เช่น เส้นทาง G มีจุดส่งที่ T2 และ SY ตามรูปที่ 4-9 หรือ เส้นทาง F มีจุดส่งที่ SD และ SX ตามรูปที่ 4-10 เป็นต้น

รูปที่ 4-9 เส้นทาง G จุดส่ง T2 และ SY

รูปที่ 4-10 เส้นทาง F จุดส่ง SD และ SX

4.9 ผลการทดสอบเส้นทางการขนส่งภายในโรงงานประกอบ

เมื่อได้ผลลัพธ์จากการออกแบบเส้นทางการขนส่งมาแล้วก็จะนำมาทดสอบการทำงานของเส้นทางใหม่ โดยพิจารณาจากการคำนวณรอบเวลาการทำงาน (Cycle time) ของแต่ละเส้นทาง จากสมการที่ 3.2

โดยกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ดังนี้

S_i ระยะทางจากรวมของแต่ละเส้นทางการขนส่งผลลัพธ์ตามรูปที่ 4-8

V ความเร็วของรถลากไฟฟ้า (E-car) เท่ากับ 1.97 เมตรต่อวินาที

i เลขที่ของเส้นทางการขนส่ง ตามรูปที่ 4-8

BP_i จำนวนกล่องชิ้นส่วนของเส้นทางการขนส่ง ตามตารางที่ 4-3

EB_i จำนวนกล่องเปล่าเท่ากับ 20% ของ BP_i

T_{BP_i} เวลาที่ใช้ยกกล่องชิ้นส่วนต่อกล่อง BP_i เท่ากับ 10 วินาทีต่อกล่อง

T_{EB_i} เวลาที่ใช้ยกกล่องเปล่าต่อกล่อง EB_i เท่ากับ 5 วินาทีต่อกล่อง

C_i จำนวนรถลากไฟฟ้าที่ใช้ในเส้นทางการขนส่งเท่ากับ 2 คัน

TR_i จำนวนรอบในการขนส่งในเส้นทางการขนส่งตามตารางที่ 4-4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อพิจารณาการคำนวณรอบเวลาการทำงาน (Cycle time) ของแต่ละเส้นทาง ข้อมูลที่ต้องเตรียมสำหรับการคำนวณคือ จำนวนกล่องชิ้นส่วนที่พนักงานต้องยกในแต่ละจุดความต้องการ (Address) ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลคำสั่งซื้อ (Part ordering) ตามตารางที่ 4-3 จากแผนกวางแผนชิ้นส่วน (Part planning) โดยมีการแสดงข้อมูลวันที่วันที่ชิ้นส่วนมาถึง (Order date) รอบของคำสั่งซื้อ (Order No.) รหัสชิ้นส่วน (Part No.) จุดความต้องการ (Address) จำนวนกล่องของชิ้นส่วนที่สั่งซื้อ (Box) ปริมาตรความจุของกล่อง (Capacity/Box) ในหน่วยลูกบาศก์เมตร และปริมาตรรวมของกล่องชิ้นส่วน (Total capacity) ในหน่วยลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4-3 ตัวอย่างข้อมูลคำสั่งซื้อ (Part ordering)

Supplier	Order Date	Order No.	Part No.	Address	Box	Capacity/Box	Total Capacity
GRT	202X0303	01	3380801800	C2	2	0.01156	0.02312
GRT	202X0303	01	3381002000	C2	2	0.02188	0.04377
GRT	202X0303	01	7770P02000	EG	1	0.01156	0.01156
GRT	202X0303	01	249KK01000	F1	1	0.01156	0.01156
CY1	202X0303	01	5150K02000	F3	2	0.01156	0.02312
BAS	202X0303	01	5210K12000	T1	6	0.06464	0.38785
GRT	202X0303	01	5B00E01000	F1	8	0.03286	0.26287
BAS	202X0303	01	779KK01000	SG	2	0.09706	0.19412
GRT	202X0303	01	7780P02000	EG	1	0.01156	0.01156
GRT	202X0303	01	3381002200	C2	5	0.01156	0.05780
NF1	202X0303	01	1190K02000	SJ	12	0.03286	0.39430
NF1	202X0303	01	1180K03000	SJ	15	0.03286	0.49288
NF1	202X0303	01	3800K03000	AX	5	0.03286	0.16429
MWT	202X0303	01	3100K12000	SJ	12	0.02188	0.26261
MWT	202X0303	01	4100K31100	FB	1	0.14559	0.14559
MWT	202X0303	01	4100K29000	FB	3	0.14559	0.43676
MWT	202X0303	01	4100K27100	FB	1	0.14559	0.14559
MWT	202X0303	01	4100K24000	FB	1	0.14559	0.14559
MWT	202X0303	01	4100K20000	FB	1	0.14559	0.14559
KC1	202X0303	01	2200215000	RSB	16	0.01736	0.27770
MWT	202X0303	01	4060K24000	FB	1	0.14559	0.14559
MWT	202X0303	01	3480K11000	SJ	3	0.04377	0.13130
MWT	202X0303	01	3100K13000	SJ	4	0.02188	0.08754
MWT	202X0303	01	3100K08000	SJ	2	0.04377	0.08754
MWT	202X0303	01	3100K01000	SJ	1	0.04377	0.04377

การรวมจำนวนกล่องชิ้นส่วน (Box) ที่จะถูกส่งเข้าไปตามจุดความต้องการ (Address) จากข้อมูลคำสั่งซื้อ (Part ordering) พบว่ามี 24 รอบคำสั่งซื้อต่อวัน ซึ่งผู้วิจัยใช้ข้อมูลทั้งหมด 7 วัน เพื่อนำมาทดสอบการคำนวณรอบเวลาการทำงาน (Cycle time) ของแต่ละเส้นทาง โดยแสดงตัวอย่างจำนวนกล่องชิ้นส่วนตามจุดความต้องการ (Address) แต่ละคำสั่งซื้อต่อวัน ตามตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ตัวอย่างจำนวนกล่องชิ้นส่วนตามจุดความต้องการ (Address) แต่ละคำสั่งซื้อต่อวัน (กล่อง)

Route No.	Route Name	Address	จำนวนกล่องชิ้นส่วนตามจุดความต้องการ (Address) แต่ละคำสั่งซื้อต่อวัน (กล่อง)																							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	A	T2	24	9	30	35	17	17	20	49	39	14	32	77	27	10	41	40	17	22	25	76	24	18	18	83
1	A	RSB	52	40	31	45	36	21	36	60	39	37	60	22	51	20	40	47	46	20	36	64	30	57	32	11
1	A	SX	104	52	55	60	98	45	62	54	95	61	102	49	64	46	56	59	144	38	54	52	62	59	94	46
2	B	FB	49	61	93	37	71	110	38	46	183	56	80	77	32	28	63	35	99	117	63	14	157	66	18	128
2	B	FA	70	117	48	72	10	39	51	19	61	132	29	17	44	95	32	85	49	27	56	20	15	136	22	21
3	C	F1	84	121	67	117	151	101	105	96	70	101	140	109	101	130	101	88	101	83	98	144	90	115	162	62
3	C	EG	11	8	40	24	1	6	31	5	6	15	26	5	13	3	25	27	1	5	55	5	1	17	13	29
3	C	C2	0	0	2	27	4	3	1	0	2	22	0	5	0	0	4	27	2	2	1	0	3	22	0	2
4	D	C1	60	28	41	56	36	27	19	26	26	46	33	56	27	44	46	26	43	37	21	40	19	50	34	24
4	D	SJ	119	128	96	85	117	62	89	105	107	53	136	91	87	121	111	109	78	87	92	118	93	105	100	61
5	E	SC	30	39	32	41	36	36	35	67	31	42	56	44	34	30	38	42	36	34	30	48	26	30	64	54
5	E	F3	22	38	36	27	22	43	44	46	41	33	21	71	20	18	42	54	18	50	36	48	50	32	16	42
5	E	F2	65	41	78	58	71	123	78	57	62	48	52	66	65	66	93	58	62	102	80	43	90	73	86	52
6	F	SD	71	84	74	133	72	95	100	106	67	88	65	117	57	103	72	97	70	82	87	108	77	70	72	155
6	F	AX	35	70	1	46	2	52	26	75	12	50	4	57	23	63	3	47	15	47	40	84	0	56	3	81
7	G	SY	60	52	48	62	62	58	64	56	40	59	42	60	64	50	44	62	46	58	54	58	50	60	44	48
7	G	T1	78	92	100	48	100	30	132	73	42	58	122	48	108	82	81	86	76	50	129	86	36	36	91	38
8	H	SG	76	76	85	90	124	64	97	122	92	92	117	138	78	105	104	90	116	82	92	86	98	96	102	100
8	H	SK	19	26	18	16	18	42	14	41	18	40	22	19	20	26	22	28	29	40	24	28	16	33	16	26
9	I	SI	57	64	100	65	59	63	57	65	60	55	75	62	56	59	104	56	71	75	58	53	66	60	108	64
9	I	SW	86	134	82	66	101	86	69	64	86	96	122	60	81	96	75	70	98	130	94	47	79	78	106	52
10	J	SE	93	82	127	121	107	82	83	90	98	74	119	116	87	76	103	116	88	88	119	119	95	68	99	120
10	J	SB	33	39	32	77	61	39	67	30	34	76	32	34	34	32	34	45	41	31	29	48	32	69	31	38
11	K	SA	160	153	73	103	148	155	168	133	105	136	95	100	195	170	135	104	124	154	114	103	152	154	187	130
12	L	SH	63	71	66	56	50	65	88	85	93	73	41	45	53	72	74	62	73	50	82	74	109	77	48	34
12	L	SF	72	48	74	30	40	66	38	0	31	19	20	118	78	54	72	18	0	74	41	0	31	20	22	121

ข้อมูลปริมาตรรวมของกล่องชิ้นส่วน (Total capacity) จากตารางที่ 4-3 ผู้วิจัยได้ทำการรวมปริมาตรของกล่องชิ้นส่วน (Total capacity) แต่ละจุดความต้องการ (Address) เข้าด้วยกัน รวมไปถึงการใส่ข้อมูลการออกแบบเส้นทางใหม่เพิ่มเข้าไปด้วย ตามตารางที่ 4-5 เพื่อนำมาคำนวณหาจำนวนรอบในการขนส่งต่อรอบคำสั่งซื้อในหนึ่งวัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-5 ตัวอย่างความจุตามจุดความต้องการ (Address) ตามคำสั่งซื้อต่อวัน (ลูกบาศก์เมตร)

Route No.	Route Name	Address	ความจุที่ต้องใช้เพื่อขนส่งไปตามจุดความต้องการ (Address) ตามคำสั่งซื้อต่อวัน (ลูกบาศก์เมตร)																							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	A	T2	3.15	1.18	3.34	4.60	2.23	2.23	2.63	6.44	4.71	1.53	3.42	5.22	2.76	0.79	4.73	4.47	1.47	2.04	1.80	7.83	1.97	1.51	1.28	9.81
1	A	RSB	6.82	6.01	3.81	5.91	4.73	2.80	4.73	4.61	4.51	4.38	6.43	1.84	5.19	2.23	2.62	4.86	4.19	1.42	3.41	8.24	2.75	5.39	2.10	1.04
1	A	SX	9.79	6.83	7.23	7.24	12.88	5.91	8.15	5.40	11.15	4.91	10.38	3.22	5.13	3.55	3.87	4.40	15.66	2.50	3.90	3.81	4.67	4.86	8.94	3.42
2	B	FB	6.07	6.94	12.22	4.86	9.33	14.09	4.04	4.84	23.50	7.20	10.07	9.20	3.29	2.76	7.23	3.81	11.96	14.85	7.36	0.92	19.72	6.66	1.45	16.03
2	B	FA	8.74	9.50	6.31	9.46	1.31	5.13	6.70	2.50	7.74	17.11	3.29	1.51	5.26	11.96	3.75	10.16	5.91	3.09	6.83	1.86	1.51	16.30	2.37	1.91
3	C	F1	11.04	15.90	8.81	10.82	19.85	10.45	13.08	12.21	7.55	12.29	15.48	10.96	11.04	14.46	10.51	8.67	9.86	8.01	9.32	15.03	8.28	11.17	15.38	4.96
3	C	EG	1.45	1.05	5.26	2.91	0.13	0.79	3.71	0.66	0.75	1.97	3.35	0.66	1.71	0.39	3.09	3.17	0.13	0.66	6.14	0.55	0.13	2.17	1.71	3.61
3	C	C2	0.00	0.00	0.26	2.49	0.53	0.39	0.01	0.00	0.26	2.89	0.00	0.66	0.00	0.00	0.53	3.55	0.26	0.26	0.13	0.00	0.39	2.89	0.00	0.26
4	D	C1	7.82	3.65	3.53	7.36	4.73	3.55	2.50	3.42	2.94	5.53	3.94	5.35	2.63	4.86	4.93	3.22	4.27	3.88	1.84	4.21	2.17	5.26	3.29	2.04
4	D	SJ	15.64	16.82	6.61	8.51	15.38	8.15	11.46	13.80	11.97	6.35	12.68	7.82	10.51	11.04	10.84	8.97	9.27	7.75	7.89	10.91	10.51	9.13	9.19	5.85
5	E	SC	3.94	5.13	4.21	5.39	4.73	4.73	4.60	7.84	3.04	3.07	5.78	3.75	2.23	1.97	2.63	3.55	2.37	2.30	1.97	3.94	1.84	1.97	5.78	5.19
5	E	F3	2.88	4.99	4.73	3.55	2.89	5.65	5.78	5.79	4.77	3.92	1.94	6.35	1.58	1.71	4.47	5.63	1.58	4.99	3.68	4.17	5.65	2.37	1.05	4.91
5	E	F2	8.43	4.84	10.25	7.62	9.33	16.17	10.25	7.46	6.98	4.87	4.99	5.52	6.44	5.91	8.54	5.01	4.96	10.91	6.15	3.42	7.75	6.83	6.83	5.13
6	F	SD	8.19	11.04	8.67	17.48	9.05	12.22	13.02	13.93	7.60	10.40	6.44	13.01	5.65	11.30	7.49	10.38	6.97	9.20	9.07	11.89	8.15	6.97	7.49	15.38
6	F	AX	4.60	9.20	0.13	5.55	0.26	6.83	3.42	9.86	1.58	6.57	0.53	7.49	3.02	8.28	0.39	5.49	1.97	5.83	3.34	10.35	0.00	6.05	0.39	9.99
7	G	SY	7.89	6.83	6.31	8.15	8.15	7.62	8.41	6.81	3.88	6.00	2.76	4.47	5.13	3.81	2.89	4.86	3.02	4.06	4.47	4.06	3.29	4.21	2.89	3.15
7	G	T1	7.79	12.09	11.54	6.31	13.14	3.94	17.35	9.59	5.18	7.14	15.84	5.39	13.41	9.99	9.10	9.29	9.05	5.78	14.20	9.01	3.29	3.35	8.45	4.72
8	H	SG	9.54	7.88	11.17	11.83	16.30	8.41	11.17	16.03	10.65	10.65	10.34	14.98	7.49	8.63	10.65	8.67	11.15	6.83	6.68	8.02	8.67	8.45	8.24	12.17
8	H	SK	1.58	3.42	2.37	2.10	2.37	5.52	1.84	5.39	1.82	4.71	2.35	1.58	1.71	2.76	1.84	2.63	2.50	4.73	1.53	2.55	1.05	4.12	1.71	3.83
9	I	SI	8.79	7.86	13.14	8.54	7.75	8.28	7.49	8.54	6.03	5.34	10.22	4.47	3.68	3.88	9.73	3.68	5.45	5.98	3.81	3.48	4.34	4.01	9.71	4.91
9	I	SW	10.71	16.81	10.78	8.67	13.27	11.30	9.07	8.41	9.21	10.90	13.81	3.94	7.03	8.94	5.91	4.60	9.29	13.01	7.55	3.09	5.72	6.70	9.59	6.90
10	J	SE	10.76	10.78	16.69	13.78	14.06	10.78	10.91	11.83	9.92	7.18	15.16	9.47	7.03	4.99	7.51	8.81	6.31	6.05	8.96	10.32	7.10	4.47	7.45	17.38
10	J	SB	4.34	5.13	4.21	8.65	8.02	5.01	8.69	3.26	3.30	6.39	2.10	2.23	2.23	2.10	2.37	4.01	2.76	2.04	1.97	3.68	2.10	7.23	2.10	3.56
11	K	SA	16.52	17.46	9.59	13.54	19.45	18.80	22.08	17.48	12.15	15.71	9.20	9.46	21.95	18.72	14.06	10.38	12.73	14.59	10.43	8.25	15.44	14.46	16.63	8.87
12	L	SH	8.28	9.33	5.37	7.36	6.57	8.54	10.73	10.88	10.71	8.25	3.09	2.96	4.67	7.16	7.16	5.78	5.85	3.94	8.21	7.49	11.63	6.93	3.68	2.23
12	L	SF	9.46	6.31	6.37	3.94	5.26	8.67	4.51	0.00	4.07	2.50	2.63	15.51	10.25	7.10	9.46	2.37	0.00	9.73	5.39	0.00	4.07	2.63	2.89	14.50

เนื่องจากรถลากไฟฟ้า (E-car) ปริมาตรความจุสูงสุดที่ 8 ลูกบาศก์เมตรต่อการขนส่งหนึ่งรอบ ฉะนั้นการรวมความจุตามจุดความต้องการ (Address) ตามเส้นทางที่ถูกออกแบบใหม่ต่อรอบคำสั่งซื้อจะนำมาหารกับปริมาตรความจุสูงสุดของรถลากไฟฟ้า (E-car) เพื่อนำพิจารณาว่าเส้นทางที่ถูกออกแบบใหม่นั้นจะต้องใช้รถลากไฟฟ้า (E-car) วิ่งกี่รอบต่อรอบคำสั่งซื้อ ซึ่งแสดงผลตามตารางที่ 4-6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4-6 ตัวอย่างจำนวนรอบในการขนส่งของเส้นทางการขนส่งแต่ละคำสั่งซื้อต่อวัน (รอบ)

Route Name	จำนวนรอบในการขนส่งของเส้นทางการขนส่งแต่ละคำสั่งซื้อต่อวัน (รอบ)																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2	3	2	2	1	2	2	3	1	2	3	2	2	2	2
B	2	3	3	2	2	3	2	1	4	4	2	2	2	2	2	2	3	3	2	1	3	3	1	3
C	2	3	2	3	3	2	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2
D	3	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
E	2	2	3	3	3	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
F	2	3	2	3	2	3	3	3	2	3	1	3	2	3	1	2	2	2	2	3	2	2	1	4
G	2	3	3	2	3	2	4	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2	1	1	2	1
H	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
I	3	4	3	3	3	3	3	3	2	3	4	2	2	2	2	2	2	3	2	1	2	2	3	2
G	2	2	3	3	3	2	3	2	2	2	3	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
K	3	3	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2
L	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	1	3	2	2	3	2	1	2	2	1	2	2	1	3

การทดสอบรอบเวลาการทำงาน (Cycle time) จะใช้ 4,536 ความต้องการ (Demand) จาก 27 จุดความต้องการ (Address) ในหน่วยกล่องและลูกบาศก์เมตร โดยนำข้อมูลคำสั่งซื้อทั้งหมด 7 วัน หรือ 168 คำสั่งซื้อ มาใช้ในการคำนวณ เพื่อพิจารณารอบเวลาการทำงานในแต่ละเส้นทางการขนส่งอย่างละเอียดพบว่า ในบางรอบเวลาการขนส่งของแต่ละเส้นทาง บางรอบเกินรอบเวลาการทำงานมาตรฐานที่บริษัทกำหนดที่ 2400 วินาที เนื่องจากปริมาณชิ้นส่วนที่เข้ามาในรอบนั้นๆ ปริมาณสูงกว่ารอบอื่นๆ ส่งผลทำให้พนักงานต้องใช้เวลาทำงานมากกว่าปกติ ตามช่องสีเหลืองในตารางที่ 4-7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-7 ตัวอย่างรอบเวลาการทำงานในแต่ละเส้นทางการขนส่งวันที่ 1

Route No.	Route name	Adress	No.of E-car	Total Cycle time D-1																								Over C.T.	Avg.
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
1	A	T2,RSB,SX	2	3,898	1,394	1,499	3,318	3,508	1,274	1,519	3,648	3,788	1,479	4,098	1,729	1,689	1,219	1,654	1,709	4,288	1,249	1,494	4,078	1,499	1,629	1,699	1,679	8	2,293
2	B	FB,FA	2	1,308	3,466	2,936	1,248	1,048	3,036	1,108	938	4,386	3,606	1,238	1,143	1,013	1,338	1,148	1,313	3,026	2,986	1,318	713	3,366	3,806	763	3,056	10	2,055
3	C	F1,EG,C2	2	1,107	2,694	1,207	3,244	3,084	1,222	2,814	1,147	992	2,824	3,204	1,267	1,242	1,367	1,352	1,442	1,182	1,072	1,522	1,477	1,102	3,044	3,334	1,097	8	1,835
4	D	C1,SJ	2	3,353	3,043	1,397	1,417	3,013	1,057	1,182	2,693	1,367	1,127	3,233	1,467	1,232	1,587	1,537	1,377	1,277	1,302	1,227	1,532	1,212	1,507	1,362	1,027	5	1,689
5	E	SC,F3,F2	2	1,123	1,138	2,677	2,397	2,447	3,457	2,807	3,017	1,258	1,173	1,223	1,583	1,133	1,108	1,523	1,388	1,128	3,217	1,328	1,283	1,468	1,253	1,478	1,348	6	1,748
6	F	SD,AX	2	1,007	2,674	792	3,044	787	2,584	2,294	3,064	822	2,454	742	2,974	827	2,854	792	1,277	852	1,172	1,152	3,214	802	1,147	792	3,834	9	1,748
7	G	SY,T1	2	1,145	2,390	2,430	955	2,630	795	3,110	2,180	755	1,000	2,670	935	2,770	1,105	1,060	1,225	1,045	935	2,920	1,195	785	855	1,130	785	6	1,533
8	H	SG,SK	2	824	879	874	899	2,298	899	934	2,608	929	1,079	1,134	2,508	839	1,074	1,039	979	1,174	1,009	969	959	959	1,064	989	2,078	2	1,208
9	I	SI,SW	2	2,277	3,027	2,807	2,097	2,507	2,357	2,027	2,057	1,153	2,377	3,017	983	1,098	1,218	1,378	1,013	1,318	3,117	1,193	833	1,148	1,093	3,267	943	6	1,846
10	J	SE,SB	2	1,003	968	2,476	3,026	2,606	968	2,346	953	1,043	1,173	2,356	1,173	968	883	1,078	1,248	1,028	958	1,153	1,288	1,008	1,078	1,033	2,446	4	1,428
11	K	SA	2	2,446	2,356	618	828	2,286	2,376	2,566	2,076	838	1,063	768	803	2,936	2,586	1,048	833	973	1,183	903	828	1,173	1,183	2,836	1,013	5	1,521
12	L	SH,SF	2	2,105	943	1,088	708	728	2,045	988	693	978	748	533	2,485	1,023	988	2,255	668	613	968	973	618	1,088	783	598	2,385	1	1,125

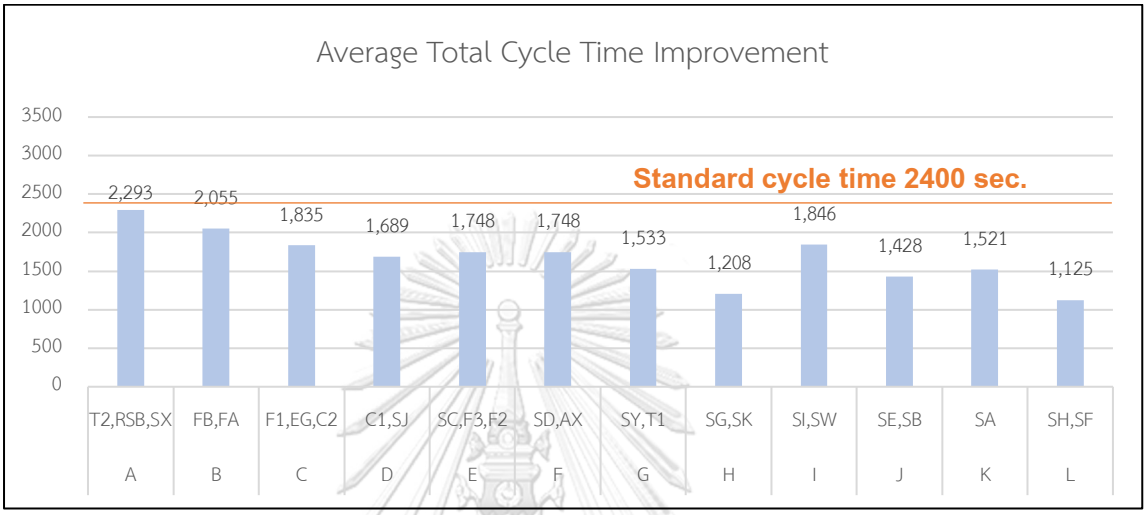
แต่เนื่องจากบริษัทได้มีการกำหนดสินค้าคงคลังขั้นต่ำ (Safety stock) สำหรับทุกชิ้นส่วนที่ข้างไลน์การผลิตไว้ที่ 2400 วินาที หมายความว่าหากไม่มีชิ้นส่วนมาส่งที่ข้างไลน์การผลิต ไลน์การผลิตก็ยังคงดำเนินการผลิตต่อเนื่องได้อีก 2400 วินาที โดยเมื่อรวมเวลาของสินค้าคงคลังขั้นต่ำ (Safety stock) กับรอบเวลาการขนส่งที่ 2400 วินาที จะทำให้เวลาตั้งแต่เริ่มต้นการขนส่งจนถึงชิ้นส่วนข้างไลน์ชิ้นสุดท้ายหมดจะเท่ากับ 4800 วินาที ส่งผลให้แม้ว่ารอบเวลาการขนส่งของแต่ละเส้นทางบางรอบจะเกินรอบเวลาการทำงานมาตรฐานที่บริษัทกำหนดที่ 2400 วินาทีแต่ถ้าไม่เกิน 4800 วินาที ก็จะทำให้ไลน์การผลิตยังคงมีชิ้นส่วนสำหรับใช้งานอยู่ โดยเมื่อนำรอบเวลาการขนส่งมาเทียบกับรอบเวลาการทำงานมาตรฐานรวมกับเวลาของสินค้าคงคลังขั้นต่ำที่ 4800 วินาที จะเห็นได้ว่าไม่มีรอบการขนส่งรอบใดเลยที่ทำให้เกินเวลา 4800 วินาทีตามตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ตัวอย่างรอบเวลาการทำงานกับเวลาสินค้าคงคลังขั้นต่ำในแต่ละเส้นทางการขนส่ง

Route No.	Route name	Adress	No.of E-car	Total Cycle time+Safety Stock at 4800 second																						Over C.T.+S.S.	Avg.
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
1	A	T2,RSB,SX	2	3,898	1,394	1,499	3,318	3,508	1,274	1,519	3,648	3,788	1,479	4,098	1,729	1,689	1,219	1,654	1,709	4,288	1,249	1,494	4,078	1,499	1,629	1,699	1,679	0	2,293
2	B	FB,FA	2	1,308	3,466	2,936	1,248	1,048	3,036	1,108	938	4,386	3,606	1,238	1,143	1,013	1,338	1,148	1,313	3,026	2,986	1,318	713	3,366	3,806	763	3,056	0	2,055
3	C	F1,EG,C2	2	1,107	2,694	1,207	3,244	3,084	1,222	2,814	1,147	992	2,824	3,204	1,267	1,242	1,367	1,352	1,442	1,182	1,072	1,522	1,477	1,102	3,044	3,334	1,097	0	1,835
4	D	C1,SJ	2	3,353	3,043	1,397	1,417	3,013	1,057	1,182	2,693	1,367	1,127	3,233	1,467	1,232	1,587	1,537	1,377	1,277	1,302	1,227	1,532	1,212	1,507	1,362	1,027	0	1,689
5	E	SC,F3,F2	2	1,123	1,138	2,677	2,397	2,447	3,457	2,807	3,017	1,258	1,173	1,223	1,583	1,133	1,108	1,523	1,388	1,128	3,217	1,328	1,283	1,468	1,253	1,478	1,348	0	1,748
6	F	SD,AX	2	1,007	2,674	792	3,044	787	2,584	2,294	3,064	822	2,454	742	2,974	827	2,854	792	1,277	852	1,172	1,152	3,214	802	1,147	792	3,834	0	1,748
7	G	SY,T1	2	1,145	2,390	2,430	955	2,630	795	3,110	2,180	755	1,000	2,670	935	2,770	1,105	1,060	1,225	1,045	935	2,920	1,195	785	855	1,130	785	0	1,533
8	H	SG,SK	2	824	879	874	899	2,298	899	934	2,608	929	1,079	1,134	2,508	839	1,074	1,039	979	1,174	1,009	969	959	959	1,064	989	2,078	0	1,208
9	I	SI,SW	2	2,277	3,027	2,807	2,097	2,507	2,357	2,027	2,057	1,153	2,377	3,017	983	1,098	1,218	1,378	1,013	1,318	3,117	1,193	833	1,148	1,093	3,267	943	0	1,846
10	J	SE,SB	2	1,003	968	2,476	3,026	2,606	968	2,346	953	1,043	1,173	2,356	1,173	968	883	1,078	1,248	1,028	958	1,153	1,288	1,008	1,078	1,033	2,446	0	1,428
11	K	SA	2	2,446	2,356	618	828	2,286	2,376	2,566	2,076	838	1,063	768	803	2,936	2,586	1,048	833	973	1,183	903	828	1,173	1,183	2,836	1,013	0	1,521
12	L	SH,SF	2	2,105	943	1,088	708	728	2,045	988	693	978	748	533	2,485	1,023	988	2,255	668	613	968	973	618	1,088	783	598	2,385	0	1,125

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

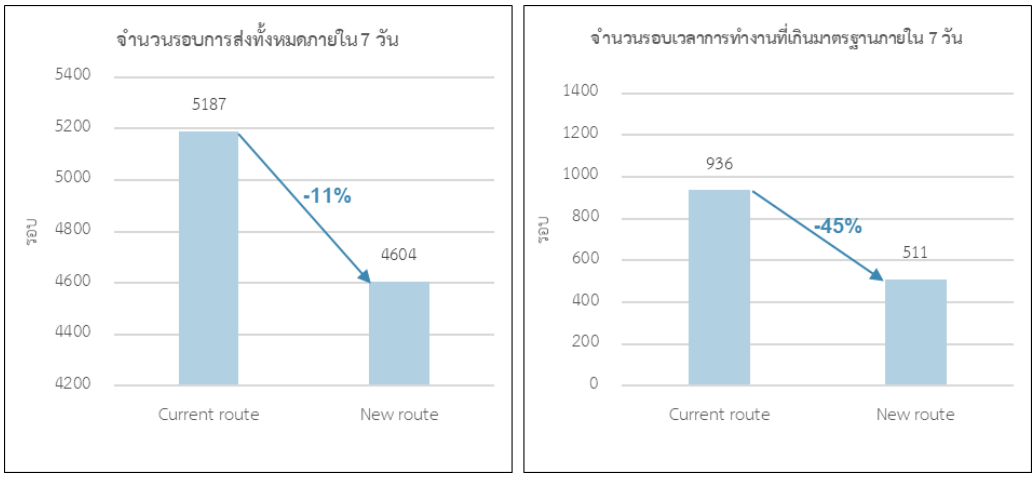
เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยรอบเวลาการทำงานของแต่ละเส้นทางการขนส่งภายในโรงงานประกอบที่ออกแบบมาใหม่ทั้งหมด อยู่ภายใต้รอบเวลาการทำงานมาตรฐานที่บริษัทกำหนดที่ 2400 วินาทีในทุกๆเส้นทาง ซึ่งหมายความว่าทุกเส้นทางที่ออกแบบสามารถใช้งานได้ และสามารถจบงานได้ภายในวันนั้นๆ ตามรูปที่ 4-11



รูปที่ 4-11 ค่าเฉลี่ยรอบเวลาการทำงานของแต่ละเส้นทางการขนส่ง

ผลการทดสอบรอบเวลาการทำงานของแต่ละเส้นทางการขนส่งภายในโรงงานประกอบที่ออกแบบมาใหม่เปรียบเทียบกับแบบเดิมพบว่าสามารถลดจำนวนรอบในการขนส่งได้ 11% และจำนวนรอบเวลาในการทำงานที่เกินมาตรฐานตามที่บริษัทกำหนดลดลง 45% ตามลำดับดังรูปที่ 4-12

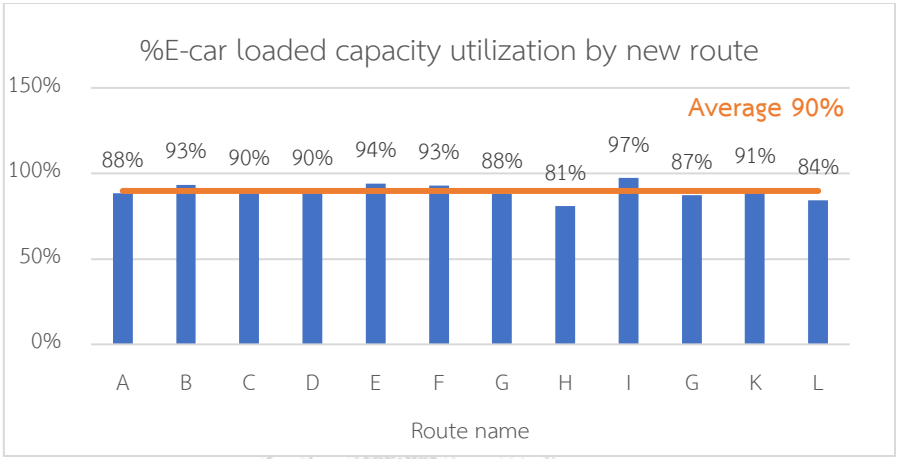
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



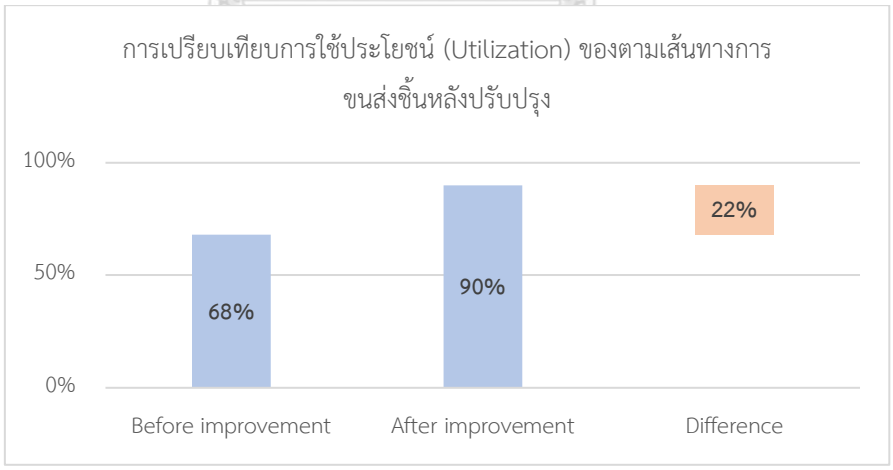
รูปที่ 4-12 สรุปผลการทดสอบภายใน 7 วัน

4.10 ผลการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ (Utilization) ของรถลากไฟฟ้า (E-Car)

เมื่อออกแบบเส้นทางขนส่งชิ้นส่วนใหม่เรียบร้อยแล้ว ถัดไปจะทำการวิเคราะห์ % การใช้ประโยชน์ (Utilization) ของตามเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนใหม่โดยคำนวณจากสมการที่ 3.1 โดยผลลัพธ์แสดงตามรูปที่ 4-13 เพื่อนำพิจารณาค่าเฉลี่ยการใช้ประโยชน์ (Utilization) หลังการปรับปรุงเท่ากับ 90% ซึ่งสูงกว่าก่อนปรับปรุงถึง 22% ตามรูปที่ 4-14



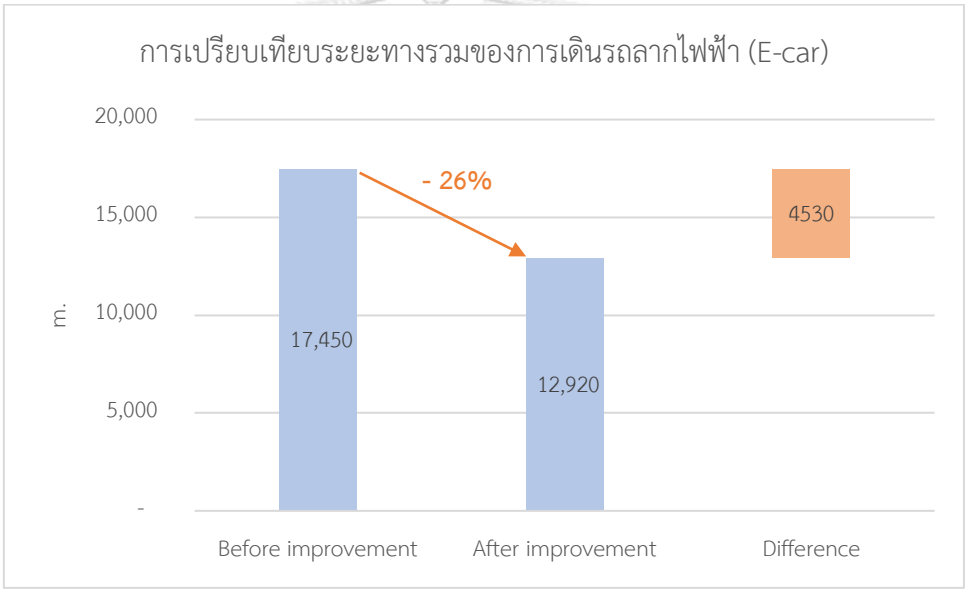
รูปที่ 4-13 %การใช้ประโยชน์ (Utilization) ของตามเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนใหม่



รูปที่ 4-14 การเปรียบเทียบ%การใช้ประโยชน์ (Utilization) ของตามเส้นทางการขนส่งชิ้นหลังปรับปรุง

4.11 ผลการเปรียบเทียบระยะทางรวมของเส้นทางการขนส่ง

ระยะของเส้นทางการขนส่งเป็นหนึ่งในปัจจัยที่นำพิจารณาเพื่อชี้วัดว่าเส้นทางที่ออกแบบใหม่มีระยะทางที่สั่นลง เมื่อเทียบการการใช้เส้นทางเดิมโดยก่อนหน้าการปรับปรุงระยะทางรวมของรถลากไฟฟ้า (E-car) แต่ละคันระยะทางที่วิ่งรวมกันเท่ากับ 17,450 เมตร หลังจากที่มีการออกแบบเส้นทางใหม่ โดยการใช้ OR-tool พบว่าระยะทางรวมของรถลากไฟฟ้า (E-car) ทั้งหมดเท่ากับ 12,920 เมตร ซึ่งสามารถลดลงได้ 4,530 เมตรต่อรอบหรือคิดเป็น 26% ตามรูปที่ 4-15 โดยในหนึ่งวันรถลากไฟฟ้า (E-car) จะต้องวิ่งทั้งหมด 24 รอบต่อวันทำให้สามารถลดระยะทางการวิ่งรถลากไฟฟ้า (E-car) ได้ถึง 108,720 เมตรต่อวัน



รูปที่ 4-15 การเปรียบเทียบระยะทางรวมของการเดินรถลากไฟฟ้า (E-car)

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลดำเนินงาน

งานวิจัยการปรับปรุงกระบวนการขนส่งภายในโรงงานประกอบรถยนต์เพื่อลดกระบวนการทำงานที่ซ้ำซ้อน ซึ่งจะเป็นการศึกษากระบวนการนำเข้าชิ้นตั้งแต่ Supplier จนถึงโรงงานประกอบรถยนต์โดยการปรับปรุงกระบวนการครั้งนี้จะเริ่มต้นที่ภายในโรงงานประกอบและส่งแผนการปรับปรุงไปที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเช่น แผนกวางแผนการผลิต แผนกวางแผนชิ้นส่วน โรงงานผลิตชิ้นส่วน บริษัทขนส่ง และ โรงงานประกอบรถยนต์ โดยบริษัทกรณีศึกษาต้องการลดกระบวนการคัดแยกชิ้นส่วน ซึ่งสรุปผลดำเนินการแก้ปัญหาในครั้งนี้จะประกอบไปด้วย 4 ส่วน

5.1.1 การออกแบบการกระบวนการทำงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องใหม่

การออกแบบกระบวนการทำงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องใหม่ โดยให้โรงงานประกอบกำหนดเส้นทางการขนส่งด้วยการจัดกลุ่มชิ้นส่วนตามจุดความต้องการ (Address) ซึ่งรูปแบบเส้นทางการขนส่งตามจุดความต้องการ (Address) นี้จะถูกส่งไปที่แผนกวางแผนชิ้นส่วนเพื่อสร้างรายการชิ้นส่วน (Part list) โดยออกคำสั่งซื้อ (Ordering) ชิ้นส่วนให้กับ Supplier โดยกำหนดให้ Supplier จัดกล่องชิ้นส่วนขึ้นบน Skid ในรูปแบบ 1 Skid : 1 เส้นทางการขนส่งใหม่ โดยเมื่อกล่องชิ้นส่วนมาถึงที่โรงงานประกอบแล้ว จึงไม่จำเป็นต้องมีกระบวนการคัดแยกกล่องชิ้นส่วนในระดับกล่องอีกต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1.2 การออกแบบเส้นทางการเดินรถลากไฟฟ้า (E-car) โดยใช้ OR-tool

ส่วนสำคัญของงานวิจัยนี้คือการออกแบบเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนในโรงประกอบซึ่งผู้วิจัยทำการเขียนคำสั่งด้วยภาษา python ที่มีการประยุกต์การนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical models) ในรูปแบบปัญหา Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) โดยใช้ OR-tool ที่เป็นซอฟต์แวร์ที่เปิดเผยหลักการ (Open-Source Software) เป็นเครื่องมือในการทำการวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากทางบริษัทกรณีศึกษาต้องการเครื่องมือที่ใช้ออกแบบเส้นทางการขนส่งที่สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงและมีความยืดหยุนต่อสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการรันโปรแกรม จะแสดงระยะทางรวมทั้งหมดของทุกเส้นทางการขนส่ง ลำดับการขนส่งจากจุดเริ่มต้นจนถึงปลายทางของรถลากไฟฟ้า (E-car) แต่ละคัน ระยะทางรวมของแต่ละเส้นทางการขนส่ง ความจุที่ใช้ใน

แต่ละการขนส่งของรถลากไฟฟ้า (E-car) แต่ละคัน และผลรวมความจุในแต่ละเส้นทางการขนส่งของรถลากไฟฟ้า (E-car) แต่ละคัน เพื่อนำข้อมูลมาพิจารณาเลือกรูปแบบของ Metaheuristic และระยะเวลาในการรันโปรแกรมตามหัวข้อต่างๆดังนี้

1. ระยะทางรวมของการเส้นทางทั้งหมด
2. จำนวนจุดการส่งที่มากที่สุดในแต่ละเส้นทางการขนส่ง
3. ระยะทางเฉลี่ยของแต่ละเส้นทางการขนส่ง
4. ระยะทางที่มากที่สุดในการขนส่ง

ผู้วิจัยทดสอบ Metaheuristic 3 รูปแบบคือ Guided Local Search, Genetic Tabu Search และ Tabu Search ระยะเวลาในการคำนวณคือ 1 วินาที 10 วินาที 30 วินาที และ 60 วินาที ตามลำดับ โดยนำผลลัพธ์ของแต่ละปัจจัยมาเรียงลำดับความสำคัญ (Priority) เพื่อเปรียบเทียบว่า Metaheuristic ที่เหมาะสมที่สุดในการคำนวณนั้นคือรูปแบบ GUIDED LOCAL SEARCH ที่เวลาคำนวณ 60 วินาที ซึ่งสามารถนำรูปแบบ Metaheuristic และระยะเวลาในการคำนวณเป็นแนวทางในการตั้งค่าครั้งต่อไปได้

ผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบเส้นทางการขนส่งคือกลุ่มเส้นทางการขนส่งใหม่ทั้งหมด 12 เส้นทาง โดยจะนำมาเรียงลำดับระยะทางการขนส่งที่มากที่สุดไปถึงน้อยที่สุดเพื่อทำการตั้งชื่อกลุ่มเส้นทางการขนส่งตามอักษร A-L จากนั้นผู้วิจัยได้นำกลุ่มเส้นทางการขนส่งใหม่มาวิเคราะห์อัตราการใช้ประโยชน์ (Utilization) ของการใช้รถลากไฟฟ้า (E-car) หลังการปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 90% ซึ่งสูงกว่าก่อนปรับปรุงถึง 22% รวมถึงเปรียบเทียบระยะทางรวมของเส้นทางการขนส่งก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่าระยะทางรวมเส้นทางการขนส่งหลังการปรับปรุงเท่ากับ 12,920 เมตร ซึ่งสามารถลดลงได้ 4,530 เมตรต่อรอบ หรือคิดเป็น 26% จากก่อนหน้าปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.1.3 การทดสอบเส้นทางการขนส่งใหม่

ผลการทดสอบรอบเวลาการทำงานของแต่ละเส้นทางการขนส่งภายในโรงงานประกอบที่ออกแบบมาใหม่เปรียบเทียบกับแบบเดิมพบว่าสามารถลดจำนวนรอบในการขนส่งได้ 11% และจำนวนรอบเวลาในการทำงานที่เกินมาตรฐานตามที่บริษัทกำหนดลดลง 45% แม้ว่าบางรอบเวลาการขนส่งของแต่ละเส้นทางจะเกินรอบเวลาการทำงานมาตรฐานที่บริษัทกำหนดที่ 2400 วินาที เนื่องจากปริมาณชิ้นส่วนที่เข้ามาในรอบนั้นๆ ปริมาณสูงกว่ารอบอื่นๆ ส่งผลทำให้พนักงานต้องใช้เวลาทำงานมากกว่าปกติ ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยรอบ

เวลาการทำงานของแต่ละเส้นทางการขนส่งภายในโรงงานประกอบที่ออกแบบมาใหม่ทั้งหมดนั้น อยู่ภายใต้รอบเวลาการทำงานมาตรฐานที่บริษัทกำหนดที่ 2400 วินาทีในทุกเส้นทาง ซึ่งหมายความว่าทุกเส้นทางที่ออกแบบสามารถใช้งานได้

แต่เนื่องจากบริษัทได้มีการกำหนดสินค้าคงคลังขั้นต่ำ (Safety stock) สำหรับทุกชิ้นส่วนที่ข้างไลน์การผลิตไว้ที่ 2400 วินาที หมายความว่าหากไม่มีชิ้นส่วนมาส่งที่ข้างไลน์การผลิต ไลน์การผลิตก็ยังคงดำเนินการผลิตต่อเนื่องได้อีก 2400 วินาที โดยเมื่อรวมเวลาของสินค้าคงคลังขั้นต่ำ (Safety stock) กับรอบเวลาการขนส่งที่ 2400 วินาที จะทำให้เวลาตั้งแต่เริ่มต้นการขนส่งจนถึงชิ้นส่วนข้างไลน์ชิ้นสุดท้ายหมดจะเท่ากับ 4800 วินาที ส่งผลให้แม้ว่ารอบเวลาการขนส่งของแต่ละเส้นทางบางรอบจะเกินรอบเวลาการทำงานมาตรฐานที่บริษัทกำหนดที่ 2400 วินาทีแต่ถ้าไม่เกิน 4800 วินาที ก็จะทำให้ไลน์การผลิตยังคงมีชิ้นส่วนสำหรับใช้งานอยู่ โดยเมื่อนำรอบเวลาการขนส่งมาเทียบกับรอบเวลาการทำงานมาตรฐานรวมกับเวลาของสินค้าคงคลังขั้นต่ำที่ 4800 วินาที

5.2 การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำงานวิจัยไปใช้จริง

ผู้วิจัยได้มีโอกาสนำวิธีการแก้ไขปัญหาเสนอกับผู้บริหารของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อแก้ปัญหาการทำงานซ้ำซ้อนในพื้นที่ Sorting lane และ P-lane โดยได้ทำการศึกษาและได้รับความร่วมมือจากทุกแผนกที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างดีตั้งแต่การออกแบบกระบวนการทำงานภาพรวมใหม่ทั้งหมด การหาข้อสรุปจากทุกแผนกที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาแนวทางร่วมกันถึงความเป็นไปได้ในการนำกระบวนการเหล่านี้ไปใช้จริงเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งได้รับความเห็นดังนี้

5.2.1 การเตรียมความพร้อมก่อนเริ่มใช้งานจริง

การดำเนินงานครั้งนี้มีหลายภาคส่วนได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานนี้ แต่อย่างไรก็ตามการทางผู้วิจัยและบริษัทกรณีศึกษาก็ได้มีการประเมินสถานการณ์ก่อนที่จะเริ่มดำเนินงานปรับปรุง โดยได้มีการเรียก Supplier เข้ามาประชุมเพื่อเตรียมความพร้อมกับการเปลี่ยนแปลง โดยเสนอให้ Supplier ประเมินกระบวนการทำงานของบริษัทของ Supplier ก่อนว่าหากทางโรงงานประกอบกำหนดให้จัดเรียงชิ้นส่วนลงบน Skid ตามเส้นทางการขนส่งภายในโรงงานประกอบจะส่งผลกระทบกับกระบวนการทำงานเดิมของ Supplier หรือไม่ ซึ่งมี Supplier

มากกว่า 50% สามารถเริ่มการเปลี่ยนแปลงได้ทันที และอีก 50% จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการทำงานของตนเองบางส่วนก่อนที่จะเริ่มได้ ทางบริษัทกรณีศึกษาเข้าใจสถานการณ์อย่างดีกับการเปลี่ยนแปลงของแต่ละ Supplier จึงได้ให้เวลา Supplier 3 เดือนก่อนเริ่มดำเนินงานปรับปรุงครั้งนี้ โดยมีการวางแผนการทดสอบกระบวนการนำเข้าชิ้นส่วนจาก Supplier การติดตามเพื่อเก็บปัญหาจากทดลองการดำเนินงาน จนไปถึงการดำเนินงานใช้จริงในที่สุด อีกทั้งได้สร้างแผนสำรองในกรณีการดำเนินงานผิดพลาด โดยการเตรียมพนักงานมาคอยสนับสนุนในกรณีที่เกิดปัญหา

5.2.2 การตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นส่วน

ในการดำเนินงานช่วงแรกมีความจำเป็นที่ต้องให้ความสำคัญในเรื่องคุณภาพเป็นพิเศษ เพราะทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงใดใดก็ตาม หากไม่ทำการควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิดก็จะมีความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดปัญหาได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาด้านคุณภาพในโรงงานประกอบ ทางทีมผู้บริหารเองจึงแนะนำว่า จำเป็นต้องเน้นย้ำการตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นส่วนในทุกกระบวนการทำงาน โดยเริ่มจากให้พนักงานขับรถลากไฟฟ้า (E-car) ส่งชิ้นส่วนไปที่ข้างไลน์การผลิตตรวจสอบชิ้นส่วนที่มาจาก Supplier ว่ามีชิ้นส่วนที่ไม่ได้อยู่ในเส้นทางการขนส่งที่กำหนดปะปนมาหรือไม่ เพื่อทำการเก็บข้อมูลและแจ้งกลับไปที่ Supplier ในขณะเดียวกัน พนักงานฝ่ายประกอบก็ต้องทำการตรวจสอบชิ้นส่วนที่ถูกส่งมาจากพนักงานขับรถลากไฟฟ้า (E-car) ด้วยว่าส่งถูกที่หรือไม่ และท้ายที่สุดฝ่ายตรวจสอบคุณภาพทำการตรวจสอบคุณภาพรถยนต์หลังประกอบเสร็จว่าพบปัญหาที่เกี่ยวข้องการประกอบชิ้นส่วนผิดรุ่นหรือไม่ด้วย

5.3 ข้อเสนอและแนวทางการปรับปรุงการดำเนินงานของบริษัทกรณีศึกษา

เพื่อให้เกิดการแก้ไขปัญหาที่ยังยืน การสื่อสารระหว่างแผนกจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ โดยผู้วิจัยเข้ามาเป็นตัวกลางในการสื่อสารภาพรวมของปัญหา การดำเนินงานปฏิบัติงานและการติดตามผลจึงเป็นที่เรื่องที่สำคัญมาก เพื่อทำให้การปรับปรุงกระบวนการทำงานครั้งนี้ดำเนินงานได้อย่างราบลื่นมากที่สุด ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุง 3 ข้อ ดังนี้

5.3.1 การบริหารความเสี่ยงในทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง

- **การจัดเรียงชิ้นส่วนลงบน Skid ตามเส้นทางที่โรงประกอบออกแบบใหม่ของ Supplier** หากพิจารณาจากสิ่งที่โรงงานประกอบกำหนดและกระบวนการทำงานที่ Supplier ทำอยู่พบว่ามีความเป็นไปได้ที่ปริมาณ Skid ที่ใช้วางกล่องชิ้นส่วนต้องใช้ปริมาณเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากทางโรงงานประกอบกำหนรูปแบบการจัดเรียงกล่องชิ้นส่วน 1 เส้นทางการขนส่ง : 1 Skid โดยผู้วิจัยแนะนำให้ Supplier ติดตามปริมาณ Skid ว่าเพียงพอต่อการใช้งานหรือไม่ ในขณะเดียวกันก็ต้องพิจารณาปริมาณกล่องชิ้นส่วนบน Skid ว่ามีการจัดเรียงกล่องชิ้นส่วนเต็มความจุหรือ เพื่อจะได้นำข้อมูลดังกล่าวมาปรับปรุงปริมาณการสั่งชิ้นส่วนในครั้งต่อไป
- **การจัดตารางรถรับชิ้นส่วน (Milk run) ให้เต็มประสิทธิภาพ**เนื่องจากมีความเป็นไปได้ที่จะมีการใช้ปริมาณ Skid ที่เพิ่มขึ้น และ Skid ที่ได้รับมาจาก Supplier อาจจะไม่เต็มลูกบาศก์ทำให้ประสิทธิภาพการขนส่งชิ้นส่วนลดลง ระยะแรกผู้วิจัยแนะนำให้บริษัทขนส่งชิ้นส่วน (Milk run) ต้องสังเกตว่ามี Supplier รายใดที่ไปรับชิ้นส่วนแล้วไม่สามารถนำชิ้นส่วนขึ้นรถบรรทุกได้เต็มจำนวน หรือบางรายอาจมีการรอขึ้นของนาน ซึ่งบริษัทขนส่งชิ้นส่วน (Milk run) ควรเก็บข้อมูลและรีบแจ้งมาทางแผนกวางแผนชิ้นส่วนเพื่อแก้ไขต่อไป
- **โรงงานประกอบต้องพิจารณาถึงพื้นที่ข้างไลน์การผลิตให้เพียงพอต่อปริมาณชิ้นส่วนที่เข้ามา** ฝ่ายประกอบถือว่าเป็นด้านสุดท้ายของกระบวนนี้ ซึ่งเป็นผู้ใช้ชิ้นส่วนนำมาประกอบรถโดยตรง โดยแผนกประกอบก็ต้องตรวจสอบความผิดปกติของปริมาณชิ้นส่วนที่อยู่ข้างไลน์การผลิต เมื่อพบว่าชิ้นส่วนที่กระบวนการทำงานของตนเองมีปริมาณน้อยกว่าค่าต่ำสุดที่กำหนด ต้องรีบแจ้งหัวหน้างานเพื่อเรียกชิ้นส่วนนั้นให้กลับมาอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม และต้องมีการบันทึกว่าชิ้นส่วนใดที่ถูกเรียกใช้ด่วนบ่อย ต้องรีบแจ้งทางแผนกวางแผนชิ้นส่วนเพื่อแก้ปัญหาต่อไป

5.3.2 การปรับปรุงพารามิเตอร์ในชุดคำสั่ง

- โรงงานประกอบจะเป็นผู้นำไปใช้และพัฒนาเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนที่ถูกออกแบบใหม่นี้โดยตรง โดยการใช้ OR-Tool ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์เปิดเผยหลักการ ซึ่งทุกคนสามารถนำชุดคำสั่งมาปรับปรุงแก้ไขได้ ถือเป็นเรื่องใหม่โรงงานประกอบของบริษัทกรณีศึกษาสำหรับการใช้งานด้วยการเขียนชุดคำสั่ง (Coding) ซึ่งผู้วิจัยปรึกษากับ

ผู้บริหารของบริษัทกรณีศึกษา เห็นว่าควรสร้าง Input template ขึ้นมาเพื่ออนาคต หากมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง Input parameter จะได้ง่ายต่อการนำไปพัฒนาต่อ

- **ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลง Layout ของไลน์การผลิต** ผู้วิจัยได้วัดระยะทางระหว่างจุดจอดรถลากไฟฟ้า (E-car) ทั้งหมด 27 จุด ซึ่งอนาคตหากมีการเพิ่มไลน์การประกอบย่อยเพิ่มเติมและไลน์นั้นถูกกำหนดจุดจอดสำหรับส่งชิ้นส่วนเพิ่มเติม ผู้ใช้งานต้องมีการปรับปรุงพารามิเตอร์ระยะทางระหว่างจุดความต้องการชิ้นส่วนด้วย ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มพารามิเตอร์ตัวใหม่ในช่องสีเหลืองตามรูปที่ 5-1 ด้วยการวัดเทียบสัดส่วนของผังโรงงาน (Grid layout)

Address	B-Lane	RSB	SA	SB	SC	SD	SE	SF	SG	SH	SI	SJ	SK	SW	SX	SY	C2	EG	FA	FB	T2	F1	F3	T1	AX	F2	C1	New1	New2
B-Lane	9999	1000	100	80	140	80	100	100	140	80	120	360	180	60	100	40	180	400	420	260	260	300	340	400	320	160	220		
RSB	800	9999	680	520	460	540	480	560	500	560	480	700	520	540	460	540	520	740	800	620	760	680	600	600	660	500	560		
SA	100	620	9999	140	180	180	200	200	240	180	220	460	280	160	200	140	260	500	560	360	160	400	340	60	420	240	320		
SB	60	520	140	9999	40	20	50	60	110	30	60	300	120	10	50	10	100	340	300	280	300	240	220	200	260	100	160		
SC	120	460	180	60	9999	80	10	110	40	90	20	280	60	60	10	60	50	320	50	130	360	180	150	240	240	20	60		
SD	80	540	180	20	80	9999	60	30	60	10	40	280	80	10	80	40	80	320	280	180	320	220	240	240	100	100	90		
SE	120	480	200	60	10	60	9999	100	40	80	10	240	50	60	20	80	60	280	270	160	380	200	180	280	200	30	100		
SF	100	570	200	50	100	30	100	9999	70	10	90	260	60	40	100	70	80	300	260	160	380	260	280	380	220	110	100		
SG	140	500	240	100	50	60	40	70	9999	60	10	200	10	70	60	100	10	240	220	110	400	180	200	300	160	60	60		
SH	90	540	190	60	110	10	90	10	60	9999	70	290	70	40	110	70	60	330	280	160	340	220	260	350	270	120	110		
SI	120	490	230	80	40	60	10	80	10	60	9999	240	40	60	50	120	20	280	240	120	380	170	180	270	200	40	80		
SJ	360	700	460	320	250	280	220	250	210	270	220	9999	190	300	260	320	210	40	100	300	610	380	400	500	40	240	220		
SK	140	500	240	100	60	80	50	60	10	70	30	200	9999	90	70	110	20	240	210	120	400	180	200	300	160	60	50		
SW	60	520	140	10	70	10	60	50	90	40	70	300	90	9999	70	20	100	340	300	180	300	240	220	200	260	80	140		
SX	120	460	180	50	10	80	20	110	60	100	40	270	80	70	9999	60	60	310	260	160	340	200	160	260	230	40	100		
SY	60	520	120	10	70	40	70	70	110	50	90	320	110	20	60	9999	120	360	320	220	280	260	220	160	280	100	160		
C2	150	500	260	120	70	80	60	80	10	70	20	200	20	100	100	140	9999	240	200	100	380	160	170	280	160	20	40		
EG	400	730	500	350	290	320	280	300	240	310	260	40	230	310	320	380	250	9999	440	330	660	440	460	540	80	290	280		
FA	460	800	560	420	350	380	340	350	310	370	340	80	290	400	360	420	310	40	9999	400	720	480	500	600	120	360	320		
FB	600	940	700	550	490	520	260	490	450	500	460	240	430	530	500	560	450	200	200	9999	860	620	640	740	280	480	480		
T2	220	480	320	140	90	160	100	190	130	170	120	340	150	150	90	130	130	380	340	220	9999	280	220	280	300	110	180		
F1	540	680	640	490	430	460	420	430	380	440	390	180	370	470	440	500	390	140	380	480	800	9999	560	680	220	440	420		
F3	280	600	340	210	150	240	160	280	200	260	180	400	210	220	170	230	200	440	400	300	500	340	9999	380	360	150	240		
T1	140	700	40	180	240	210	250	260	290	250	270	480	290	190	220	160	490	520	700	590	160	440	380	9999	440	270	540		
AX	320	660	420	270	210	240	200	210	170	230	180	40	150	260	220	280	160	80	340	260	600	340	360	460	9999	200	180		
F2	140	480	240	90	50	100	40	120	40	110	30	240	50	80	40	100	40	280	240	140	400	180	160	280	200	9999	80		
C1	620	960	720	590	510	540	500	510	470	530	500	240	450	560	520	580	470	200	160	560	880	640	660	760	280	520	9999		
New1																													
New2																													

รูปที่ 5-1 ตารางที่ใช้ปรับปรุงพารามิเตอร์ระยะทาง

ภาคผนวก

ตัวอย่างชุดคำสั่งของ OR-tool ด้วยภาษา Python

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```
#pip install ortools

# [START program]
"""Capacited Vehicles Routing Problem (CVRP)."""
import pandas as pd
# [START import]
from ortools.constraint_solver import routing_enums_pb2
from ortools.constraint_solver import pywrapcp
# [END import]


# [START data_model]

def create_data_model():
    """Stores the data for the problem."""
    data = {}
    data['distance_matrix'] = [
        [
0,1000,100,80,140,80,100,100,140,80,120,360,180,60,100,40,180,400,420,260,260,300,
340,400,320,160,220],
        [
800,0,680,520,460,540,480,560,500,560,480,700,520,540,460,540,520,740,800,620,760,
680,600,600,660,500,560],
        [
100,620,0,140,180,180,200,200,240,180,220,460,280,160,200,140,260,500,560,360,160,
400,340,60,420,240,320],
        [
60,520,140,0,40,20,50,60,110,30,60,300,120,10,50,10,100,340,300,280,300,240,220,20
0,260,100,160],
        [
120,460,180,60,0,80,10,110,40,90,20,280,60,60,10,60,50,320,50,130,360,180,150,240,
240,20,60],
        [
80,540,180,20,80,0,60,30,60,10,40,280,80,10,80,40,80,320,280,180,320,220,240,240,1
00,100,90],
        [
120,480,200,60,10,60,0,100,40,80,10,240,50,60,20,80,60,280,270,160,380,200,180,280
,200,30,100],
        [
100,570,200,50,100,30,100,0,70,10,90,260,60,40,100,70,80,300,260,160,380,260,280,3
80,220,110,100],
        [
140,500,240,100,50,60,40,70,0,60,10,200,10,70,60,100,10,240,220,110,400,180,200,30
0,160,60,60],
        [
90,540,190,60,110,10,90,10,60,0,70,290,70,40,110,70,60,330,280,160,340,220,260,350
,270,120,110],
        [
120,490,230,80,40,60,10,80,10,60,0,240,40,60,50,120,20,280,240,120,380,170,180,270
,200,40,80],
        [
360,700,460,320,250,280,220,250,210,270,220,0,190,300,260,320,210,40,100,300,610,3
80,400,500,40,240,220],
        [
140,500,240,100,60,80,50,60,10,70,30,200,0,90,70,110,20,240,210,120,400,180,200,30
0,160,60,50],
        [
60,520,140,10,70,10,60,50,90,40,70,300,90,0,70,20,100,340,300,180,300,240,220,200,
260,80,140],
        [
120,460,180,50,10,80,20,110,60,100,40,270,80,70,0,60,60,310,260,160,340,200,160,26
0,230,40,100],
        [
60,520,120,10,70,40,70,70,110,50,90,320,110,20,60,0,120,360,320,220,280,260,220,16
0,280,100,160],
        [
150,500,260,120,70,80,60,80,10,70,20,200,20,100,100,140,0,240,200,100,380,160,170,
280,160,20,40],
        [
400,730,500,350,290,320,280,300,240,310,260,40,230,310,320,380,250,0,440,330,660,4
40,460,540,80,290,280],
        [
460,800,560,420,350,380,340,350,310,370,340,80,290,400,360,420,310,40,0,400,720,48
```

```
0,500,600,120,360,320],
            [
600,940,700,550,490,520,260,490,450,500,460,240,430,530,500,560,450,200,200,0,860,
620,640,740,280,480,480],
            [
220,480,320,140,90,160,100,190,130,170,120,340,150,150,90,130,130,380,340,220,0,28
0,220,280,300,110,180],
            [
540,680,640,490,430,460,420,430,380,440,390,180,370,470,440,500,390,140,380,480,80
0,0,560,680,220,440,420],
            [
280,600,340,210,150,240,160,280,200,260,180,400,210,220,170,230,200,440,400,300,50
0,340,0,380,360,150,240],
            [
140,700,40,180,240,210,250,260,290,250,270,480,290,190,220,160,490,520,700,590,160
,440,380,0,440,270,540],
            [
320,660,420,270,210,240,200,210,170,230,180,40,150,260,220,280,160,80,340,260,600,
340,360,460,0,200,180],
            [
140,480,240,90,50,100,40,120,40,110,30,240,50,80,40,100,40,280,240,140,400,180,160
,280,200,0,80],
            [
620,960,720,590,510,540,500,510,470,530,500,240,450,560,520,580,470,200,160,560,88
0,640,660,760,280,520,0],
        ]
        # [START demands_capacities]
        data['demands'] =
[0,5,15,5,4,11,10,7,11,7,7,11,3,9,7,6,1,2,7,9,4,12,4,9,5,8,5]
        data['vehicle_capacities'] = [16,16,16,16,16,16,16,16,16,16,16,16]
        # [END demands_capacities]
        data['num_vehicles'] = 12
        data['depot'] = 0
        return data
        # [END data_model]


# [START solution_printer]
def print_solution(data, manager, routing, solution):
    """Prints solution on console."""
    print(f'Objective: {solution.ObjectiveValue()}')
    total_distance = 0
    total_load = 0
    for vehicle_id in range(data['num_vehicles']):
        index = routing.Start(vehicle_id)
        plan_output = 'Route for vehicle {}:\n'.format(vehicle_id)
        route_distance = 0
        route_load = 0
        while not routing.IsEnd(index):
            node_index = manager.IndexToNode(index)
            route_load += data['demands'][node_index]
            plan_output += ' {0} Load({1}) -> '.format(node_index, route_load)
            previous_index = index
            index = solution.Value(routing.NextVar(index))
            route_distance += routing.GetArcCostForVehicle(
                previous_index, index, vehicle_id)
        plan_output += ' {0} Load({1})\n'.format(manager.IndexToNode(index),
                                                 route_load)
        plan_output += 'Distance of the route: {}m\n'.format(route_distance)
        plan_output += 'Load of the route: {}\n'.format(route_load)
        print(plan_output)
        total_distance += route_distance
        total_load += route_load
    print('Total distance of all routes: {}m'.format(total_distance))
    print('Total load of all routes: {}'.format(total_load))
    # [END solution_printer]


def main():
    """Solve the CVRP problem."""
    # Instantiate the data problem.
    # [START data]
    data = create_data_model()
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
    # [END data]

    # Create the routing index manager.
    # [START index_manager]
    manager = pywrapcp.RoutingIndexManager(len(data['distance_matrix']),
                                           data['num_vehicles'], data['depot'])
    # [END index_manager]

    # Create Routing Model.
    # [START routing_model]
    routing = pywrapcp.RoutingModel(manager)

    # [END routing_model]

    # Create and register a transit callback.
    # [START transit_callback]
    def distance_callback(from_index, to_index):
        """Returns the distance between the two nodes."""
        # Convert from routing variable Index to distance matrix NodeIndex.
        from_node = manager.IndexToNode(from_index)
        to_node = manager.IndexToNode(to_index)
        return data['distance_matrix'][from_node][to_node]

    transit_callback_index = routing.RegisterTransitCallback(distance_callback)
    # [END transit_callback]

    # Define cost of each arc.
    # [START arc_cost]
    routing.SetArcCostEvaluatorOfAllVehicles(transit_callback_index)

    # [END arc_cost]

    # Add Capacity constraint.
    # [START capacity_constraint]
    def demand_callback(from_index):
        """Returns the demand of the node."""
        # Convert from routing variable Index to demands NodeIndex.
        from_node = manager.IndexToNode(from_index)
        return data['demands'][from_node]

    demand_callback_index = routing.RegisterUnaryTransitCallback(
        demand_callback)
    routing.AddDimensionWithVehicleCapacity(
        demand_callback_index,
        0,  # null capacity slack
        data['vehicle_capacities'],  # vehicle maximum capacities
        True,  # start cumul to zero
        'Capacity')
    # [END capacity_constraint]

    # Setting first solution heuristic.
    # [START parameters]
    search_parameters = pywrapcp.DefaultRoutingSearchParameters()
    search_parameters.first_solution_strategy = (
        routing_enums_pb2.FirstSolutionStrategy.PATH_CHEAPEST_ARC)
    search_parameters.local_search_metaheuristic = (
        routing_enums_pb2.LocalSearchMetaheuristic.GUIDED_LOCAL_SEARCH)
    search_parameters.time_limit.FromSeconds(1)
    # [END parameters]

    # Solve the problem.
    # [START solve]
    solution = routing.SolveWithParameters(search_parameters)
    # [END solve]

    # Print solution on console.
    # [START print_solution]
    if solution:
        print_solution(data, manager, routing, solution)
    # [END print_solution]


if __name__ == '__main__':
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```
165      main()
166  # [END program]
```


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Chen, C., Palma, F., & Reyes, L. (2019). Reducing global supply chains' waste of overproduction by using lean principles. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 441-454.

Chiarini, A. (2012). *Lean organization: from the tools of the Toyota Production System to lean office*, Springer Science & Business Media.

Cordeau, J.-F., Laporte, G., Savelsbergh, M. W. P., & Vigo, D. (2007). Chapter 6 Vehicle Routing. In *Transportation*.

Daneshzand, F. (2011). 8 - The Vehicle-Routing Problem. In R. Z. Farahani, S. Rezapour, & L. Kardar (Eds.), *Logistics Operations and Management*.

Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The Truck Dispatching Problem. *Management Science*, 80-91.

Fabri, M., & Ramalhinho, H. (2021). The in-house logistics routing problem. *International Transactions in Operational Research*, 1144-1168.

Google Developers. (2021). *Get Started with OR-Tools for Python*. Retrieved October 5, 2022 from https://developers.google.com/optimization/introduction/python

Kay, M. G. (2012). Material handling equipment. *Fitts Dept. of Industrial and Systems Engineering North Carolina State University*.

Kelendar, H., & Mohammed, M. A. (2020). Lean and the ECRS principle: developing a framework to minimise waste in healthcare sectors. *International Journal of Public Health and Clinical Sciences*, 98-110.

Kiran, D. R. (2019). Chapter 26 - Just in time and kanban. In D. R. Kiran (Ed.), *Production Planning and Control*. Butterworth-Heinemann.

Kumar, N., Hasan, S. S., Srivastava, K., Akhtar, R., Yadav, R. K., & Choubey, V. K. (2022). Lean manufacturing techniques and its implementation: A review. *Materials Today: Proceedings*, 1188-1192.

Mamoun, K. A., Hammadi, L., Novaes, A. G. N., Ballouti, A. E., & Cursi, E. S. D. (2022, 18-20 May 2022). An optimisation solution of Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). ,2022 11th International Symposium on Signal, Image, Video and

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Communications (ISIVC)

Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing. *Chemical Engineering Research and Design*, 662-673.

Rajab, S., Afy-Shararah, M., & Salonitis, K. (2022). Using Industry 4.0 Capabilities for Identifying and Eliminating Lean Wastes. *Procedia CIRP*, 21-27.

Sivakumar, A. I., & Chong, C. S. (2001). A simulation based analysis of cycle time distribution, and throughput in semiconductor backend manufacturing. *Computers in Industry*, 59-78.

กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2562). รายงานสภาวะอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยปี พ.ศ. *2563* และแนวโน้มปี พ.ศ. *2564*. สถาบันยานยนต์. Retrieved October 10, 2021 from https://data.thaiauto.or.th/images/PDF/AutoStatus/status_year2020.pdf

ปารณัท กัญวิมล, ส. จ. (2564). A Study of Milk-Run Vehicle Routing Problem and Receiving Schedule Adjustment A Case Study of Just-In-Time Automobile Factory ABC. *Thai Journal of Operations Research*.

ศูนย์สารสนเทศยานยนต์ สถาบันยานยนต์. (2553). *Just In Time (JIT:* ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี). Retrieved 11 Nov, 2023 from https://data.thaiauto.or.th/component/content/article/24-technology/auto-technology/285--tps-just-in-time-jit-.html

ศูนย์สารสนเทศยานยนต์ สถาบันยานยนต์. (2553). คำศัพท์ *TPS : Jidoka* (จิโดกะ) Retrieved 11 Nov, 2023 from https://data.thaiauto.or.th/auto/articles-th/auto-articles-th.html

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	*นายปฏิพัทธ์ มณีรัตน์*
วัน เดือน ปี เกิด	
สถานที่เกิด	*สระบุรี*
วุฒิการศึกษา	*วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการและโลจิสติกส์* *คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม* *มหาวิทยาลัยศิลปากร*
ที่อยู่ปัจจุบัน	*95 ม. 10 ต.หน้าพรลาน* *อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี 18240*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY