



การกำหนดเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนและการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยหลักการมิลค์รัน



ณัฐวิณี ฐานิตาศิริมงคล

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การกำหนดเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนและการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยหลักการมิลค์รัน



ณัฐวีณ์ ฐานิตาศิริมงคล

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

A DETERMINATION OF TRANSPORTATION ROUTES OF PARTS AND CARBON FOOTPRINT  
EMISSION WITH THE MILK RUN CONCEPT



NATTAVEE THANITASIRIMONGKOL

AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF ENGINEERING  
IN INDUSTRIAL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
BURAPHA UNIVERSITY

2025

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบงานนิพนธ์ได้พิจารณางาน  
นิพนธ์ของ ญัฐวีณ์ ฐานิตาศิริมงคล ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์

คณะกรรมการสอบงานนิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรหาญ ลีลา)

..... ประธาน  
(ดร.จักรวาล คุณะติลก)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรหาญ ลีลา)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฤฎวัลย์ จันทร์สา)

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณยศ คุรุกิจโกศล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ  
การศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ของมหาวิทยาลัย  
บูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิหวัส แจ้งเอี่ยม)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

65920378: สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ; วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)  
 คำสำคัญ: การกำหนดเส้นทางการขนส่ง/ มิลค์รัน/ แบบจำลอง LINEAR TRANSSHIPMENT NETWORK FLOW MODEL (LTNFM)/ การลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์/ การบริหารจัดการโลจิสติกส์/ การขนส่งชิ้นส่วน

ณัฐวิณี ฐานิตาศิริมงคล : การกำหนดเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนและการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยหลักการมิลค์รัน. (A DETERMINATION OF TRANSPORTATION ROUTES OF PARTS AND CARBON FOOTPRINT EMISSION WITH THE MILK RUN CONCEPT)  
 คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์: บรรหาญ ลิลา ปี พ.ศ. 2568.

การขนส่งชิ้นส่วนต่าง ๆ จากผู้ผลิตภายนอกมายังโรงงาน เป็นกิจกรรมที่มีต้นทุนและทำให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ซึ่งส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการจัดการอย่างยั่งยืนของโซ่อุปทาน งานวิจัยนี้นำเสนอการกำหนดเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนภายใต้แนวคิดมิลค์รันเพื่อให้มีระยะทางวิ่งของรถบรรทุกทุกสำหรับการขนส่งชิ้นส่วนทั้งหมดต่อวันสั้นที่สุดซึ่งจะส่งผลให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำลงด้วย โดยใช้แบบจำลองเชิงเส้นการไหลในเครือข่ายการขนส่ง (LTNFM) ประยุกต์กับปัญหาการขนส่งชิ้นส่วนจำนวน 235 รายการ จากผู้ผลิตภายนอกจำนวน 20 ราย แบ่งเป็น 2 โซนตามสภาพที่ตั้งจริงของโรงงานผู้ผลิต เพื่อนำชิ้นส่วนมาใช้ในการประกอบเป็นผลิตภัณฑ์โครงสร้างฐานตามแผนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาจำนวน 27 วัน ของเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2566 การประเมินผลลัพท์ทำโดยใช้ฟังก์ชัน OpenSolver ของโปรแกรม Microsoft Excel เปรียบเทียบกับวิธีการแบบเดิมที่ทำการขนส่งจากผู้ผลิตภายนอกแต่ละรายมายังโรงงานโดยตรง ผลลัพท์จากการประเมินด้วย LTNFM บ่งชี้ว่าสามารถลดระยะทางการขนส่งรวมจาก 74,157.90 กิโลเมตร เหลือ 38,231.30 กิโลเมตร และลดจำนวนรถบรรทุกที่ต้องใช้เฉลี่ยจาก 20 คันต่อวัน เหลือเพียง 12 คันต่อวัน ต้นทุนน้ำมันรวมลดลงจาก 676,966.28 บาท เหลือ 349,070.79 บาท ประหยัดได้ 327,895.49 บาท หรือลดลงร้อยละ 48.45 ของจำนวนรถบรรทุกและต้นทุนจากวิธีการแบบเดิม ขณะที่การปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะลดลงจาก 27,768.52 เหลือเพียง 11,079.85 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ลดลงร้อยละ 60 เมื่อเทียบกับวิธีการแบบเดิม ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้แบบจำลอง LTNFM ภายใต้กรอบแนวคิดมิลค์รัน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการโลจิสติกส์ของโซ่อุปทานทั้งด้านต้นทุนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นการส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืนในภาคอุตสาหกรรมต่อไป

65920378: MAJOR: INDUSTRIAL ENGINEERING; M.Eng. (INDUSTRIAL ENGINEERING)

KEYWORDS: TRANSPORTATION ROUTE OPTIMIZATION/ MILK RUN/ LINEAR  
TRANSSHIPMENT NETWORK FLOW MODEL (LTNFM)/ CARBON  
FOOTPRINT REDUCTION/ LOGISTICS MANAGEMENT/ PARTS  
TRANSPORTATION

NATTAVEE THANITASIRIMONGKOL : A DETERMINATION OF  
TRANSPORTATION ROUTES OF PARTS AND CARBON FOOTPRINT EMISSION WITH THE  
MILK RUN CONCEPT. ADVISORY COMMITTEE: BANHAN LILA, Ph.D. 2025.

Transportation of parts from external suppliers to the factory incurs both costs and carbon footprint emissions, impacting supply chain performance. This research presents the application of the milk-run concept for routing optimization in transporting parts, aiming to minimize the total daily truck travel distance which, subsequently, contributes to a lower carbon footprint emission by utilizing a Linear Transshipment Network Flow Model (LTNFM). The transportation routing problem for 235 parts from 20 external suppliers, divided into two zones based on the actual locations of the suppliers, to serve the chassis frame production plan in May 2023 (27 days) of the case study factory, was considered. The results were evaluated using the OpenSolver function in Microsoft Excel, and compared with the existing method of direct transportation from each supplier to the factory. The results from the LTNFM application indicated that the total transportation distance was reduced from 74,157.90 to 38,231.30 kilometres and with only 12 instead of 20 trucks were needed per day. Additionally, the total fuel costs were reduced from 676,966.28 to 349,070.79 THB. This indicated the saving 327,895.49 THB or 48.45% compared to the existing method. The carbon footprint emissions were reduced from 27,768.52 kgCO<sub>2</sub>e to just 11,079.85 kgCO<sub>2</sub>e, or 60% decrement. Thus, applying the LTNFM with the milk-run framework can improve logistics efficiency in terms of cost and environmental impact, supporting sustainable industrial development.

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา อาจารย์ที่ปรึกษา จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ที่ให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนตลอดกระบวนการดำเนินงานวิจัย ทำให้ข้าพเจ้าสามารถพัฒนางานวิจัยฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ตามเป้าหมาย รวมทั้งขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฤทธิชัย จันทรสภา และ ดร. จักรวาล คุณะติลก อาจารย์กรรมการสอบ ที่ได้กรุณาสละเวลาให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ และให้คำวิพากษ์วิจารณ์อย่างสร้างสรรค์ ซึ่งช่วยเสริมความสมบูรณ์ให้กับผลงานวิจัยฉบับนี้เป็นอย่างยิ่ง

นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ที่ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้ทางวิชาการ และสนับสนุนข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาของการศึกษา และข้าพเจ้าขอขอบคุณผู้ให้ข้อมูลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทุกแห่ง ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งตลอดการดำเนินงานวิจัย

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณครอบครัวและมิตรสหายทุกท่าน ที่เป็นแรงสนับสนุนและกำลังใจสำคัญตลอดระยะเวลาของการศึกษาและการดำเนินการวิจัย ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผลงานวิจัยฉบับนี้เป็นผลลัพธ์แห่งความมุ่งมั่น วิริยะอุตสาหะ และแรงสนับสนุนจากทุกภาคส่วน โดยหวังว่าผลงานชิ้นนี้จะ เป็นประโยชน์ต่อวงการวิชาการและการประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติต่อไป

ณัฐวีณ์ ฐานิตาศิริมงคล

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
บทที่ 1 .....	1
ที่มาและความสำคัญ.....	1
วัตถุประสงค์ .....	3
ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
แผนการดำเนินงาน.....	4
บทที่ 2 .....	5
ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (JUST-IN-TIME).....	5
ระบบมิลค์รัน (MILK RUN).....	6
โปรแกรมเชิงเส้น (LINEAR PROGRAMMING) .....	10
ตัวแบบการขนส่ง (TRANSPORTATION MODEL).....	14
การไหลในเครือข่าย (NETWORK FLOW).....	16
โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล เครื่องมือโซลเวอร์.....	18
การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการขนส่ง (CARBON FOOTPRINT).....	19
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	22

บทที่ 3 .....	27
ศึกษาภาพรวมและเก็บข้อมูล.....	28
สร้าง NETWORK การวิ่งของรถบรรทุก เพื่อขนส่งชิ้นส่วนตามกระบวนการของ MILK RUN.....	36
วิเคราะห์เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกที่เหมาะสมสำหรับการขนส่ง.....	38
ประเมินและเปรียบเทียบระยะทางและต้นทุนการขนส่ง .....	40
ประเมินและเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่ง.....	40
สรุปผลการดำเนินงานและนำเสนอ.....	41
บทที่ 4 .....	42
ผลการศึกษาภาพรวมและเก็บข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษา.....	42
ผลการวิเคราะห์เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกที่เหมาะสมสำหรับการขนส่ง .....	49
ผลการประเมินและเปรียบเทียบระยะทางและต้นทุนการขนส่ง .....	67
ผลการประเมินและเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์.....	70
บทที่ 5 .....	73
สรุปผลการวิจัย.....	73
ข้อเสนอแนะ.....	74
แนวทางการทำการวิจัยต่อ.....	74
บรรณานุกรม.....	75
ภาคผนวก.....	82
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	125

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ตารางเมทริกซ์ของวิธีซิมเพล็กซ์ .....	12
ตารางที่ 2 แผนการผลิต Chassis Frame ประจำเดือน พฤษภาคม 2566 .....	42
ตารางที่ 3 การแบ่งโซนการวิ่งของรถบรรทุก .....	52
ตารางที่ 4 ข้อมูลความต้องการขนส่งของโซน 1 ตามแผนการผลิตวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2566	53
ตารางที่ 5 จำนวนรถบรรทุกที่ต้องการเพื่อรับชิ้นส่วนจากผู้ผลิตตามแผนการผลิตวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 .....	55
ตารางที่ 6 ข้อมูล Supply และ Demand โซน 1 แผนการผลิตวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 .....	55
ตารางที่ 7 ตารางการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างวิธีการขนส่งแบบเดิมกับแนวทางที่นำเสนอ .....	68
ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบต้นทุนเชื้อเพลิง .....	69

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมยานยนต์ .....	1
ภาพที่ 2 กระบวนการทำงาน JIT .....	6
ภาพที่ 3 การรวมชิ้นส่วนด้วยพาหนะคันเดียวด้วยระบบ Milk Run .....	7
ภาพที่ 4 ระบบการขนส่งแบบดั้งเดิมและแบบ Milk Run.....	9
ภาพที่ 5 โปรแกรมเชิงเส้น.....	11
ภาพที่ 6 แผนภาพขั้นตอนพื้นฐานของวิธีซิมเพล็กซ์.....	13
ภาพที่ 7 ตัวแบบการขนส่ง.....	15
ภาพที่ 8 แผนภาพโดยรวมขั้นตอนการดำเนินงาน .....	27
ภาพที่ 9 ขั้นตอนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา.....	28
ภาพที่ 10 แผ่นเหล็กที่ใช้ในกระบวนการปั๊มขึ้นรูป.....	29
ภาพที่ 11 เครื่อง Stamping Process ขนาด 3,000 ตัน .....	29
ภาพที่ 12 Chassis Frame ของรถกระบะ .....	30
ภาพที่ 13 กระบวนการชุบสีของ Chassis Frame .....	30
ภาพที่ 14 Warehouse จัดเก็บ Chassis Frame .....	31
ภาพที่ 15 เตรียมแผ่นเหล็กก่อนทำการปั๊มขึ้นรูป.....	31
ภาพที่ 16 เครื่อง Stamping Process ขนาด 2,000 ตัน .....	32
ภาพที่ 17 Rear Axle.....	32
ภาพที่ 18 การตรวจสอบรอยร้าวของแนวเชื่อม.....	32
ภาพที่ 19 (ก) การกัด Common (ข) การกัด ABS และเจาะรู.....	33
ภาพที่ 20 Warehouse จัดเก็บ Rear Axle .....	33
ภาพที่ 21 แผนภาพกระบวนการขนส่งชิ้นส่วนบริษัทกรณีศึกษา .....	34

ภาพที่ 22 การเก็บรวบรวมข้อมูลในการสร้าง Network .....	35
ภาพที่ 23 ตัวอย่าง Network.....	37
ภาพที่ 24 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Bill of Materials, BOM).....	48
ภาพที่ 25 ตัวอย่างผลการประเมินคำตอบของทั้ง Network พร้อมกันที่ระยะเวลา 120 นาที.....	50
ภาพที่ 26 กราฟการเปรียบเทียบค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Best Possible Solution) กับเวลา .....	51
ภาพที่ 27 ระยะทางระหว่าง Node ใน Network ตามภาพที่ 23 .....	56
ภาพที่ 28 Network ที่เป็นไปได้ในการวิ่งของรถบรรทุกโซน 1 สำหรับแผนการผลิตวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 .....	56
ภาพที่ 29 แผ่นงานสำหรับบันทึกข้อมูล (Spreadsheet data base) ใน Microsoft Excel.....	59
ภาพที่ 30 Spreadsheet สำหรับ LTNFM Model ใน Microsoft Excel .....	60
ภาพที่ 31 การกำหนดเป้าหมายและเงื่อนไขใน OpenSolver.....	60
ภาพที่ 32 ผลลัพธ์จากโปรแกรม OpenSolver เสร็จสมบูรณ์ .....	61
ภาพที่ 33 ผลลัพธ์เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกจาก OpenSolver .....	61
ภาพที่ 34 เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุก โซน 1 ประจำวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 .....	62
ภาพที่ 35 ผลลัพธ์จากการกำหนดเส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกโซน 1 จาก LTNFM.....	67
ภาพที่ 36 ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ .....	71

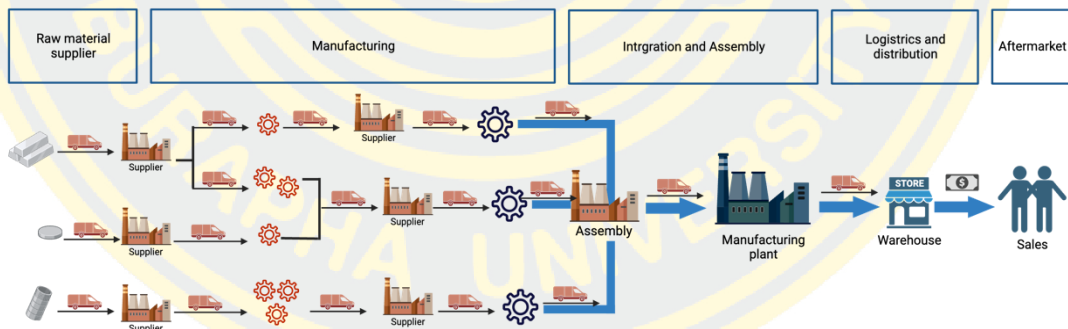
# บทที่ 1

## บทนำ

### ที่มาและความสำคัญ

อุตสาหกรรมยานยนต์มีขนาดใหญ่เป็นอันดับต้น ๆ เมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมชนิดอื่นของไทย ประเทศไทยเป็นผู้นำด้านการส่งออกรถยนต์เป็นอันดับ 2 ของเอเชียในปี พ.ศ. 2558 และลำดับ 18 ของโลกในปี พ.ศ. 2563 มีมูลค่าการส่งออกรถยนต์สูงถึง 8.28 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ (FluTech, 2023) หนึ่งในปัจจัยสำคัญ คือ การจัดการอย่างมีประสิทธิภาพในทุกขั้นตอนของห่วงโซ่อุปทานตั้งแต่การออกแบบ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ การจัดหา/ จัดเตรียมวัตถุดิบ การผลิต การตลาด และการจัดจำหน่าย ซึ่งจะทำให้อุตสาหกรรมยานยนต์ของประเทศไทยพัฒนาและเติบโตได้อย่างต่อเนื่อง เป็นศูนย์กลางการผลิตยานยนต์ที่มีคุณภาพสูงทั้งในระดับภูมิภาคและระดับโลกอันจะมีส่วนส่งเสริมด้านเศรษฐกิจของประเทศไทยให้มีความเข้มแข็งและยั่งยืน

ยานยนต์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนจำนวนมาก จึงส่งผลให้ห่วงโซ่อุปทานมีความซับซ้อนตามไปด้วย ตัวอย่างห่วงโซ่อุปทานดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมยานยนต์

ยานยนต์แต่ละคันจะต้องใช้ชิ้นส่วนประกอบตามโครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Bill of Materials, BOM) ซึ่งมีจำนวนมาก โรงงานประกอบยานยนต์จึงต้องทำการจัดหาผ่านกระบวนการจัดหา (Sourcing) ชิ้นส่วนจากผู้ผลิตภายนอก (Suppliers) ซึ่งเป็นสมาชิกต้นน้ำของห่วงโซ่อุปทานดังภาพที่ 1 Suppliers ของอุตสาหกรรมยานยนต์แบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อยได้แก่ 1) ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (Tier-1) 2) ผู้ประกอบชิ้นส่วนยานยนต์จากวัตถุดิบ (Tier-2) และ 3) ผู้ผลิตวัตถุดิบ (วิริยะ ทองเสื่อ, 2566) ทั้งนี้เพื่อนำมาประกอบยานยนต์จากชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Assembly) ตามแผนการผลิตต่อไป ใน

กระบวนการนี้ โรงงานประกอบจำเป็นต้องประสานงานกับผู้ผลิตชิ้นส่วน โดยการจัดการตั้งแต่การสั่งซื้อ การขนส่ง และการดูแลรักษาชิ้นส่วนระหว่างการจัดเก็บเพื่อรอการใช้งาน การดำเนินงานทั้งหมดนี้เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการสินค้าคงคลัง ซึ่งมีเป้าหมายหลัก คือ การเตรียมชิ้นส่วนให้เพียงพอต่อความต้องการใช้งานด้วยต้นทุนการจัดการที่เหมาะสม (บรรพหาญ ลิลา, 2553; สุภิษา ศิลสัตย์, 2564) การนำชิ้นส่วนมาที่โรงงานเร็วกว่ากำหนดจะส่งผลกระทบต่อภาระการจัดเก็บ ในขณะที่การนำชิ้นส่วนเข้ามาช้าก็อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงการขาดแคลน (Shortage) และกระบวนการประกอบต้องหยุดชะงัก (Stoppage) การจัดการที่ไม่เหมาะสมอาจจะส่งผลทำให้ต้นทุนการจัดการ (Inventory Management Cost) เพิ่มขึ้น และระดับบริการ (Service Level, SL) ลดลง เพื่อการนำชิ้นส่วนเข้าสู่กระบวนการผลิตอย่างเหมาะสมทั้งด้านเวลาและปริมาณ อุตสาหกรรมยานยนต์จึงใช้วิธีการจัดเตรียมสินค้าคงคลังให้สอดคล้องกับแนวทางการผลิตแบบทันเวลา (Just in Time, JIT) ซึ่งเป็นกลยุทธ์การผลิตที่มุ่งหวังจะปรับปรุงประสิทธิภาพและลดของเสีย โดยการสต็อกสินค้าในกระบวนการผลิตในปริมาณที่จำเป็นเท่านั้น ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนสินค้าคงคลังและพื้นที่จัดเก็บให้เหลือน้อยที่สุด (Daugherty et al., 1994) ในอุตสาหกรรมยานยนต์ JIT ยังนำมาใช้เพื่อการบรรลุเป้าหมายด้านความยืดหยุ่นในการผลิตและการส่งมอบตรงเวลา (Dai et al., 2012; Kádárová et al., 2021) อย่างไรก็ตามการจัดการแบบ JIT มีความท้าทายด้านการขนส่งชิ้นส่วนจากผู้ผลิตชิ้นส่วนมายังคลังวัตถุดิบของโรงงานประกอบยานยนต์ ซึ่งต้องทำได้อย่างต่อเนื่องและตรงเวลาเพื่อไม่ให้เกิดการหยุดชะงักของการผลิต (Iyer et al., 2013) ด้วยการจัดการด้านขนส่งอย่างมีประสิทธิภาพ (Golz et al., 2012)

โรงงานประกอบยานยนต์ที่เป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นผู้ประกอบชุดโครงฐาน (Chassis Frame) และเพลาหลัง (Rear Axle) ของรถยนต์ งานวิจัยนี้จะเลือกศึกษาในส่วนของการประกอบ Chassis Frame ซึ่งแต่ละชิ้นต้องใช้ชิ้นส่วนจำนวน 470 รายการ โดยโรงงานต้องรับชิ้นส่วนจำนวน 235 รายการสั่งซื้อจากผู้ผลิตชิ้นส่วนภายนอก ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2566 โรงงานต้องผลิตรถยนต์ทั้งหมด 9,360 คัน จากการเก็บข้อมูลผู้วิจัยพบว่าโรงงานกรณีศึกษามีการขนส่งชิ้นส่วน 20 รอบต่อวัน ด้วยปริมาตรบรรทุกเฉลี่ยร้อยละ 36.97 ต่อรอบของปริมาตรที่บรรจุได้ของรถบรรทุกเท่านั้น

นอกจากนี้ เมื่อประเมินด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม “การขนส่งที่ยั่งยืน (Sustainable Logistics)” ตามหลักการความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon-Neutral) ด้วยการเปรียบเทียบการลดการปล่อย (Emission) ก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งแบบต่าง ๆ รวมถึงการใช้เทคโนโลยีที่สะอาดและประสิทธิภาพในการจัดการ การใช้พลังงานที่มีความยั่งยืน และการลดการใช้วัสดุที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Wellbrock et al., 2020) ประกอบกับภาพลักษณ์ที่ดีขององค์กรผู้ประกอบการ

ธุรกิจ (Valiyan et al., 2023) ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Carbon Footprint) จึงเป็นปัจจัยที่โรงงานควรพิจารณาในการจัดการการขนส่งด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงจะศึกษาและออกแบบกระบวนการขนส่งชิ้นส่วนสำหรับการประกอบผลิตภัณฑ์ Chassis Frame ในโรงงานกรณีศึกษาด้วยแนวคิดของ Milk Run โดยการประยุกต์ใช้หลักการของ Linear Transshipment Network Flow เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านการจัดการการขนส่งมีชิ้นส่วนตามปริมาณที่ต้องใช้ของแผนการผลิต จากผู้ผลิตชิ้นส่วนทุกรายมายังโรงงานกรณีศึกษา ทั้งนี้ประสิทธิภาพจะประเมินจากระยะทางรวมและปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะถูกปล่อยจากกิจกรรมการขนส่งชิ้นส่วน

### วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อออกแบบเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนสำหรับการประกอบผลิตภัณฑ์ Chassis Frame ของโรงงานกรณีศึกษาจากตัวอย่างข้อมูลความต้องการผลิตในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2566 โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อออกแบบวิธีการขนส่งชิ้นส่วนระหว่างผู้ผลิตชิ้นส่วนและโรงงานกรณีศึกษาตามแนวคิด Milk Run ด้วยระยะทางการขนส่งรวมน้อยที่สุด
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดการขนส่งจากดัชนี ต้นทุนการขนส่งรวม และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการขนส่ง ระหว่างวิธีการขนส่งแบบเดิมและวิธีที่นำเสนอ

### ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาวัตถุดิบจากผู้ผลิตชิ้นส่วนที่ใช้ในการประกอบ Chassis Frame ของโรงงานกรณีศึกษา
2. ใช้แผนการผลิตในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2566 เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาการขนส่งระหว่างผู้ผลิตชิ้นส่วนและโรงงานกรณีศึกษา
3. เส้นทางและระยะทางการขนส่งชิ้นส่วนระหว่างจุด (Node) ที่อยู่ในเส้นทางที่เป็นไปได้ของการวิ่งของรถบรรทุกเพื่อการขนส่งชิ้นส่วน อ้างอิงจาก Google Map
4. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อ้างอิงจากกระบวนการขนส่งจริงภายในโรงงานกรณีศึกษา โดยใช้รถบรรทุกขนาด 6 ล้อ ยี่ห้อ IZUZU รุ่น FTR-240 น้ำมันที่ใช้ คือ ดีเซล B10 และอ้างอิงราคาน้ำมันกลางเฉลี่ยในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2566



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกำหนดเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนและการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยหลักการมิลค์รัน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการศึกษางานวิจัยนี้ โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just-in-Time)
2. ระบบมิลค์รัน (Milk Run)
3. โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming)
4. ตัวแบบการขนส่ง (Transportation Model)
5. การไหลในเครือข่าย (Network Flow)
6. โปรแกรมไม่โครซอฟต์แวร์เอ็กซ์เซล เครื่องมือโซลเวอรี
7. การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการขนส่ง (carbon footprint)
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (JUST-IN-TIME)

ระบบการจัดการสินค้าคงคลังแบบดั้งเดิม มักจะก่อให้เกิดสินค้าคงคลังที่ล้นเกินความจำเป็น ส่งผลให้ต้นทุนการถือครองสูงขึ้น รวมถึงพื้นที่จัดเก็บที่สำคัญที่หายไป ความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของสินค้าล้าสมัย และความยากลำบากในการเก็บรักษา ดังนั้นระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี หรือ Just-in-Time (JIT) ซึ่งเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของการผลิตแบบลีน ครอบคลุมแนวทางการจัดการต่าง ๆ ของการบริหารคลังสินค้า อาทิเช่น ระบบคุณภาพ ทีมงาน และการจัดการซัพพลายเออร์ (Shah & Ward, 2003) โดยเกี่ยวข้องกับการจัดส่งสินค้าสำเร็จรูป ส่วนประกอบ และวัสดุอย่างแม่นยำเมื่อจำเป็นต้องใช้เท่านั้น ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนสินค้าคงคลังและต้นทุนการบรรทุกสินค้าได้ (Khalfallah & Lakhal, 2021) JIT ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมยานยนต์และโรงงานประกอบรถยนต์ เนื่องจากความสำเร็จในการจัดการคลังสินค้า (Bányai & Bányai, 2017) ระบบการผลิตแบบนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อกำจัดของเสียและข้อบกพร่องให้เป็นศูนย์ โดยเน้นการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องและความรู้ของผู้ปฏิบัติงาน (Al Haraisa, 2017) นอกจากนี้ JIT ยังแสดงให้เห็นว่ามีอิทธิพลโดยตรงต่อกลยุทธ์การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (Tan, 2001) โดยสรุป JIT คือ ระบบการจัดการการผลิตและสินค้าคงคลังที่ครอบคลุมซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อกำจัดของเสีย ลดสินค้าคงคลัง และรับประกันการส่งมอบสินค้าและวัสดุได้ทันเวลา

ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการผลิตชิ้นส่วน อุตสาหกรรมยานยนต์ นอกจากนี้ JIT ได้รับการบูรณาการเข้ากับการขนส่งในห่วงโซ่อุปทาน โดยเฉพาะการประกอบยานยนต์ที่มักจะมีปัญหาการขนส่ง เนื่องจากมีลำดับการผลิตหลายระดับ ส่งผลให้ JIT ถูกนำมาใช้ในการวางแผนการปฏิบัติงานการขนส่งของห่วงโซ่อุปทานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Biswas & Sarker, 2020; Thapa & Silvestrov, 2015)

กระบวนการทำงานของ JIT ดังภาพที่ 2 ซึ่งแสดงภาพรวมของกระบวนการ โดยเริ่มต้นตั้งแต่การได้รับออเดอร์สินค้าจากลูกค้า เริ่มทำการสั่งซื้อสินค้าจาก Supplier ไปจนถึงขั้นตอนการส่งมอบสินค้าให้ลูกค้า โดยกระบวนการนี้มีผลทำให้สามารถควบคุมต้นทุนได้ดี อย่างไรก็ตาม กระบวนการทำงานของ JIT ต้องอาศัยการขนส่งวัสดุ ชิ้นส่วน ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ในห่วงโซ่อุปทานให้ทันเวลาเช่นกัน ดังนั้นการพัฒนาระบบการขนส่งให้ดียิ่งขึ้นเป็นสิ่งสำคัญในระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี

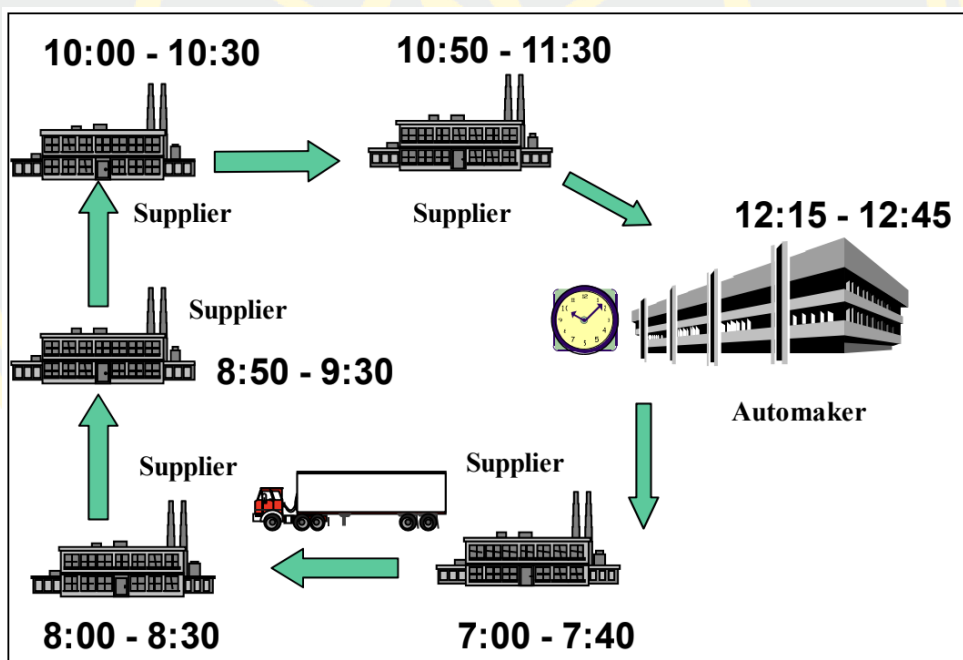


ภาพที่ 2 กระบวนการทำงาน JIT

### ระบบมิลค์รัน (MILK RUN)

กระบวนการขนส่งชิ้นส่วนจำนวนมากจากผู้ผลิตชิ้นส่วนหลายรายไปยังโรงงานประกอบมีความซับซ้อนและใช้ทรัพยากรมาก รูปแบบการขนส่งที่หลากหลาย การจัดส่งจำนวนมาก และระยะเวลาการจัดส่งที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ห่วงโซ่อุปทานไม่มีประสิทธิภาพ ระบบ "Milk Run" ได้กลายเป็นแนวทางในการปรับปรุงการขนส่ง โดย Milk Run เป็นระบบที่มุ่งหวังการเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งโดยการรวมการจัดส่งหลายรายการไว้ในเส้นทางเดียวที่ได้รับการปรับปรุงอย่างเหมาะสม ระบบนี้มีความแตกต่างจากระบบทั่วไปที่การจัดส่งเกิดขึ้นเมื่อมีคำสั่งซื้อแต่ละครั้ง

โดย Milk Run จะรวบรวมและจัดส่งชิ้นส่วนตามกำหนดเวลาจากผู้ผลิตชิ้นส่วนในบริเวณใกล้เคียงทางภูมิศาสตร์ด้วยยานพาหนะคันเดียว เป้าหมายเพื่อใช้ความจุของยานพาหนะให้เกิดประโยชน์สูงสุด ส่งผลให้สามารถรวบรวมชิ้นส่วนทั้งหมดในเส้นทางที่กำหนดไว้ล่วงหน้าภายในกรอบเวลาที่แม่นยำ (Andreatini et al., 2014; de Moura & Botter, 2016) ดังภาพที่ 3 ระบบ Milk Run ได้ถูกนำมาใช้ในการปรับปรุง พัฒนา การขนส่งชิ้นส่วนจากผู้ผลิตชิ้นส่วนไปยังโรงงานประกอบอย่างมากมาย อาทิเช่น การนำระบบ Milk Run มาใช้ในการส่งวัสดุจากพื้นที่จัดเก็บส่วนกลางไปยังจุดใช้งานต่าง ๆ บนเส้นทางที่กำหนดและในระยะเวลาอันสั้น (Klenk et al., 2015) รวมถึงการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการค้นหาอัลกอริทึมเพื่อนำมาแก้ปัญหาในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมยานยนต์ (Sadjadi et al., 2009) นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาคุณลักษณะของระบบ Milk Run ในอุตสาหกรรมยานยนต์ เช่น ความเร็วเฉลี่ย ความยาวเส้นทางและเวลาบรรทุก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบนี้ (Simić et al., 2021)



ภาพที่ 3 การรวมชิ้นส่วนด้วยพาหนะคันเดียวด้วยระบบ Milk Run (de Moura & Botter, 2016)

ระบบ Milk Run เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบหลักหลายประการ โดยแต่ละองค์ประกอบมีบทบาทสำคัญในการรับประกันการรวบรวมและจัดส่งชิ้นส่วนเพื่อการประกอบอย่างมีประสิทธิภาพ de Moura & Botter (2016) ได้รวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อจัดทำสรุปองค์ประกอบของระบบ Milk Run ดังต่อไปนี้

1. การวางแผนอุตสาหกรรม (Industrial Planning) ทีมขนส่ง (Logistic) ของผู้ผลิตรถยนต์ร่วมมือกับผู้ให้บริการขนส่งเพื่อระบุ Supplier ที่เข้าร่วมในกระบวนการรวบรวมตามกำหนดเวลา ขั้นตอนนี้เป็นกรรวบรวมข้อมูลตำแหน่งสถานที่ของการรับชิ้นส่วนต่าง ๆ เพื่อการวางแผนในการสร้างเส้นทางขนส่งที่เหมาะสม

2. ผู้ให้บริการขนส่ง (Logistics Carrier) เมื่อได้รับข้อมูลจากทีม Logistic ของผู้ผลิตรถยนต์แล้ว ถึงตำแหน่งในการรับชิ้นส่วนจาก Supplier ในสถานที่ต่าง ๆ แล้วนั้น ผู้ให้บริการขนส่งจะพัฒนาแผนการขนส่ง ซึ่งรวมถึงการประสานงานกับ Supplier จัดการกระบวนการขนส่ง และรับประกันการส่งมอบไปยังสายการผลิตได้ทันเวลาตามกำหนดเวลา

3. ซัพพลายเออร์ (Supplier) มีบทบาทสำคัญในการเตรียมการรวบรวมชิ้นส่วนตามข้อกำหนดและข้อมูลปริมาณที่ได้รับจากผู้ให้บริการ Logistic โดย Supplier จำเป็นต้องปฏิบัติตามวันและเวลาที่กำหนดไว้ล่วงหน้าในการเข้ารับชิ้นส่วน

4. การรับวัสดุ (Reception of Materials) ผู้ผลิตรถยนต์รับชิ้นส่วนที่รวบรวมแล้วและกระจายชิ้นส่วนตามลำดับตามสายการผลิตอย่างเป็นระบบ วิธีการนี้จะช่วยลดเวลาในการขนส่งให้เหลือน้อยที่สุด เนื่องจากคนขับจะบรรทุกสินค้าในรถด้วยรูปแบบที่ช่วยให้การขนถ่ายจากผู้ผลิตรถยนต์มีประสิทธิภาพมากขึ้น คนขับจะแจ้งให้ผู้ผลิตรถยนต์ทราบประมาณสิบนาทีก่อนเวลาส่งมอบที่กำหนด เพื่อให้สามารถเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการขนถ่ายได้ทันที กระบวนการรับวัสดุจะเร็วขึ้นเมื่อเทียบกับระบบการขนส่งแบบดั้งเดิม

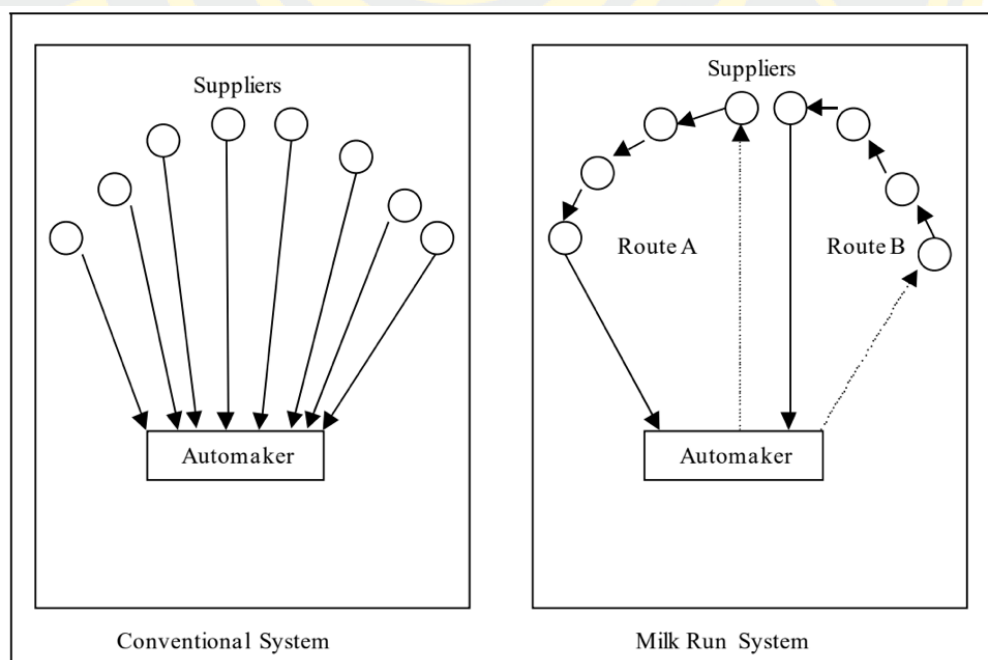
5. การขนส่งของผู้ผลิตรถยนต์ (Automaker's Logistics) ผู้ผลิตรถยนต์จะต้องทำการออกใบอนุญาตในการจัดส่งด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์โดยอิงตามจำนวนชิ้นส่วนที่ต้องใช้ในการเติมสายการผลิต เพื่อหลีกเลี่ยงสินค้าคงคลังส่วนเกิน

ดังนั้นโดยสรุป Milk Run คือ ระบบการจัดส่งที่ทำให้มีการรวบรวมและจัดส่งสินค้าจาก Supplier ไปยังบริษัทผู้ผลิตโดยใช้เทคนิคของการเดินรถบนเส้นทางที่เกี่ยวข้อง โดยในขั้นตอนแรกจะมีการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานจาก Supplier เช่น ข้อมูลการผลิต ข้อมูลการจัดส่ง และข้อมูลเส้นทาง เพื่อกำหนดตารางเวลาการเดินทาง (Schedule) ในการรับชิ้นส่วนจาก Supplier ต่าง ๆ โดยใช้ระบบ e-Kanban ที่เชื่อมโยงระหว่างบริษัทผู้ผลิตและ Supplier และทำให้ Supplier สามารถรับใบสั่งซื้อล่วงหน้าได้ โดย Lead Time ในการส่งสินค้าจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการผลิตของ Supplier และระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายชิ้นส่วนที่ปกติใช้เวลาประมาณ 20 นาที

(de Moura & Botter, 2016) การดำเนินงาน Milk Run ให้ประสบความสำเร็จ มีองค์ประกอบหลัก 3 ประการ คือ

1. การจัดเตรียมบุคลากร การแบ่งบุคลากรเป็นสองส่วน คือ ส่วนวางแผนและส่วนปฏิบัติการ ทั้งสองกลุ่มจะต้องมีการติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ
2. การออกแบบบรรจุภัณฑ์ การปรับปรุงระเบียบปฏิบัติในการบรรจุภัณฑ์เพื่อให้เหมาะสมกับระบบการขนส่ง Milk Run เพื่อประสิทธิภาพที่สูงที่สุด
3. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและอุปกรณ์ การใช้เทคโนโลยีและระบบต่าง ๆ เช่น ระบบ EDI (Electronic Data Interchange) หรือระบบ Internet เพื่อการสื่อสารและการส่งถ่ายข้อมูลระหว่างบริษัทผู้ผลิตและ Supplier ให้มีความแม่นยำและรวดเร็วมากขึ้น

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระบบการขนส่งแบบ Milk Run กับแบบดั้งเดิมดังภาพที่ 4 ระบบการขนส่งแบบดั้งเดิม Supplier มักจะต้องจัดส่งชิ้นส่วนประกอบของตนไปยังผู้ผลิตรถยนต์ด้วยตนเอง ค่าจัดส่งรวมอยู่ในราคาโดยรวมแล้ว ในระบบการขนส่งแบบนี้ ผู้ผลิตรถยนต์เลือกใช้การจัดการ CIF (Cost Insurance and Freight) ในทางกลับกัน ระบบ Milk Run เป็นการที่ผู้ผลิตรถยนต์รวบรวมชิ้นส่วนจากซัพพลายเออร์โดยตรง ส่งผลให้เกิดการซื้อแบบ FOB (Free on board) โดยที่ผู้ผลิตรถยนต์เป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (de Moura & Botter, 2016)



ภาพที่ 4 ระบบการขนส่งแบบดั้งเดิมและแบบ Milk Run  
(de Moura & Botter, 2016)

อรุณศรี พงษ์ย่อย (2557) ระบุว่าแนวทางที่จะทำให้การจัดการขนส่งด้วยระบบ Milk Run ประสบความสำเร็จได้โดยต้องมีการประสานงานที่ดีระหว่างขาเข้าและขาออกของสินค้า การจัดเส้นทางและตารางการขนส่งเพื่อส่งสินค้าให้ถึงลูกค้าตรงตามเวลาที่กำหนดและใช้ยานพาหนะขนส่งให้ได้ประโยชน์สูงสุด ดังนั้นการวางแผนเส้นทางและตารางการขนส่งที่มีประสิทธิภาพได้อย่างรวดเร็วจึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ

## โปรแกรมเชิงเส้น (LINEAR PROGRAMMING)

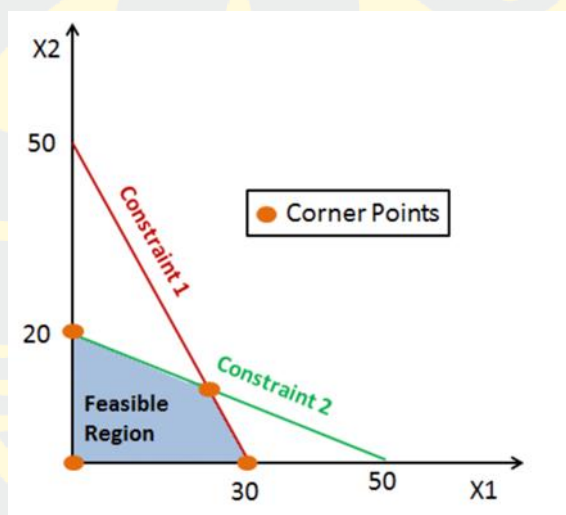
โปรแกรมเชิงเส้น หรือ Linear Programming (LP) เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการปรับผลลัพธ์ให้เหมาะสมผ่านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดย LP มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในสาขาต่าง ๆ เช่น เกษตรกรรม เศรษฐศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิทยาการคอมพิวเตอร์ในภาคเกษตรกรรม มีการใช้แบบจำลอง LP เพื่อจัดการกับกระบวนการตัดสินใจในระดับฟาร์ม (Weintraub & Romero, 2006) นอกจากนี้ LP ยังถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมสัตว์ปีกเพื่อการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจและการกำหนดสูตรอาหารสัตว์ที่มีต้นทุนน้อยที่สุด (Miller et al., 1986) ในสาขาคณิตศาสตร์ LP มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาอัลกอริทึมที่มีความซับซ้อนพหุนามและการลู่ออกเชิงเส้นตรง ทำให้เป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Potra & Liu, 2005) นอกจากนี้ LP ยังถูกนำไปใช้ในวิทยาการคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบอัลกอริทึมที่แม่นยำและการประมาณผลที่มีประสิทธิภาพ (Thapper & Živný, 2018) การใช้ LP ขยายไปถึงสาขาการแพทย์ ซึ่งใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกระจายขนาดยาของการฝังแร่บำบัด (Jozsef et al., 2003) โดยรวมแล้ว LP ได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นเครื่องมือพื้นฐานสำหรับการใช้งานที่หลากหลายในสาขาวิชาต่าง ๆ

นอกจากนี้ LP ยังถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการปรับปรุงระบบ Milk Run ให้เหมาะสม โดยมีงานวิจัยได้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ผสมผสานระหว่างการกำหนดเส้นทางการวิ่งของ Milk Run และช่วงเวลาในการวิ่งสำหรับยานพาหนะนำทางอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicles, AGV) การศึกษานี้เน้นย้ำถึงการประยุกต์ใช้ LP ในการจัดการกับความซับซ้อนของโลจิสติกส์ที่ใช้ระบบ Milk Run โดยเน้นบทบาทในการเพิ่มประสิทธิภาพเส้นทางและการใช้ทรัพยากร (SİPAHİOĞLU & ALTIN, 2019) นอกจากนี้ LP ยังเป็นเครื่องมือในการพัฒนาการวางแผนเส้นทางอัตโนมัติสำหรับโลจิสติกส์การขนส่งที่ใช้ระบบ Milk Run (Kitamura & Okamoto, 2012) นอกจากนี้ โปรแกรมเชิงเส้นที่ออกแบบโดย Kitamura & Okamoto (2012) สามารถมุ่งเป้าไปที่การแสดงลำดับที่ซับซ้อนต่าง ๆ ของสถานที่ โดยสมมติว่ามีการขนส่งโดยใช้ระบบ Milk Run

และแสดงให้เห็นถึงความยุ่งยากของ LP ในการจัดการกับความซับซ้อนของการวางแผนเส้นทางการวิ่งด้วยระบบ Milk Run

โดยสรุป LP ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการเพิ่มประสิทธิภาพระบบ Milk Run ให้เหมาะสม โดยนำเสนอแนวทางที่เป็นระบบสำหรับการวางแผนเส้นทางการใช้ทรัพยากร และจัดการกับข้อกำหนดในการจัดส่งที่ซับซ้อน

เป้าหมายหลักของการเขียนโปรแกรมเชิงเส้น คือ การเพิ่มหรือลดฟังก์ชันวัตถุประสงค์เชิงเส้นให้เหลือน้อยที่สุด ตัวแปรในแบบจำลองแสดงถึงตัวแปรในการตัดสินใจ และความสัมพันธ์เชิงเส้นจะเป็นความสัมพันธ์ของเงื่อนไขแสดงขอบข่ายและฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 โปรแกรมเชิงเส้น  
(Ali, 2020)

โดยจากภาพที่ 5 องค์ประกอบสำคัญของการเขียนโปรแกรมเชิงเส้น มีดังนี้

1. ตัวแปรการตัดสินใจ (Decision Variables) ตัวแปรที่จะต้องพิจารณาเพื่อหาค่าที่ดีที่สุด เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด
2. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) ฟังก์ชันที่เป็นตัวบอกเป้าหมายที่ต้องการค่าสูงสุด เช่น เป้าหมายของกำไรสูงสุด หรือเป้าหมายของต้นทุนต่ำที่สุด
3. ข้อจำกัด (Constraints) ขอบข่ายที่เป็นข้อจำกัดของคำตอบหรือค่าที่ตัวแปรตัดสินใจจะเป็นได้ ซึ่งอาจแทนด้วยสมการหรืออสมการ เช่น คำว่าไม่เกินแทนด้วยเครื่องหมายน้อยกว่าหรือเท่ากับ ( $\leq$ ) หรือคำว่าอย่างน้อยที่สุดแทนด้วยเครื่องหมายมากกว่าหรือเท่ากับ ( $\geq$ ) เป็นต้น

4. บริเวณที่เป็นไปได้ของคำตอบ (Feasible Region) กลุ่มของคำตอบที่อยู่ภายในเงื่อนไขขอบข่ายทั้งหมดของปัญหาหรือจากการอินเตอร์เซก (Intersection) ของข้อจำกัดทั้งหมดของปัญหา พิจารณาค่าทุกค่าที่ค่าบวกและศูนย์เท่านั้น

สมการมาตรฐานสำหรับโปรแกรมเชิงเส้น ดังแสดงในสมการ 2-1

$$f(x_1 + x_2 + \dots + x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (2-1)$$

โดยที่  $f(x_1 + x_2 + \dots + x_n)$  เป็นฟังก์ชันเชิงเส้น

$c_1, c_2, \dots, c_n$  เป็นสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่ 1, 2, ... ถึง n

$x_1, x_2, \dots, x_n$  เป็นตัวแปรในสมการที่มีเลขยกกำลังเป็นหนึ่ง

วิธีซิมเพล็กซ์ (Simplex method) ถูกนำมาใช้เป็นอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาค่าเชิงเส้น โปรแกรมเชิงเส้นอย่างแพร่หลาย ได้รับการพัฒนาโดย George Dantzig ในปี 1947 และยังคงเป็นหนึ่งในวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการแก้ปัญหาค่าเชิงเส้น โปรแกรมเชิงเส้น วิธีซิมเพล็กซ์ เป็นขั้นตอนวนซ้ำที่เริ่มต้นจากวิธีแก้ปัญหาค่าที่เป็นไปได้เบื้องต้น และมุ่งไปสู่วิธีแก้ปัญหาค่าที่ดีที่สุดอย่างเป็นระบบโดยการปรับปรุงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในแต่ละขั้นตอน วิธีซิมเพล็กซ์จะอาศัยการคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดจากตารางซิมเพล็กซ์ ซึ่งมีที่มาจากทฤษฎีของเมทริกซ์ สามารถแก้ปัญหาค่าเชิงเส้นที่มีจำนวนตัวแปรตัดสินใจจำนวนมากได้ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยในคอลัมน์แรก คือ ฐาน คอลัมน์ที่สอง คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรที่ปรากฏที่ฐานมีในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ( $C_b$ ) ในคอลัมน์ที่สาม เงื่อนไขอิสระของทุกข้อจำกัด ( $P_0$ ) และจากคอลัมน์นี้จะปรากฏตัวแปรแต่ละตัวของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ( $P_i$ )

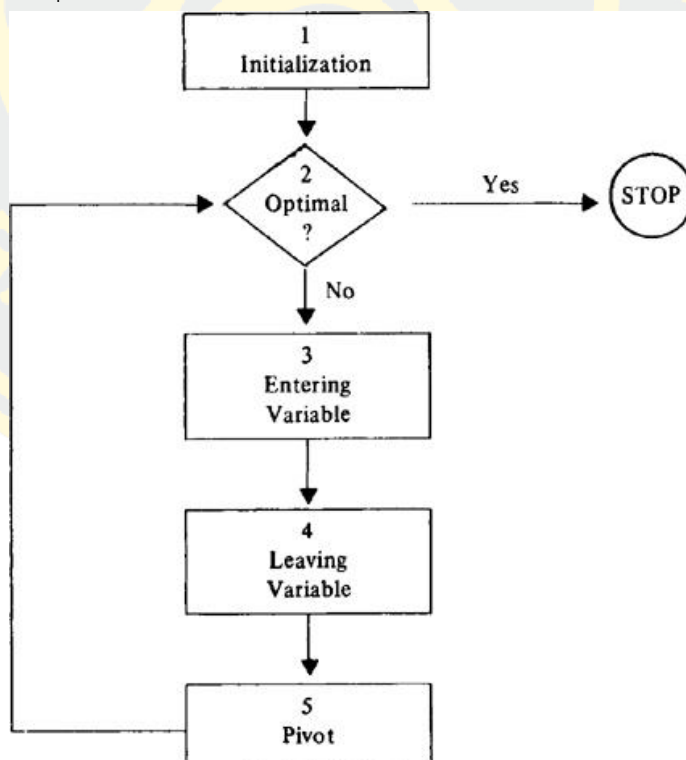
ตารางที่ 1 ตารางเมทริกซ์ของวิธีซิมเพล็กซ์

(Dantzig & Thapa, 1997)

			$C_1$	$C_2$	...	$C_n$
Base	$C_b$	$P_0$	$P_1$	$P_2$	...	$P_n$
$P_1$	$C_{b1}$	$b_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	...	$a_{1n}$
$P_2$	$C_{b2}$	$b_2$	$a_{21}$	$a_{22}$	...	$a_{2n}$
...	...	...	...	...	...	...
$P_m$	$C_{bm}$	$b_m$	$a_{m1}$	$a_{m2}$	...	$a_{mn}$
Z		$Z_0$	$Z_1 - C_1$	$Z_2 - C_2$	...	$Z_n - C_n$

ขั้นตอนพื้นฐานของวิธีซิมเพล็กซ์ ดังภาพที่ 6 โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเริ่มต้น (Initialization) เริ่มต้นด้วยวิธีแก้ปัญหาเบื้องต้นที่เป็นไปได้ วิธีการนี้สามารถหาได้จากวิธีการต่าง ๆ เช่น วิธีแบบกราฟิกหรือวิธีการศึกษาสำนักอื่น ๆ
2. การทดสอบประสิทธิภาพสูงสุด (Optimality Test) ตรวจสอบว่าวิธีการปัจจุบันเหมาะสมที่สุดหรือไม่ หากวิธีการปัจจุบันเหมาะสมที่สุด อัลกอริทึมจะยุติลง ถ้าไม่ ให้ดำเนินการขั้นตอนถัดไป
3. ระบุตัวแปรเข้าและออก (Identify Entering and Leaving Variables) เลือกตัวแปรที่ไม่ใช่พื้นฐาน (ตัวแปรเข้า) เพื่อเพิ่มหรือลด และเลือกตัวแปรพื้นฐาน (ตัวแปรออก) เพื่อลดหรือเพิ่มขึ้นตามลำดับ เพื่อปรับปรุงฟังก์ชันวัตถุประสงค์
4. การดำเนินการ Pivot (Pivot Operation) อัปเดตพื้นฐานด้วยการดำเนินการ Pivot ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงวิธีการที่เป็นไปได้ในปัจจุบันเป็นวิธีการที่เป็นไปได้ใหม่ตามแนวขอบของบริเวณที่เป็นไปได้
5. กลับไปที่ขั้นตอนที่ 2 (Return to Step 2) ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2-4 จนกว่าจะได้วิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด



ภาพที่ 6 แผนภาพขั้นตอนพื้นฐานของวิธีซิมเพล็กซ์

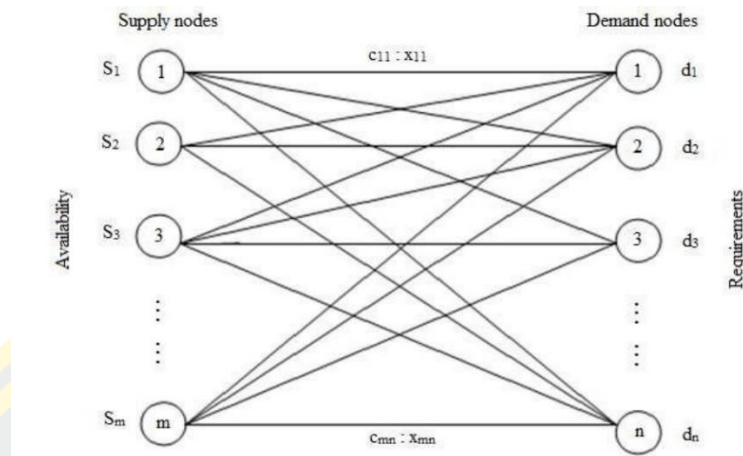
(Feiring, 1986)

## ตัวแบบการขนส่ง (TRANSPORTATION MODEL)

ตัวแบบการขนส่งเป็นเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในสาขาการวิจัยการดำเนินงานและลอจิสติกส์ เพื่อแก้ปัญหาการขนส่งและการจัดจำหน่าย แบบจำลองนี้ช่วยในการกำหนดวิธีการขนส่งสินค้าจากซัพพลายเออร์หลายรายไปยังจุดหมายปลายทางต่าง ๆ ที่คุ้มต้นทุนมากที่สุด เป้าหมายหลัก คือ การลดต้นทุนการขนส่งทั้งหมดให้เหลือน้อยที่สุด ในขณะที่เดียวกันก็ตอบสนองข้อจำกัด เช่น ความต้องการด้านอุปสงค์และอุปทาน (นิตดา, 2556) โดยองค์ประกอบและคุณลักษณะที่สำคัญของตัวแบบการขนส่ง ดังภาพที่ 7 และมีดังต่อไปนี้

1. โหนด (Node) เริ่มต้นจากซัพพลายเออร์ จากจุดที่ผลิตหรือขนส่งสินค้า ไปยังปลายทางจุดที่ต้องส่งสินค้า
2. ส่วนโค้งหรือเส้นทาง (Arcs or Routes) แสดงถึงเส้นทางของการขนส่งที่เป็นไปได้ระหว่างซัพพลายเออร์และจุดหมายปลายทาง
3. ค่าใช้จ่าย (Cost) เชื่อมโยงกับแต่ละส่วนโค้งซึ่งแสดงถึงต้นทุนการขนส่งสินค้าหนึ่งหน่วยตามเส้นทางนั้น
4. อุปสงค์และอุปทาน (Supply and Demand) โดยซัพพลายเออร์แต่ละรายมีปริมาณการจัดหา (จำนวนสินค้าที่มีอยู่) และแต่ละปลายทางมีปริมาณความต้องการ (จำนวนสินค้าที่ต้องการ)
5. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) โดยทั่วไปเกี่ยวข้องกับการลดต้นทุนการขนส่งทั้งหมดให้เหลือน้อยที่สุด ซึ่งเป็นผลรวมของผลิตภัณฑ์ของปริมาณที่จัดส่งและราคาต่อหน่วยในแต่ละเส้นทาง
6. ข้อจำกัด (Constraints) เป็นการตรวจสอบให้แน่ใจว่าปริมาณรวมที่จัดส่งจากซัพพลายเออร์แต่ละรายไม่เกินอุปทาน และตรวจสอบให้แน่ใจว่าปริมาณรวมที่ได้รับในแต่ละปลายทางตรงกับความต้องการ

ในทางคณิตศาสตร์ ปัญหาการขนส่งสามารถกำหนดเป็นแบบจำลองการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นได้ สามารถใช้อัลกอริทึมต่าง ๆ เช่น วิธีการขนส่ง Simplex วิธีมุมตะวันตกเฉียงเหนือและวิธีการประมาณค่าของ Vogel เพื่อค้นหาวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด



ภาพที่ 7 ตัวแบบการขนส่ง  
(Ahmed et al., 2017)

จากภาพที่ 7 เห็นได้ชัดว่าสินค้าสามารถขนส่งจากหลายแหล่งไปยังจุดหมายปลายทางต่าง ๆ และในทางกลับกัน ปัญหาการขนส่งเกี่ยวข้องกับการพิจารณาการจัดสรรสินค้าอย่างเหมาะสมจากแต่ละต้นทางไปยังปลายทางแต่ละแห่ง ในขณะที่เดียวกันก็พิจารณาปริมาณที่มีอยู่ในแต่ละต้นทางและความต้องการในแต่ละปลายทาง มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการขนส่งทั้งหมดให้เหลือน้อยที่สุด ดังนั้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการขนส่งนี้แสดงได้ดังสมการที่ 2-2

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (2-2)$$

ให้  $Z$  เป็นต้นทุนรวมในการขนส่งสินค้าทั้งหมด และ  $X_{ij}$  แทนปริมาณของสินค้าที่ขนส่งจากต้นทาง  $i$  ไปยังปลายทาง  $j$  ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ถูกกำหนดเป็น

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_{ij} \text{ for } i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq b_{ij} \text{ for } i = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} \geq 0 \text{ for all } i, j$$

ในที่นี้ ข้อจำกัดชุดแรกช่วยให้แน่ใจว่าผลรวมของสินค้าที่ขนส่งจากแต่ละแหล่งกำเนิดจะไม่เกินปริมาณที่มีอยู่ และชุดที่สองทำให้แน่ใจได้ว่าผลรวมของสินค้าที่ได้รับจากปลายทางแต่ละแห่งจะ

ตรงกับความต้องการ ถ้าเมื่อไรก็ตามที่ผลรวมของจำนวนสินค้าที่มีอยู่ที่ต้นทางทั้งหมด เท่ากับผลรวมของจำนวนความต้องการสินค้าที่ปลายทางทั้งหมด จะเรียกดัวแบบนี้ว่า ดัวแบบการขนส่งสมดุล (Balanced Transportation Model) แต่ถ้าผลรวมของจำนวนสินค้าที่มีอยู่ที่ต้นทางทั้งหมดมีค่าไม่เท่ากับผลรวมของจำนวนความต้องการสินค้าที่ปลายทางทั้งหมด จะเรียกดัวแบบนี้ว่า ดัวแบบการขนส่งไม่สมดุล (Unbalanced Transportation Model)

### การไหลในเครือข่าย (NETWORK FLOW)

แนวคิดเรื่องการไหลในเครือข่ายเกี่ยวข้องกับการกำหนดค่าให้กับขอบภายในกราฟที่ระบุทิศทางถ่วงน้ำหนัก น้ำหนักทิศทางบนขอบเหล่านี้บ่งบอกถึงความจุ (Capacity) ของแต่ละขอบ เพื่อให้เกิดความสมดุล การไหลเข้าทั้งหมดที่จุดเชื่อมต่อจะต้องเท่ากับการไหลออก โดยมีข้อยกเว้นสองประการ คือ การเชื่อมต่อต้นทาง (S) และปลายทาง (T) ที่ S มีการไหลออก แต่ไม่มีการไหลเข้า ในขณะที่ T มีการไหลเข้า แต่ไม่มีการไหลออก ในงานวิจัยนี้ S คือ แหล่งที่มา (Source) และ T เป็นปลายทาง (Sink) (Van Roy & Mason, 2005) การแก้ปัญหาด้วย Shortest Path และ Transshipment ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ การแก้ปัญหาด้วย Shortest Path นั้นเป็นการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ซึ่งก็คือ เส้นทางที่ตรงที่สุดระหว่างสองโหนด (หรือจุดยอด) ในกราฟ โดยที่ผลรวมของน้ำหนักของขอบจะลดลง มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในอัลกอริทึมการกำหนดเส้นทางสำหรับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ การวางแผนการขนส่ง และลอจิสติกส์ เพื่อค้นหาวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการเดินทางระหว่างสถานที่สองแห่ง

Ravindra K. Ahuja, et al. (1988) ได้ศึกษา Shortest Path ระหว่างจุดสองจุด โดยเน้นวัตถุประสงค์ในการค้นหาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดระหว่างจุดยอดสองจุดภายในกราฟ ซึ่งช่วยลดผลรวมของน้ำหนักสะสมตามขอบของเส้นทางที่เลือกให้เหลือน้อยที่สุด ตัวอย่างที่แสดงให้เห็นเกี่ยวข้องกับการกำหนดเส้นทางที่สั้นที่สุดจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่งบนแผนที่ โดยที่จุดยอดแสดงถึงสถานที่ และขอบแสดงถึงถนนหรือเส้นทาง โดยมีน้ำหนักของขอบที่เป็นสัญลักษณ์ของเวลาในการเดินทาง Shortest Path ครอบคลุมรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่

1. ปัญหา Shortest Path คู่เดียวมุ่งเน้นไปที่การค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุดยอดที่กำหนด  $u$  และ  $v$
2. ปัญหา Shortest Path แหล่งเดียวมุ่งหวังที่จะระบุเส้นทางที่สั้นที่สุดจากจุดยอดแหล่งที่มาที่กำหนด  $v$  ไปยังจุดยอดอื่น ๆ ทั้งหมดในกราฟ

3. ปัญหา Shortest Path จากแหล่งเดียวและปลายทางจะขยายขอบเขตเพื่อค้นหา Shortest Path จากจุดยอดต้นทางไปยังจุดยอดทั้งหมด และจากจุดยอดทั้งหมดไปยังจุดยอดปลายทาง ในกราฟที่ไม่มีทิศทาง

การแก้ปัญหาด้วย Transshipment เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายสินค้าหรือทรัพยากรจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งผ่านจุดกึ่งกลาง (โหนดการถ่ายเท) ในเครือข่าย ในการจัดการโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน Transshipment จะใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนของสินค้าผ่านเครือข่าย ช่วยให้กระจายสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดต้นทุน อาจเกี่ยวข้องกับการขนส่งหลายรูปแบบและสถานที่จัดเก็บ โดยสรุปการแก้ปัญหาด้วย Transshipment คือ การขนส่งผ่านจุดกึ่งกลางก่อนที่จะถึงจุดหมายปลายทางสุดท้าย การปฏิบัติตามกฎความสมดุลของการไหลในแต่ละโหนดถือเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้มั่นใจว่าการไหลเข้าเท่ากับการไหลออก

อัลกอริทึม Shortest Path มักใช้เป็นองค์ประกอบในการแก้ปัญหาด้วย Transshipment เมื่อพิจารณาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการขนส่งสินค้าจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่งผ่านเครือข่าย การค้นหา Shortest Path ระหว่างโหนดต่าง ๆ อาจเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการแก้ปัญหาด้วย Transshipment มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนหรือเพิ่มประสิทธิภาพการขนย้ายสินค้าผ่านเครือข่ายให้สูงสุด ส่งผลให้การค้นหาการผสมผสานที่เหมาะสมที่สุดของเส้นทาง (Shortest Path) และปริมาณที่จะทำการถ่ายเทที่โหนดระดับกลาง โดยสรุปเป็นเรื่องสำคัญ แม้ว่า Shortest Path จะมุ่งเน้นไปที่การค้นหาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดระหว่างจุดสองจุด และ Transshipment จะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพการไหลของสินค้าผ่านเครือข่ายที่อาจเกี่ยวข้องกับจุดระหว่างกลางและหลายเส้นทาง แต่แนวคิดทั้งสองมักจะเชื่อมโยงถึงกันในปัญหาการปรับให้เหมาะสมในโลกแห่งความเป็นจริง ดังนั้นการนำการแก้ปัญหาด้วย Shortest Path และ Transshipment ทั้งสองแบบมาใช้ในการงานวิจัยนี้ เป็นสิ่งที่จะช่วยให้การกำหนดเส้นทางสำหรับการขนส่งขึ้นส่วนดีขึ้น

แนวทางการแก้ปัญหาเกี่ยวข้องกับการใช้โปรแกรมเชิงเส้น ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการแก้ปัญหาการขนส่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เครื่องมือ Microsoft Excel Solver ถูกใช้เพื่อกำหนดโหมดการขนส่งที่มีอยู่ซึ่งส่งผลให้มีต้นทุนรวมต่ำที่สุด สันติ ชัยยะ และ อัครนันท์ พงศธร วิวัฒน์ (2563) ได้พิสูจน์ว่าวิธีนี้มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการค้นหาเพื่อให้ได้วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพที่แน่นอน การบูรณาการวิธีการเหล่านี้ก่อให้เกิดกรอบการทำงานที่ครอบคลุมในการจัดการกับความท้าทายในการไหลเวียนของเครือข่ายที่ซับซ้อน ดังนั้นในหัวข้อถัดไปจะกล่าวถึง เครื่องมือ Microsoft Excel Solver ที่ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น

## โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซล เครื่องมือโซลเวอร์

โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซล เครื่องมือโซลเวอร์ หรือ Microsoft Excel Solver เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพซึ่งมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในสาขาต่าง ๆ เครื่องมือนี้รวมฟังก์ชันของอินเทอร์เฟซผู้ใช้แบบกราฟิก ภาษาการสร้างแบบจำลองพีชคณิต และเครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับโปรแกรมเชิงเส้น ไม่เชิงเส้น และจำนวนเต็ม (Fylstra et al., 1998) เครื่องมือนี้ถูกนำมาใช้สำหรับการใช้งานที่หลากหลาย รวมถึงการปรับลำดับการกลั่นให้เหมาะสม (Vázquez et al., 2021) ความพร้อมใช้งานที่แพร่หลายและอินเทอร์เฟซที่ใช้งานง่ายทำให้เป็นตัวเลือกยอดนิยมสำหรับการแก้ปัญหาการปรับให้เหมาะสม (Mason, 2013) นอกจากนี้ Excel Solver ยังถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์และเพิ่มประสิทธิภาพของระบบและกระบวนการ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการใช้งานใน การจัดการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน (Rivas et al., 2006) นอกจากนี้ยังถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการทางชีวเคมี เช่น การประเมินวิธีแก้ปัญหาของวิโมเมนต์ของจลนพลศาสตร์ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Oke et al., 2018) แม้จะมีการใช้งานที่หลากหลาย แต่สิ่งสำคัญที่ควรทราบ คือ Excel Solver มีข้อจำกัดบางประการ ตัวอย่าง เช่น เครื่องมือนี้อาจไม่ทำงานบนเวิร์กชีทที่ได้รับการป้องกัน และ Add-in ในตัวของเครื่องมือนี้สามารถแก้โปรแกรมจำนวนเต็มผสมที่มีตัวแปรได้สูงสุด 200 เซลล์ (Buttrey, 2005; Grossman & Özlük, 2009) โดยสรุป Microsoft Excel Solver เป็นเครื่องมืออเนกประสงค์และใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งมีอินเทอร์เฟซที่ใช้งานง่ายสำหรับการแก้ปัญหาการปรับให้เหมาะสมในสาขาวิชาต่าง ๆ

หลักการทำงานของ Solver เกี่ยวข้องกับการจัดการกับค่าอินพุตของตัวแปรเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ กระบวนการนี้ดำเนินการโดยการสุ่มเปลี่ยนค่าของเซลล์สูงสุด 200 เซลล์ภายในขีดจำกัดที่ระบุ เป้าหมายสูงสุด คือ การระบุค่าอินพุตที่ปรับผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ให้เหมาะสม โดยพิจารณาจากวัตถุประสงค์เดียวในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา (สิระ เอกบุตร, 2023) มีวิธีการที่แตกต่างกันสามวิธีในการแก้ปัญหา

1. Simplex LP วิธีการนี้จะได้ผลเมื่อมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างอินพุตและเอาต์พุต รวมถึงอินพุตและข้อจำกัด ข้อสันนิษฐานความเป็นเชิงเส้นบอกเป็นนัยว่าการเปลี่ยนแปลงค่าอินพุตส่งผลให้เกิดความแปรผันต่อเนื่องและเป็นเส้นตรงในเอาต์พุต Simplex LP ได้รับการออกแบบมาเพื่อค้นหาวิธีการที่ดีที่สุด (Global Optimization) ทำให้เหมาะสำหรับสถานการณ์ที่จำเป็นต้องขยายหรือลดวัตถุประสงค์โดยรวมที่เป็นเอกพจน์

2. GRG Non-Linear (Generalized Reduced Gradient) ถูกเลือกเมื่อมีความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นอย่างน้อยหนึ่งรายการระหว่างอินพุตและเอาต์พุต ต่างจาก Simplex LP ตรงที่ GRG Non-Linear ช่วยให้สามารถเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์อินพุต-เอาต์พุตได้อย่างต่อเนื่องแต่ไม่เป็น

เชิงเส้น อย่างไรก็ตาม ค่าที่ดีที่สุดนั้นจำกัดอยู่ที่ขอบเขตท้องถิ่น (Local Optimization) ซึ่งหมายความว่าค่าดังกล่าวอาจไม่สามารถระบุวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดได้ วิธีนี้เหมาะอย่างยิ่งสำหรับสถานการณ์ที่พื้นที่วิธีการมีความซับซ้อนและมีลักษณะเฉพาะด้วยความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้น

3. Evolutionary จะถูกนำไปใช้เมื่อมีความสัมพันธ์ที่ไม่ต่อเนื่องระหว่างอินพุตและเอาต์พุตอย่างน้อยหนึ่งรายการ ตัวอย่างของความสัมพัทธ์ที่ไม่ต่อเนื่องรวมถึงเงื่อนไขที่แสดงผ่านคำสั่ง IF, VLOOKUP, INDEX หรือฟังก์ชันอื่น ๆ ที่มีการใช้ขั้นตอนที่ไม่ต่อเนื่องหรือไม่เป็นแบบเชิงเส้น ผลลัพธ์ที่ได้รับด้วยวิธี Evolutionary อาจอยู่ในระดับที่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ๆ

โดยสรุป Solver มีความยืดหยุ่นในการเลือกวิธีการที่เหมาะสมโดยยึดตามลักษณะของความสัมพัทธ์ระหว่างอินพุต เอาท์พุต และข้อจำกัด ไม่ว่าจะจัดการกับความสัมพัทธ์เชิงเส้น ไม่เชิงเส้น หรือไม่ต่อเนื่อง Solver มีชุดเครื่องมืออเนกประสงค์สำหรับการปรับโซลูชันให้เหมาะสมภายในขีดจำกัดที่ระบุ

### การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการขนส่ง (CARBON FOOTPRINT)

ภาวะโลกร้อนมีความเชื่อมโยงอย่างซับซ้อนกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งรวมถึงคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทนไนตรัสออกไซด์ และฟลูออไรด์ โดยที่ Carbon Footprint หรือรอยเท้าคาร์บอนแสดงถึงปริมาณรวมของก๊าซเหล่านี้ที่ปล่อยออกมาทั้งทางตรงและทางอ้อมในระหว่างการผลิตและการบริโภคสินค้าและบริการ (Hertwich & Peters, 2009) การปล่อยก๊าซเหล่านี้มีส่วนทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก ซึ่งเป็นตัวขับเคลื่อนหลักของภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ตามมา ความพยายามในการลด Carbon Footprint ถือเป็นสิ่งสำคัญในการบรรเทาภาวะโลกร้อน เช่น การเพิ่มความตระหนักรู้ผ่านสื่อ การใช้กฎระเบียบด้านสิ่งแวดล้อมที่เข้มงวด และการเปลี่ยนไปใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียนสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนและต่อสู้กับภาวะโลกร้อนในระยะยาว นอกจากนี้ การประเมินและการเพิ่มประสิทธิภาพ Carbon Footprint ในระดับต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มต้นผลิตภัณฑ์แต่ละรายการไปจนถึงอุตสาหกรรมทั้งหมด มีบทบาทสำคัญในการจัดการกับความท้าทายที่เกิดจากภาวะโลกร้อน

โดยสรุป Carbon Footprint เป็นตัววัดที่สำคัญในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งมีส่วนทำให้เกิดภาวะโลกร้อนอย่างมีนัยสำคัญ การทำความเข้าใจและลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคส่วนต่าง ๆ ถือเป็นขั้นตอนสำคัญในการต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบที่ไม่พึงประสงค์ต่อสิ่งแวดล้อม

ภาคการขนส่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขนส่งทางถนน มีบทบาทสำคัญในการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยรวม (Shan et al., 2018) Carbon Footprint ของโลจิสติกส์รถบรรทุกครอบคลุมการปล่อยก๊าซคาร์บอนที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ ปัจจัยต่าง ๆ เช่น ระยะทาง ปัจจัยด้านน้ำหนักบรรทุก และกำหนดการขนถ่ายมีอิทธิพลต่อระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Dubisz & Golinska-Dawson, 2021) ส่งผลให้การจัดการกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการขนส่งด้วยรถบรรทุกเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการบรรเทาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการขนส่ง การเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์ การใช้หลักปฏิบัติในการจัดการยานพาหนะที่ยั่งยืน การนำกลยุทธ์คาร์บอนต่ำ และรวมถึงการใช้แนวคิดมิลค์รันมาใช้ในกระบวนการขนส่ง จะสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากรถบรรทุกได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีการคำนวณ Carbon Footprint สำหรับการการขนส่งเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย โดยเน้นการเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนสู่ชั้นบรรยากาศในกิจกรรมการขนส่งก่อนและหลังการปรับปรุง

การคำนวณ Carbon Footprint ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ รวมถึงการปล่อยก๊าซโดยตรงจากกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การขับเคลื่อนและการทำความร้อน รวมถึงการปล่อยก๊าซทางอ้อมจากการผลิตและการขนส่งสินค้าและบริการที่บุคคลหรือองค์กรบริโภค แนวทางที่ครอบคลุมนี้ช่วยให้สามารถประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกิจกรรมหรือองค์กรหนึ่ง ๆ ได้แม่นยำยิ่งขึ้น (Ditto, 2023) มีหลายวิธีในการคำนวณ Carbon Footprint รวมถึงการใช้ปัจจัยการปล่อยก๊าซที่เป็นมาตรฐานสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ การประเมินวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์และบริการ (Life Cycle Assessment, LCA) และเครื่องมือการบัญชีคาร์บอน (Carbon Accounting Tools) วิธีการเหล่านี้ช่วยให้องค์กรและบุคคลสามารถติดตามการปล่อยก๊าซเรือนกระจก กำหนดเป้าหมายการลด และใช้กลยุทธ์เพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนให้เหลือน้อยที่สุด โดยวิธีการคำนวณ Carbon Footprint ในเบื้องต้นมีดังนี้

#### 1. กำหนดขอบเขต (Define the Scope)

ขอบเขต 1 การปล่อยมลพิษโดยตรงจากแหล่งที่เป็นเจ้าของหรือควบคุม เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงในรถยนต์ของบริษัท

ขอบเขต 2 การปล่อยก๊าซทางอ้อมจากการผลิตไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำที่ซื้อ

ขอบเขต 3 การปล่อยก๊าซทางอ้อมจากห่วงโซ่คุณค่าทั้งหมด รวมถึงห่วงโซ่อุปทาน วงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ และกิจกรรมอื่น ๆ ที่ไม่ได้เป็นเจ้าของหรือควบคุมโดยกิจการ

#### 2. ระบุแหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Identify Emission Sources)

แสดงรายการกิจกรรมและกระบวนการทั้งหมดที่มีส่วนทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในขอบเขตที่เลือก แหล่งที่มาทั่วไป ได้แก่ การใช้พลังงาน การขนส่ง การผลิตของเสีย และอื่น ๆ

### 3. รวบรวมข้อมูล (Gather Data)

รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับแหล่งปล่อยก๊าซแต่ละแห่ง ซึ่งอาจรวมถึงค่าสาธารณูปโภค บันทึกการใช้เชื้อเพลิง ข้อมูลการขนส่ง ฯลฯ

### 4. แปลงข้อมูลให้เทียบเท่ากับ CO<sub>2</sub> (Convert Data to CO<sub>2</sub> Equivalent)

ก๊าซเรือนกระจกที่ต่างกันมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนที่ต่างกัน แปลงข้อมูลที่รวบรวมไว้เป็นการปล่อย CO<sub>2</sub> ที่เทียบเท่ากันโดยใช้ปัจจัยการแปลง

### 5. คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Calculate Emissions)

คูณข้อมูลกิจกรรมด้วยปัจจัยการปล่อยก๊าซที่เหมาะสมเพื่อคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับแต่ละแหล่ง ดังสมการที่ 2-3

$$\text{Carbon Footprint} = \text{Business Operations} \times \text{Operation specific Emission factor} \quad (2-3)$$

### 6. ผลรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Sum Emissions)

รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณได้จากแหล่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด

### 7. ทำให้เป็นมาตรฐานหรือน้ำหนัก (Normalize or Weight)

การทำให้ผลลัพธ์เป็นมาตรฐาน เช่น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยการผลิต หรือ กำหนดน้ำหนักที่ต่างกันให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามผลกระทบ

โดยสรุป Carbon Footprint เป็นเครื่องมือสำคัญในการทำความเข้าใจและจัดการกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมของมนุษย์ การระบุปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่าง ๆ ช่วยให้เกิดข้อมูลเชิงลึกที่มีคุณค่าในการบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและส่งเสริมแนวทางปฏิบัติที่ยั่งยืน ในขณะที่ประชาคมโลกยังคงต่อสู้กับความท้าทายจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แนวคิดเรื่อง Carbon Footprint จะยังคงเป็นองค์ประกอบสำคัญของความพยายามในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงสู่อนาคตที่ยั่งยืนมากขึ้น

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฐิติมา วงศ์อินตา, อนิรุทธ์ ชันธสะอาด และ กิตติ เจริญสุข (2561) ได้นำเสนอผลการศึกษารวบรวมการวิเคราะห์หาจำนวนรถที่เหมาะสมและการจัดเส้นทาง การขนส่งสินค้าจากโรงงานผู้ผลิตสินค้าอันตราย ประเภทของเหลวไปยังลูกค้าในเขตพื้นที่ภาคตะวันออก เพื่อรองรับความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มมากขึ้น ผู้วิจัยใช้ข้อมูลการพยากรณ์ความต้องการลูกค้า ล่วงหน้า 8 เดือนมาใช้ในการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยความต้องการลูกค้าแต่ละราย จากนั้นจึงทำการ วิเคราะห์จำนวนรถขนส่งที่เหมาะสมและระยะทางในการจัดส่งที่สั้นที่สุดโดยใช้วิธีการหาค่าตอบที่ดีที่สุด (Exact Method) มาใช้ในการวิเคราะห์เส้นทางการจัดส่ง ผลการวิเคราะห์พบว่า การย้าย รถบรรทุกสินค้าสำหรับขนส่งลูกค้าในพื้นที่ภาคตะวันออกไปประจำการที่โรงงานในจังหวัดชลบุรี ส่งผลให้ต้นทุนค่าขนส่งสินค้าโดยรวมลดลงร้อยละ 27.62 และระยะทางในภาพรวมสามารถ ลดลงร้อยละ 21.64 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองดังกล่าวไม่เพียงแต่ทำให้ระยะทางและต้นทุนค่าขนส่ง ระหว่างโรงงานและลูกค้าในพื้นที่ภาคตะวันออกลดลงเพียงอย่างเดียว แต่ยังมีส่งผลให้ระยะทางและ ต้นทุนค่าขนส่งรวมลดลงด้วย

คณศ พลอยदनัย, กรเกล้า ฐิติกุล, พรศิริ สัตยเศารยะ และ ธรรินี มณีศรี (2558) ได้นำเสนอผลการศึกษารวบรวมการเสนอวิธีแก้ปัญหา Vehicle Routing Problem (VRP) กรณีศึกษาบริษัท สุวรรณไพศาล ขนส่ง จำกัด งานวิจัยฉบับนี้แก้ปัญหาโดยใช้เครื่องมือสองชนิด คือ แบบจำลองจำนวนเต็มผสมเชิงเส้น (MILP) และเสริมด้วย Visual Basic Application (VBA) บน Ms-Excel การแก้ปัญหา แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกจะใช้ VBA คำนวณระยะทางระหว่างเมืองต่าง ๆ โดยจะใช้ VBA จัดส่งพิกัด GPS ผ่าน Internet Explorer ไปยัง Google เพื่อขอระยะทางในขั้นตอนที่สอง ผู้วิจัยทำการสร้างแบบจำลอง VRP เพื่อแก้ปัญหา โดยเป้าหมายหลัก คือ การหาค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดอันเกิดจากการเลือกรถแต่ละประเภทและเส้นทางการขนส่งของรถคำตอบที่เหมาะสมจะถูกค้นหาด้วย Gurobi Premium Solver บน MS-Excel โดยทั่วไปคำตอบที่เหมาะสมคำตอบที่ได้มักเกิด Sub Contour ขึ้น ดังนั้นขั้นตอนสุดท้าย คือ การพัฒนาขั้นตอนวิธีการในการค้นหา Sub Contour ในรถแต่ละคันและ แล้วสร้างสมการแก้ Sub Contour แบบอัตโนมัติ แล้วโปรแกรมจะสั่ง Gurobi Premium Solver แก้ปัญหาให้จนกว่าจะได้คำตอบที่เหมาะสมโดยไม่เกิด Sub Contour ผลการทดลองสรุปว่า คำตอบที่ได้สามารถนำไปใช้หาเส้นทางการขนส่งให้บริษัท สุวรรณไพศาลและพบว่าการสร้างแบบจำลองและใช้ Gurobi ในการหาคำตอบสำหรับปัญหาขนาดใหญ่ นั้น Gurobi จะหาคำตอบได้ดีกว่าการหาคำตอบโดยพนักงานที่จัดรถขนส่ง

ชลิตา โปะมา (2561) ได้นำเสนอผลการศึกษารวบรวมการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อวางแผนการจัดการขนส่งใหม่ในเขตภาคใต้ โดยต้องการให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดและจำนวนรถร่วมให้น้อยที่สุด โดยแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น พิจารณาให้กับการจัดการขนส่งสินค้า

ให้กับบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งมีการจัดส่งสินค้าทั้งเที่ยวไปและเที่ยวกลับ โดยจากรูปแบบการขนส่งเดิม ส่งตรงถึงลูกค้าตามความต้องการทำให้เมื่อมีการขนส่งเกิดขึ้นทางบริษัท กรณีศึกษาทำการจัดรถร่วมขนส่งไปยังจุดต้นทางทันที ซึ่งทำให้การขนส่งรูปแบบนี้มีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูงและใช้รถร่วมเป็นจำนวนมากจึงทำการแก้ปัญหาโดยใช้ตัวแบบทั่วไปของการโปรแกรมเชิงเส้นตรงของปัญหาการขนส่ง ผลทดลองพบว่า จากการขนส่งรูปแบบเดิมต้นทุนค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 588,000 บาท และใช้รถร่วม 20 คัน เมื่อเปรียบเทียบกับกรขนส่งรูปแบบที่สามารถมีสินค้าเที่ยวเปล่า และที่รวบรวมสินค้ามีค่าใช้จ่ายของการขนส่งอยู่ที่ 380,000 บาท สามารถประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่ายลงได้ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ และใช้จำนวนรถร่วม 12 คัน ลดจำนวนรถร่วมได้ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ และลดพลังงานเชื้อเพลิงได้ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ที่มาจากจำนวนรถร่วมที่ลดลง

ศิวพร สุขสี และ ธาธิณี มีเจริญ (2562) ได้ทำการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากการขนส่งอุปกรณ์ระดับบัณฑิตของบริษัทกรณีศึกษา ไปยังลูกค้าตัวแทนจำหน่ายจำนวน 20 แห่ง พบว่าเส้นทางการขนส่งเดิมส่งผลให้เกิดต้นทุนเชื้อเพลิงจำนวนมากและมีปริมาณในการขนส่งไม่แน่นอน (ไม่มีการระบุรายละเอียดของต้นทุนที่ชัดเจน) ผู้วิจัยจึงได้นำวิธีการแก้ปัญหาวิธีฮิวริสติกส์มาใช้ในการจัดเส้นทาง โดยใช้วิธีการเดินทางจากเมืองที่ใกล้ที่สุดหรือเมืองพรมแดน (Nearest Neighbor Heuristics) และวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) จากนั้นปรับปรุงคำตอบโดยใช้ตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Travelling Salesman Problem, TSP) จากผลการศึกษาพบว่า ทั้ง 2 วิธี มีเส้นทางทั้งหมด 6 เส้นทาง แต่วิธีการเดินทางจากเมืองที่ใกล้ที่สุด มีระยะทางและต้นทุนการขนส่งรวมน้อยกว่าวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดร่วมกับตัวแบบปัญหา TSP อยู่ 158 กม. และ 406.06 บาท ตามลำดับ

คลอเดีย วจนะวิชากร และกนกกาญจน์ ศรีสุรินทร์ (2561) ได้นำเสนอผลการศึกษาการเปรียบเทียบเส้นทางการเดินทางรถเก็บขยะแบบใหม่กับแบบเดิมของชุมชนในเขตเทศบาลตำบลอุบลจังหวัดอุบลราชธานี โดยพิจารณาจากการใช้ฟังก์ชันวิธีเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary Method) และวิธีแบบประหยัด (Saving Algorithm) โดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือ กรณีการเดินทาง 1 เส้นทาง และกรณีการเดินทาง 2 เส้นทาง เพื่อให้ได้เส้นทางการเดินทางที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมที่สุด ซึ่งจะทำให้สามารถจัดเส้นทางรถใหม่และลดต้นทุนการเดินทางรถเก็บขยะลงได้ โดยผลลัพธ์พบว่าวิธีการที่นำเสนอให้ผลลัพธ์อยู่ในระดับที่ดี ในกรณีการเดินทาง 1 เส้นทาง พบว่า วิธีการเชิงวิวัฒนาการให้เส้นทางที่มีระยะทางรวมทั้งสิ้นที่สั้นที่สุด สามารถลดระยะทางจากเดิม 19.632 กิโลเมตรต่อวัน (มีการเดินทางจำนวน 2 เส้นทาง) เป็น 12.418 กิโลเมตรต่อวัน หรือคิดเป็นร้อยละ 36.75 สำหรับกรณีการเดินทาง 2 เส้นทาง พบว่าวิธีการเชิงวิวัฒนาการให้กลุ่มเส้นทางที่มีผลรวมระยะทางที่น้อยที่สุด สามารถลดระยะทางรวมเป็น 13.690 กิโลเมตรต่อวัน มีระยะทางรวมลดลง 5.942 กิโลเมตรต่อวัน

คิดเป็นร้อยละที่ลดลง 30.27 อีกทั้งเส้นทางดังกล่าวมีส่วนภาระงานที่มีความสมดุลกว่าเส้นทางที่ใช้  
อยู่ในปัจจุบัน

SİPAHIOĞLU & ALTIN (2019) นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จำนวนเต็มผสม  
สำหรับการกำหนดเส้นทางและระยะเวลาของระบบ Milk Run พร้อมกันสำหรับยานยนต์นำทาง  
อัตโนมัติ (AGV) การศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่ระบบ Milk Run ในโรงงาน โดยเน้นย้ำถึงความสำคัญของการ  
กำหนดเส้นทางและระยะเวลาที่แม่นยำ จึงมีการเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จำนวนเต็มผสม  
โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเส้นทางของระบบ Milk Run และช่วงเวลาที่สอดคล้องกัน  
สำหรับ AGV แบบจำลองทางคณิตศาสตร์รองรับการส่งมอบแบบแยกส่วนสำหรับสถานีประกอบ  
ซึ่งเป็นการเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับระบบอีกชั้นหนึ่ง การนำแบบจำลองที่นำเสนอไปใช้นั้นดำเนินการ  
โดยใช้ซอฟต์แวร์ GAMS และประสิทธิภาพของแบบจำลองนั้นแสดงให้เห็นผ่านการทดสอบเกี่ยวกับ  
ปัญหาที่สร้างขึ้นแบบสุ่ม แบบจำลองนี้ให้วิธีแก้ปัญหาที่ใกล้เคียงที่สุดในเวลาประมาณ 1 วินาที  
สำหรับปัญหาการทดสอบ 2 ข้อ โดยเน้นที่ประสิทธิภาพและการใช้งานได้จริงของกรอบทาง  
คณิตศาสตร์ที่นำเสนอสำหรับระบบ Milk Run ในโรงงาน

Mao et al. (2020) แสดงให้เห็นว่าการใช้งานระบบ milk-run ช่วยลดต้นทุนรวมและ  
ปรับปรุงประสิทธิภาพการขนส่งได้อย่างมาก งานวิจัยนี้สำรวจวิธีการโลจิสติกส์ทางเลือกที่รวมแนวคิด  
ของช่องทางก้ำวหน้า (P-LANE) เข้ากับปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะในการรวบรวมชิ้นส่วน  
รถยนต์ พวกเขานำเสนอการเขียนโปรแกรมจำนวนเต็มผสมสำหรับโมเดลซึ่งจะกำหนดเส้นทาง  
เดินทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการรวบรวมชิ้นส่วนรถยนต์ไปพร้อม ๆ กัน และกำหนดแต่ละส่วนที่  
รวบรวมให้กับ P-LANE ที่เฉพาะเจาะจง วัตถุประสงค์ คือ เพื่อลดต้นทุนโดยรวมที่เกิดขึ้นทั้งในด้าน  
การผลิตและโลจิสติกส์เข้าให้เหลือน้อยที่สุด การวิเคราะห์เปรียบเทียบกับแบบจำลองสินค้าคงคลัง  
เป็นศูนย์แสดงให้เห็นว่าการรวม P-LANE เข้ากับระบบ milk-run สามารถลดต้นทุนทั้งหมดและเพิ่ม  
ประสิทธิภาพการขนส่งได้อย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สำหรับอินสแตนซ์ที่มีขนาดแตกต่างกัน  
ต้นทุนรวมของโมเดล Zero-Inventory จะสูงกว่าโมเดล P-LANE ประมาณ 10% และ 30% สำหรับ  
สถานการณ์ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ตามลำดับ นี่หมายความว่ารูปแบบการรวบรวมชิ้นส่วนตาม  
ระยะเวลาที่รวม P-LANE นั้นเหมาะสมกว่าสำหรับการผลิตรถยนต์ที่มีประสิทธิภาพและคุ้มต้นทุน

Lin et al. (2015) เสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบขยายเพื่อลดต้นทุนการขนส่ง  
และสินค้าคงคลังทางท่อให้เหลือน้อยที่สุดในโหมดการกำหนดเส้นทางที่ดำเนินการด้วย Milk Run  
หลายต่อจำนวนมาก การคิดค้นอัลกอริทึมการเรียนรู้แบบสองขั้นตอน โดยคำนึงถึงความซับซ้อน  
โดยธรรมชาติ ขั้นแรกใช้การผสมผสานของอัลกอริทึมการศึกษาพฤติกรรม โดยมุ่งเน้นไปที่การลด  
จำนวนโหนดบริการยานพาหนะทั้งหมดให้เหลือน้อยที่สุด และอัลกอริทึมการศึกษาพฤติกรรม  
การแทรกที่ดีที่สุดในการกำหนดเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับยานพาหนะแต่ละคัน ต่อจากนั้น

Simulated annealing algorithm (SA) ที่มีขอบเขตการค้นหาที่จำกัดจะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนที่ 2 เพื่อปรับปรุงวิธีการที่สร้างขึ้นตั้งแต่แรก มีการใช้ตัวอย่างตัวเลขสามสิบตัวอย่างเพื่อประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่น่าเสนอ โดยผลลัพธ์ที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้เน้นย้ำถึงศักยภาพในการประหยัดต้นทุนได้อย่างมากและประสิทธิภาพการดำเนินงานในระบบโลจิสติกส์ที่มีซัพพลายเออร์และโรงงานหลายรายในภูมิภาคใกล้เคียง

Facchini et al. (2022) ได้ทำการนำเสนอแบบจำลองโดยอ้างอิงจากปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะกับรอบเวลาแบบจำลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวางแผนกลยุทธ์การกำหนดเส้นทางแบบไดนามิกสำหรับการผลิตนม ส่งมอบวัสดุไปยังสถานีนงานต่าง ๆ เพื่อให้มั่นใจว่าการกระจายของวัสดุมีความสม่ำเสมอด้วยช่วงเวลาและลดเส้นทางรถไฟลากจูง การวิจัยเพื่อระบุนโยบายการกระจายที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งประเมินเส้นทางเพื่อให้แน่ใจว่าการส่งมอบในช่วงเวลาที่กำหนดสามารถจัดอยู่ในประเภทปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะ (VRP) ได้ โดยโรงงานประกอบมีความต้องการวัสดุแบบสุ่ม เมื่อเวลาผ่านไปต้องการจัดการผ่านแผนการกำหนดเส้นทางแบบไดนามิก (พัฒนาทางออนไลน์) เพื่อลดวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เช่น ต้นทุน ระยะทางหรือเวลา โดยใช้ I4.0 ดิจิทัลเป็นเครื่องมือ ดังนั้นวิจัยนี้จึงมีส่วนช่วยในการฝึกปฏิบัติและวิธีการจัดทำแบบจำลองตามปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะด้วยรอบเวลา (VRPTW) จากการประเมินการนำแบบจำลองไปใช้ในการส่งมอบก่อนเวลา-ล่าช้าลดลงประมาณ 35% เมื่อเทียบกับกระบวนการแบบเดิม ต้นทุนลดลงประมาณ 18% เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนกระบวนการแบบเดิม และเส้นทางที่ได้รับการปรับปรุงระยะทางที่เดินทางโดยรถไฟลากจูงลดลงประมาณ 23% ส่งผลให้การใช้ทรัพยากรพลังงานที่ดีขึ้นและความน่าเชื่อถือของการส่งมอบสูงขึ้น 8% ของวัสดุถูกส่งล่าช้าเกินไป

Jiang (2010) ได้นำเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (TSP) โดยมีการแสดงถึงวิธีการใช้งาน Microsoft Excel Solver และ Premium Solution Platform ซึ่ง Microsoft Excel Solver เป็นการใช้ในการแก้ปัญหาเล็ก ๆ หรือมีจำนวนเมืองไม่เกิน 30 เมือง แต่สำหรับ Premium Solution Platform จะสามารถแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นได้ถึง 2,000 ตัวแปร แก้ปัญหาจำนวนเมืองได้ตั้งแต่ 50 เมืองขึ้นไป รวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาแบบ Nonlinear และ Global Optimization ได้

Kumar et al. (2022) ได้นำเสนอการศึกษารูปแบบการขนส่ง Milk Run ของโรงงานผลิตนม โดยพิจารณาแบบจำลอง Milk Run ของห่วงโซ่อุปทานต้นน้ำ และใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวิธีอัลกอริทึมทางพันธุกรรม (GA) และการเขียนโปรแกรมจำนวนเต็มผสม (MIP) นำมาแก้ไขปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะ เพื่อลดต้นทุนการขนส่ง ผลการวิจัยพบว่า เมื่อใช้วิธีการแบบ MIP ต้นทุนการขนส่งลดลง 35.14% และใช้วิธีการแบบ GA ต้นทุนการขนส่งลดลง 30.29%

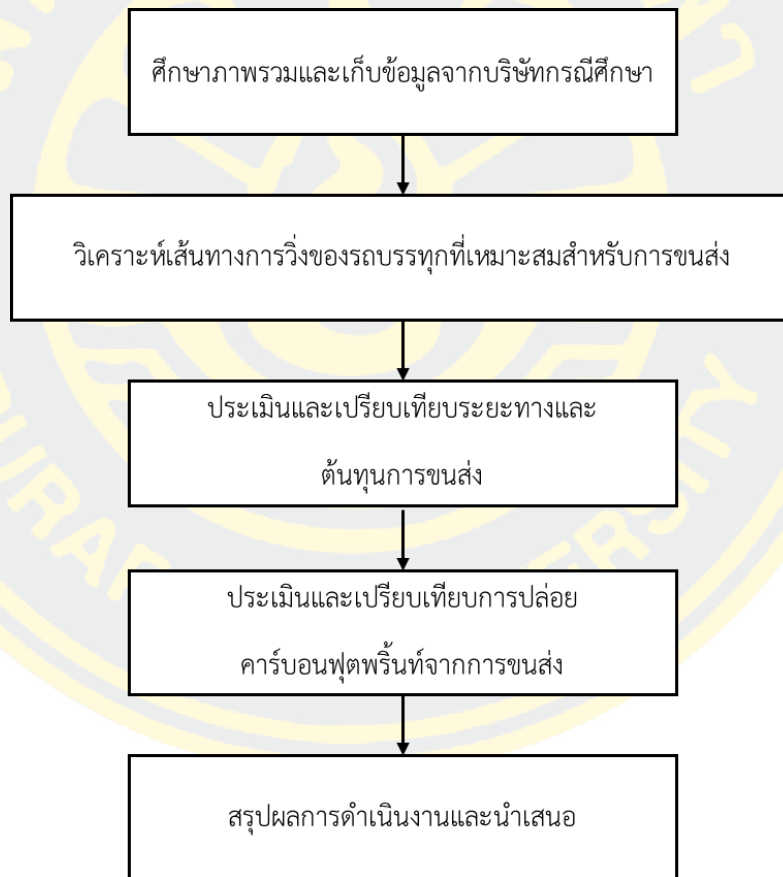
จากการสำรวจหลักการทางทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ พบว่าระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี ทำให้เกิดการขนส่งชิ้นส่วนอะไหล่สำหรับการประกอบรถยนต์มากขึ้น เพื่อลดการสต็อกชิ้นส่วนเข้าสู่คลังสินค้า ป้องกันการเกิดปัญหาเกี่ยวกับแผนการผลิตในอนาคต แต่ทั้งนี้การขนส่งชิ้นส่วนจากผู้ผลิตที่หลากหลายนั้น หากนำมาประยุกต์เข้ากับแนวคิดระบบมิลค์รันจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งมากขึ้น นำมาสู่งานวิจัยนี้ที่ต้องการศึกษาการกำหนดเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนด้วยหลักการมิลค์รัน โดยนำหลักการทั้งโปรแกรมเชิงเส้น ตัวแบบการขนส่ง การไหลในเครือข่าย และรวมถึงโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล เครื่องมือไฮลเวอร์มาช่วยในการออกแบบกำหนดเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนนี้ นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังตระหนักถึงปัญหาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่อากาศ เพื่อทำการเปรียบเทียบอย่างมีประสิทธิภาพระหว่างแนวทางการขนส่งก่อน และหลังการปรับปรุง การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงถูกนำมาบูรณาการเข้ากับงานวิจัยนี้ด้วย

(Ahuja, 1988; Facchini et al., 2022; Jiang, 2010; Kumar et al., 2022; Lin et al., Mao et al., 2020; เอกบุตร, 2020; โปะมา, 2561; ศุภเมศ พลอยคณีย์, 2558; ฐิติมา วงศ์, 2018; ทองเสื่อ, 2566; นิดา, 2556; พงศรวิวัฒน์, 2563; ฟองย้อย, 2557; ปิเจริญ, 2562; 2553; ศรีสุรินทร์, 2561; ศิลลัทย์, 2564)

### บทที่ 3

## วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ดำเนินการศึกษาในสถานประกอบการแบบศึกษากรณี ซึ่งเป็นโรงงานผลิตชุดโครงรถ (Chassis Frame) และเพลาลังของรถยนต์ (Rear Axle) ซึ่งจะส่งผลิตภัณฑ์ไปยังโรงงานประกอบรถยนต์ เช่น บริษัท Ford และ ISUZU เป็นต้น โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกำหนดเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนและการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยหลักการมิลค์รัน ผู้วิจัยสามารถสรุปขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังภาพที่ 8

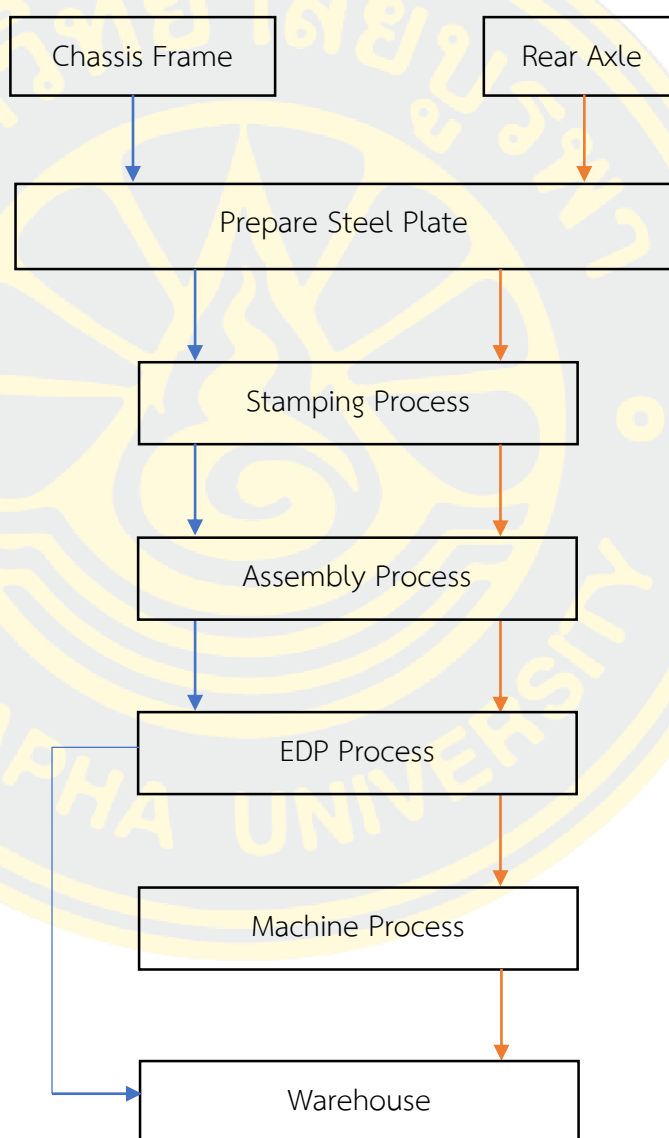


ภาพที่ 8 แผนภาพโดยรวมขั้นตอนการดำเนินงาน

## ศึกษาภาพรวมและเก็บข้อมูล

### 1. กระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

ผลิตภัณฑ์หลักของบริษัทกรณีศึกษานี้ คือ Chassis Frame และ Rear Axle ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตโดยรวมคล้ายคลึงกัน ส่วนที่แตกต่างกันคือชิ้นส่วนที่ใช้ในขั้นตอนการประกอบซึ่งส่งผลให้ภาระงานด้านการขนส่งชิ้นส่วนจากผู้ผลิตภายนอกมายังโรงงานต่างกันด้วยดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ขั้นตอนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

### 1.1 ขั้นตอนการผลิต Chassis Frame

ขั้นตอนที่ 1 Prepare Steel Plate เป็นจัดเตรียมแผ่นเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วน เพื่อนำไปทำการปั๊มขึ้นรูป ดังภาพที่ 10



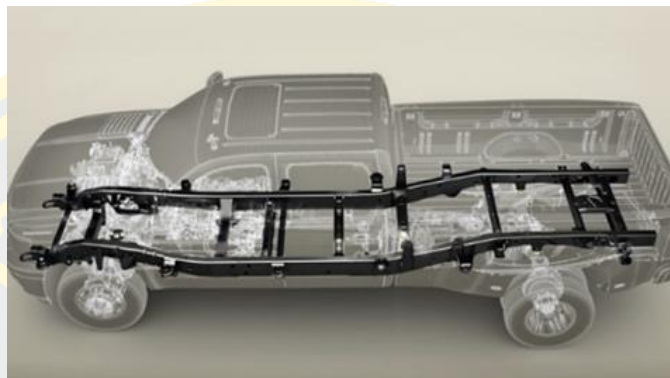
ภาพที่ 10 แผ่นเหล็กที่ใช้ในกระบวนการปั๊มขึ้นรูป

ขั้นตอนที่ 2 Stamping Process กระบวนการปั๊มขึ้นรูปในการผลิต Chassis Frame จะใช้เครื่องขนาด 3,000 ตัน ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 เครื่อง Stamping Process ขนาด 3,000 ตัน

ขั้นตอนที่ 3 Assembly Process การผลิต Chassis Frame 1 คัน เกิดจากการประกอบของ Module FR (ครึ่งท่อนหน้า) และ Module RR (ครึ่งท่อนหลัง) ก่อน จากนั้นนำ Side mid ซ้ายและขวามาเชื่อมประกอบกัน ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 Chassis Frame ของรถกระบะ

ขั้นตอนที่ 4 EDP Process ในกระบวนการชุบสี จะมีบ่อที่ใช้ในกระบวนการทั้งหมด 12 บ่อ ได้แก่ บ่อน้ำธรรมดา, บ่อน้ำยาล้างไขมัน, บ่อน้ำประปา 2 บ่อ, บ่อเคลือบผิว, บ่อ Phosphate, บ่อน้ำล้าง, บ่อ DI แยกประจุลบออกจากชิ้นงาน, บ่อชุบสี, บ่อน้ำล้างหลังการชุบสี 2 บ่อ และบ่อ ED DI ซึ่งเป็นบ่อล้างน้ำก่อนเข้าเตาอบ ดังภาพที่ 13 และลิฟต์ขนส่งไปยัง Warehouse



ภาพที่ 13 กระบวนการชุบสีของ Chassis Frame

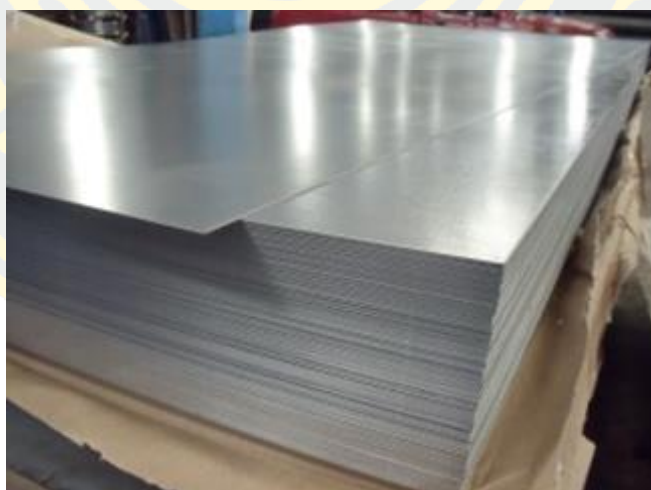
ขั้นตอนที่ 5 Warehouse จัดเก็บในสินค้าคงคลังพร้อมทำการจัดส่ง ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 Warehouse จัดเก็บ Chassis Frame

1.2 ขั้นตอนการผลิต Rear Axle

ขั้นตอนที่ 1 Prepare Steel Plate จัดเตรียมแผ่นเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนเพื่อนำไปทำการปั๊มขึ้นรูป ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 เตรียมแผ่นเหล็กก่อนทำการปั๊มขึ้นรูป

ขั้นตอนที่ 2 Stamping Process กระบวนการปั๊มขึ้นรูปในการผลิต Rear Axle จะใช้เครื่องขนาด 2,000 ตัน ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 เครื่อง Stamping Process ขนาด 2,000 ตัน

ขั้นตอนที่ 3 Assembly Process การเชื่อมประกอบกันของ Rear Axle 1 คัน ดังภาพที่ 17 จะมีขั้นตอนการตรวจสอบรอยร้าวด้วยการนำ Rear Axle แช่ในน้ำและสังเกตการเกิดฟองอากาศดังภาพที่ 18



ภาพที่ 17 Rear Axle



ภาพที่ 18 การตรวจสอบรอยร้าวของแนวเชื่อม

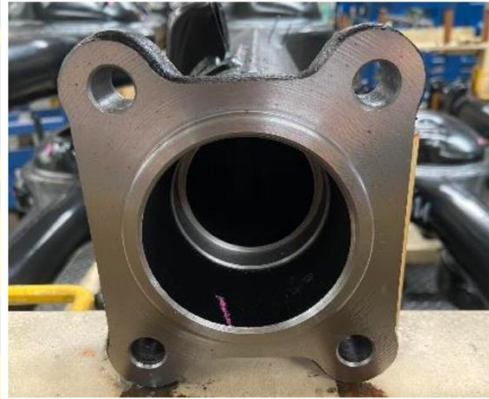
ขั้นตอนที่ 4 EDP Process ในกระบวนการชุบสีของ Rear Axle จะเหมือนกับ Chassis Frame

ขั้นตอนที่ 5 Machine Process กระบวนการกัดหลังจากการชุบสี โดยจะกัด Common ดังภาพที่ 19 (ก) และ ABS ดังภาพที่ 19 (ข) ตามรุ่นที่กำหนด และเจาะรู

(ก)



(ข)



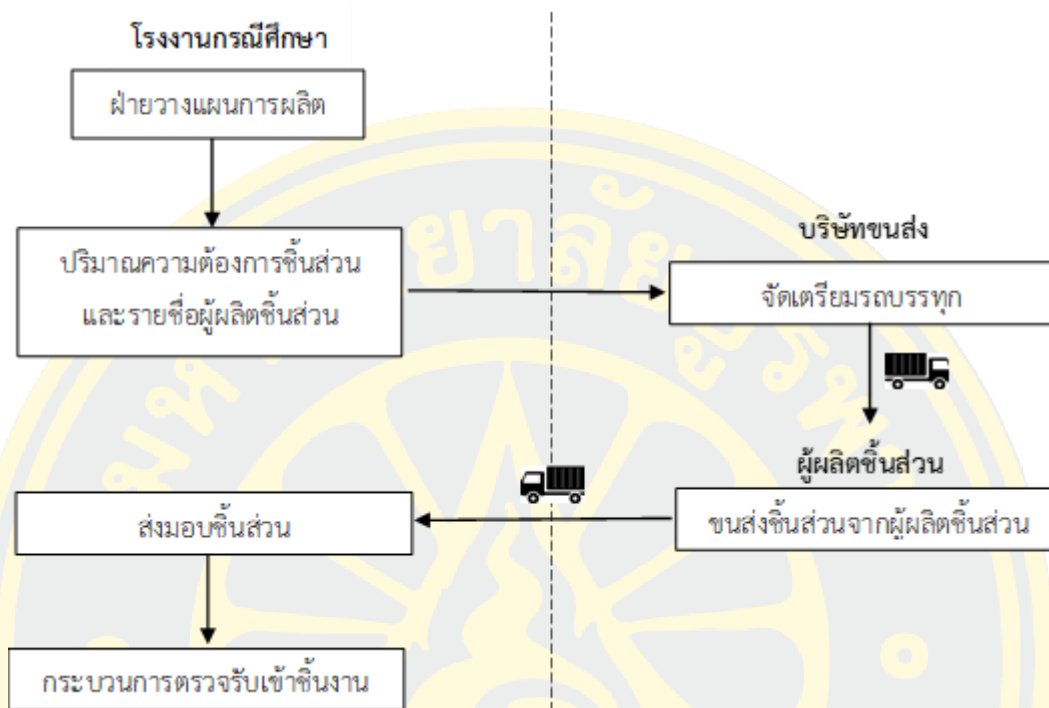
ภาพที่ 19 (ก) การกัด Common (ข) การกัด ABS และเจาะรู

ขั้นตอนที่ 6 Warehouse จัดเก็บในสินค้าคงคลัง พร้อมทำการจัดส่ง ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 Warehouse จัดเก็บ Rear Axle

## 2. กระบวนการขนส่งชิ้นส่วนของบริษัทกรณีศึกษา



ภาพที่ 21 แผนภาพกระบวนการขนส่งชิ้นส่วนบริษัทกรณีศึกษา

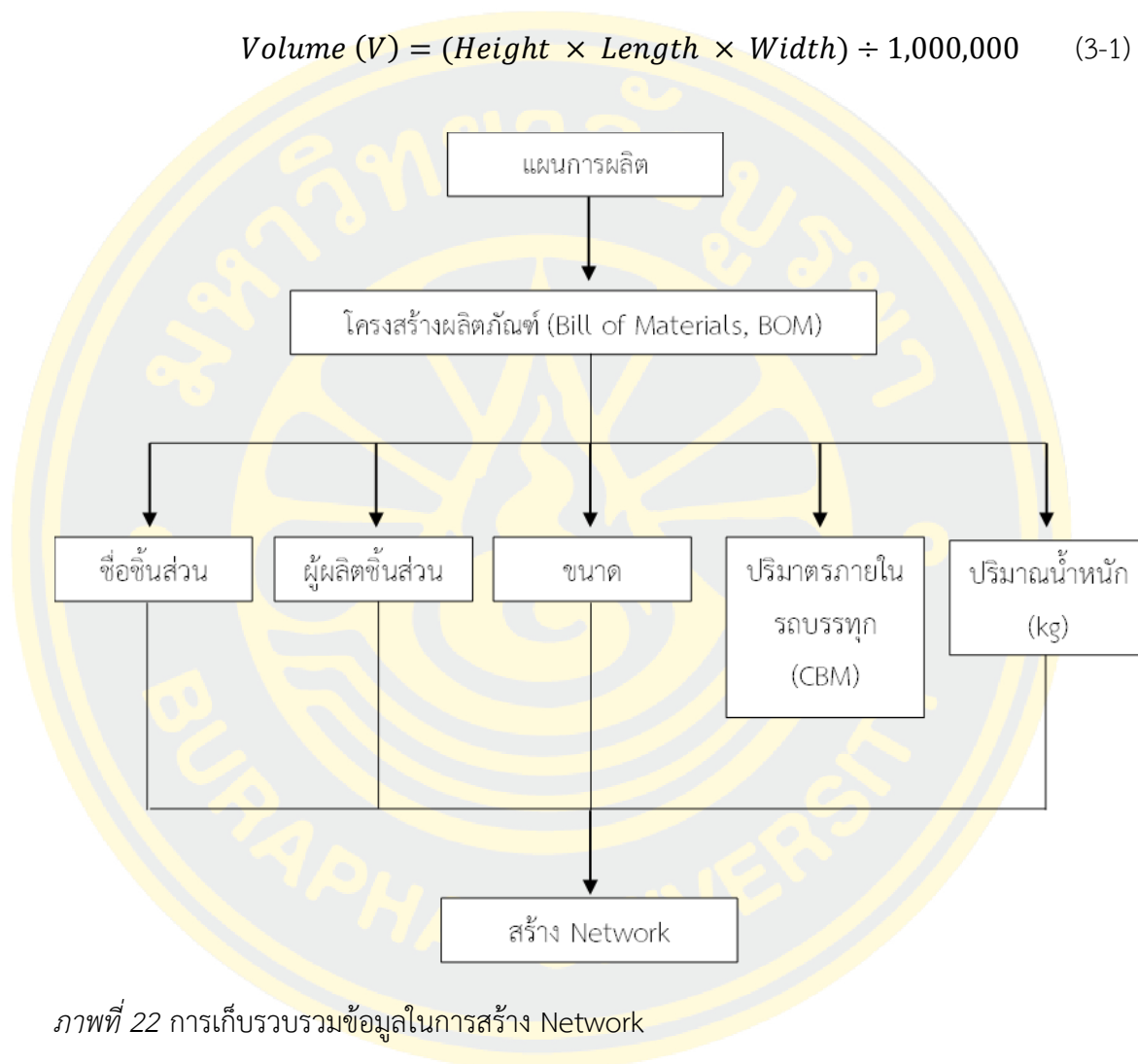
จากการศึกษากระบวนการขนส่งชิ้นส่วนของบริษัทกรณีศึกษาดังภาพที่ 21 โดยทางฝ่ายวางแผนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาจะทำการวางแผนการผลิตในรูปแบบแผนการผลิตรายวันซึ่งจะทำให้ทราบถึงปริมาณความต้องการชิ้นส่วนและรายชื่อผู้ผลิตชิ้นส่วน จากนั้นโรงงานกรณีศึกษาจะส่งข้อมูลดังกล่าวให้กับบริษัทขนส่งเพื่อจัดเตรียมรถบรรทุกสำหรับการขนส่ง โดยบริษัทขนส่งจะจัดเตรียมรถบรรทุกตามจำนวนรายชื่อผู้ผลิตชิ้นส่วนในแต่ละวัน เพื่อทำการขนส่งชิ้นส่วนและส่งมอบชิ้นส่วนให้กับโรงงานกรณีศึกษาอย่างน้อยก่อนเริ่มการผลิต 1 วัน เมื่อชิ้นส่วนมาถึงยังโรงงานกรณีศึกษาจะผ่านกระบวนการตรวจรับชิ้นส่วนและดำเนินการเข้ากระบวนการผลิตต่อไป

## 3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ศึกษาแผนการผลิตของสายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2566 จากภาพที่ 22 นำเสนอภาพรวมของการสร้างเครือข่ายการวิ่งของรถบรรทุก โดยการเริ่มต้นด้วยการศึกษาแผนการผลิตและโครงสร้างผลิตภัณฑ์ (BOM) เพื่อรวบรวมข้อมูล เช่น ชื่อชิ้นส่วน, จำนวนชิ้นส่วน, น้ำหนักของชิ้นส่วน (kg), รายชื่อผู้ผลิตชิ้นส่วน, ตำแหน่งที่ตั้งของผู้ผลิตชิ้นส่วน, ระยะทางการขนส่ง โดยใช้ข้อมูลจาก Google Map โดยใช้วิธีการเก็บข้อมูลโดยใช้แผนภูมิการเดินทาง

(From-to-Chart), ขนาดกล่องที่ใช้บรรจุ (Box หรือ Pallet), น้ำหนักและความจุสูงสุดของกล่องที่ใช้บรรจุ (CBM) และปริมาตรภายในรถบรรทุก 6 ล้อ โดยปริมาตรภายในรถบรรทุก 6 ล้อ 1 คันสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 3-1

$$Volume (V) = (Height \times Length \times Width) \div 1,000,000 \quad (3-1)$$



ภาพที่ 22 การเก็บรวบรวมข้อมูลในการสร้าง Network

การเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ในขั้นตอนนี้ จะให้ผู้วิจัยทราบถึงความต้องการของผลิตภัณฑ์ต่อวัน ส่งผลให้ทราบถึงชื่อชิ้นส่วนที่ใช้ในการประกอบของรุ่นต่าง ๆ รายการผู้ผลิตชิ้นส่วน จำนวนของชิ้นส่วนขนาดของกล่องบรรจุ ความจุสูงสุดของกล่อง จำนวนกล่อง อัตราการใช้ความจुरถบรรทุก และน้ำหนักของกล่องบรรจุ รวมถึงข้อมูลของตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ซึ่งแสดงถึงจังหวัด และอำเภอ

หลังจากนั้นรวบรวมข้อมูลครบถ้วนแล้วนั้น ผู้วิจัยจะจัดทำแผนภูมิการเดินทางของผู้ผลิตชิ้นส่วน (From-to-chart) โดยเริ่มต้นจากการกำหนด Code แทนชื่อ Supplier และอ้างอิงระยะทางจาก Google Map เลือกใช้เงื่อนไขระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่าง Node  $i$  ไป  $j$  และไม่มีค่าผ่านทาง

## สร้าง NETWORK การวิ่งของรถบรรทุก เพื่อขนส่งชิ้นส่วนตามกระบวนการของ MILK RUN

หลักการ Linear Transshipment Network Flow Model (LTNFM) ซึ่งมีตัวแบบทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วยสัญลักษณ์ ดัชนี พารามิเตอร์ และตัวแปรตัดสินใจ ดังต่อไปนี้

### สัญลักษณ์

- แทน Node ใน Network
- แทน เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุก

### ดัชนี

- $i, j, k$  แทน Node  $i$ , Node  $j$  และ Node  $k$

### พารามิเตอร์

- $N$  แทน จำนวน Node ต้นทาง ซึ่งเท่ากับ จำนวนรถบรรทุกที่ต้องใช้ในการขนส่งแต่ละรอบ
- $K$  แทน Node ระหว่างทาง ซึ่งหมายถึงผู้ผลิตชิ้นส่วน (Supplier)
- $P$  แทน Node ปลายทาง ซึ่งหมายถึงโรงงานการศึกษา
- $V$  แทน ปริมาตรที่สามารถบรรทุกได้สูงสุดต่อเที่ยวการขนส่ง (CBM)
- $W$  แทน น้ำหนักที่สามารถบรรทุกได้สูงสุดต่อเที่ยวการขนส่ง (Kg)
- $M$  แทน จำนวนเต็มบวกที่มีค่ามากกว่าค่าสูงสุดของ  $d_{ij}$  อย่างน้อย 100 เท่า
- $N_v$  แทน จำนวน Node ต้นทางจากปริมาตรของชิ้นส่วนที่ต้องขนส่ง
- $N_w$  แทน จำนวน Node ต้นทางจากน้ำหนักของชิ้นส่วนที่ต้องขนส่ง
- $TD$  แทน ระยะทางรวม
- $L_{vj}$  แทน จำนวนรถบรรทุกที่ต้องเข้าไปยัง Node  $j$  ประเมินจากปริมาตรของความต้องการขนส่ง

$L_{wj}$  แทน จำนวนรถบรรทุกที่ต้องเข้าไปยัง Node j ประเมินจากน้ำหนักของชิ้นส่วนที่ต้องขนส่ง

$d_{ij}$  แทน ระยะทางระหว่าง Node i และ Node j (กิโลเมตร)

$C_j$  แทน ปริมาตรของชิ้นส่วนที่ต้องขนส่งของแต่ละ Node j (CBM)

$W_j$  แทน น้ำหนักของชิ้นส่วนที่ต้องขนส่งของแต่ละ Node j (Kg)

$T_v$  แทน Total Volume ที่ต้องการเพื่อการขนส่งชิ้นส่วนใน Network แต่ละรอบ

$T_w$  แทน Total Weight ที่ต้องการเพื่อการขนส่งชิ้นส่วนใน Network แต่ละรอบ

### ตัวแปรตัดสินใจ

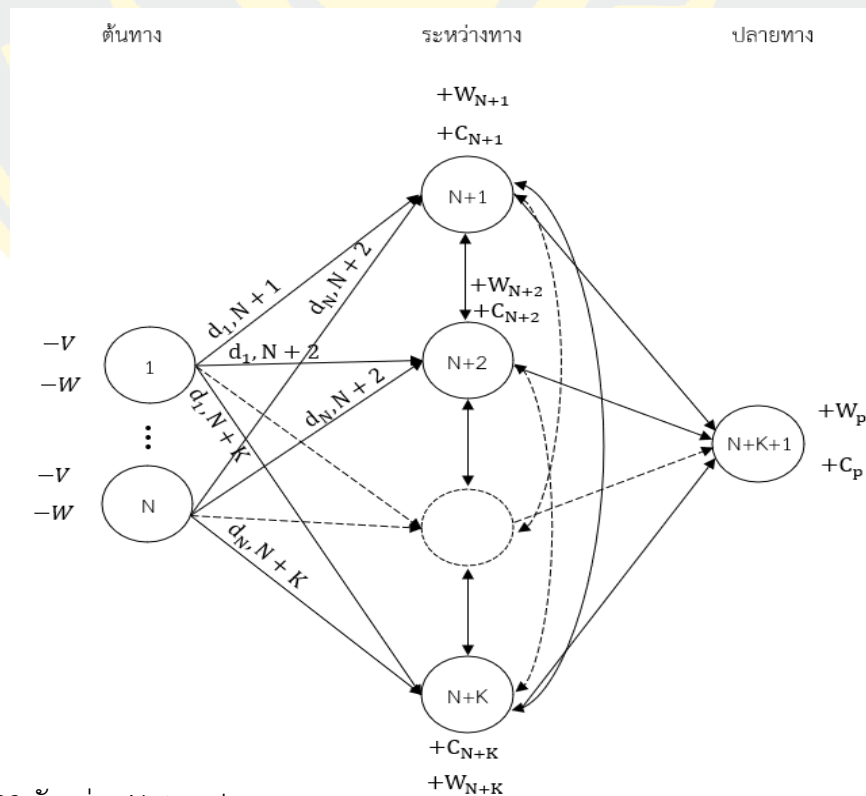
$x_{ij}$  แทน กรณี 1: เมื่อรถบรรทุกวิ่งจาก Node i ไป Node j

กรณี 0: ถ้าไม่ใช่

$y_{ij}$  แทน ปริมาตรพื้นที่ที่ถูกใช้กับเส้นทางจาก Node i ไป Node j

$Z_{ij}$  แทน ปริมาณของน้ำหนักที่ถูกใช้กับเส้นทางจาก Node i ไป Node j

และตัวอย่าง Network แสดงในภาพที่ 23



ภาพที่ 23 ตัวอย่าง Network

### วิเคราะห์เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกที่เหมาะสมสำหรับการขนส่ง

ในการประยุกต์แบบจำลองกับการประเมินเส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกใน Network ในรูปแบบของ LTNFM กำหนดให้รถบรรทุกที่ต้องใช้ในการขนส่งแต่ละรอบเป็น Node ต้นทาง ซึ่งประเมินได้จากค่าระหว่าง  $N_v$  และ  $N_w$  ได้จากสมการที่ 3-2 และ 3-3

$$N_v = \frac{T_v}{V} \quad (3-2)$$

$$N_w = \frac{T_w}{W} \quad (3-3)$$

จากสมการที่ 3-2 และ 3-3 นำมาพิจารณาจากค่าสูงสุดระหว่าง  $N_v$  และ  $N_w$  ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้เท่ากับ Node ต้นทาง แสดงดังสมการที่ 3-4

$$N = \text{Max} \{N_v, N_w\} \quad (3-4)$$

สำหรับการประเมินจำนวนรถบรรทุกที่เข้า Node  $j$  จำนวนรถบรรทุกที่เข้าและออกจะต้องสมดุล ประเมินได้ค่าระหว่าง  $L_{vj}$  และ  $L_{wj}$  จากสมการที่ 3-5 และ 3-6

$$L_{vj} = \frac{\text{ปริมาณรวมที่ต้องใช้ในการขนส่งชิ้นส่วนที่ Node } j}{V} \quad (3-5)$$

$$L_{wj} = \frac{\text{น้ำหนักรวมของชิ้นส่วนที่ต้องขนส่งที่ Node } j}{W} \quad (3-6)$$

จากสมการที่ 3-5 และ 3-6 นำมาพิจารณาจากค่าสูงสุดระหว่าง  $L_{vj}$  และ  $L_{wj}$  ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้เท่ากับจำนวน Node ต้นทางที่เข้ามาถึง Node  $j$

โดยชิ้นส่วนทั้งหมดจะต้องส่งยังปลายทาง คือ โรงงานประกอบ 1 แห่ง ดังนั้น  $P$  จึงเท่ากับ 1 จำนวน Node ทั้งหมดใน Network จึงเท่ากับ  $N + K + 1$  เสมอ

Supply จะมีเฉพาะที่ Node ต้นทางเท่านั้น และมีค่าเท่ากับ  $V_i$  และ  $W_i$  ในแบบจำลอง จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ  $-V$  และ  $-W$  เสมอ

$C_j$  แทน ความต้องการความจุ (ปริมาตร) และ  $W_j$  แทน ความต้องการความจุ (น้ำหนัก) ของรถบรรทุกที่ Node  $j$  ในแบบจำลอง กำหนดให้มีค่าเท่ากับ  $+C_j$  และ  $+W_j$  เสมอ เพื่อให้

Network มี Total Supply = Total Demand จึงกำหนดให้  $C_p$  และ  $W_p$  เมื่อ  $j = p$  เป็น Node ปลายทาง ประเมินด้วยสมการที่ 3-7 และ 3-8 ตามลำดับ

$$C_p = N \times V - \sum_{j \in N, P} C_j \quad (3-7)$$

$$W_p = N \times W - \sum_{j \in N, P} W_j \quad (3-8)$$

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกระหว่าง Supplier ใน Network เป็นไปได้ทุกคู่  $i, j$  การไหลของความจุเข้าและออกที่แต่ละ Node จะต้องสมดุล โดยไหลเข้ากำหนดเป็น + ไหลออกกำหนดเป็น - ตัวแบบจำลองของ LTNFM มีดังนี้

สมการเป้าหมาย

$$\text{Min } TD = \sum_i \sum_j (d_{ij} \times x_{ij}) \quad (3-9)$$

โดยมีสมการข้อจำกัด ดังต่อไปนี้

$$\sum_i X_{ij} = \text{Max} \{L_{vj}, L_{wj}\} \quad \forall i \in N, K \quad (3-10)$$

$$\sum_j X_{ij} = \text{Max} \{L_{vj}, L_{wj}\} \quad \forall i \in P \quad (3-11)$$

$$-\sum_j Y_{ij} = -V \quad \forall i = N \quad (3-12)$$

$$-\sum_j Z_{ij} = -W \quad \forall i = N \quad (3-13)$$

$$\sum_i Y_{ij} - \sum_k Y_{jk} = C_j \quad \forall j \in K \text{ และ } P \quad (3-14)$$

$$\sum_i Z_{ij} - \sum_k Z_{jk} = W_j \quad \forall j \in K \text{ และ } P \quad (3-15)$$

$$M \cdot X_{ij} - Y_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \quad (3-16)$$

$$M \cdot X_{ij} - Z_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \quad (3-17)$$

$$X_{ij} = \text{Binary} \quad \forall i, j \quad (3-18)$$

$$Y_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \quad (3-19)$$

$$Z_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \quad (3-20)$$

สมการที่ 3-9 ประเมินระยะทางรวมของการวิ่งของรถบรรทุกทุกคันใน Network แต่ละรอบการขนส่ง สมการที่ 3-10 กำหนดให้เส้นทางจากแต่ละ Node  $i$  เข้า Node  $j$  มีค่าเท่ากับจำนวนรถบรรทุกที่มีค่าสูงสุดระหว่างการประเมินจากปริมาตร (CBM) และน้ำหนัก (Kg) ทั้ง Node ต้นทาง

และ Node ระหว่างทาง สมการที่ 3-11 กำหนดให้การขนส่งไปยัง Node ปลายทาง 1 แห่งจะมีจำนวนรอบการขนส่งเข้ามายัง Node ปลายทางเท่ากับจำนวน Node ต้นทาง สมการที่ 3-12 และ 3-13 Supply ของปริมาตร (CBM) และน้ำหนัก (Kg) ซึ่งมีค่าเป็นลบเสมอ และมีเฉพาะ Node ต้นทางเท่านั้น สมการที่ 3-14 และ 3-15 เป็นสมการของการ Flow In และ Flow Out ของปริมาตร (CBM) และน้ำหนัก (Kg) สมการที่ 3-16 และ 3-17 บังคับให้  $X_{ij} \geq 1$  เมื่อมีการขนส่ง สมการที่ 3-18 กำหนดให้  $X_{ij}$  เป็นตัวแปรแบบ Binary และ  $Y_{ij}$  และ  $Z_{ij}$  มากกว่าเท่ากับ 0 ตามสมการที่ 3-19 และ 3-20 ตามลำดับ การประเมินคำตอบจะใช้ฟังก์ชัน OpenSolver ของโปรแกรม Microsoft Excel

### ประเมินและเปรียบเทียบระยะทางและต้นทุนการขนส่ง

ประเมินดัชนีของ Network ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากแผนการผลิต ภายใต้เงื่อนไข ระยะเวลาการจัดส่ง ปริมาณการสั่งซื้อขึ้นส่วนเช่นเดียวกับโรงงานกรณีศึกษา โดยประเมินจากระยะทาง รถบรรทุก จำนวนรอบการขนส่งขึ้นส่วน และต้นทุนการขนส่ง เปรียบเทียบกับเส้นทางการขนส่งของโรงงานกรณีศึกษา สามารถประเมินดัชนีระยะทางได้จากสมการที่ 3-9

### ประเมินและเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการขนส่ง

การคำนวณ Carbon footprint ของการขนส่ง ผู้วิจัยทำการติดตามข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการขนส่งทั้งหมด ซึ่งรวมถึงปริมาณของสินค้าที่ขนส่ง ระยะทางที่เดินทาง ประเภทของพลังงานที่ใช้ในการขนส่ง เช่น น้ำมันดีเซล หรือ ไฟฟ้า และปริมาณของก๊าซเสริมอื่น ๆ ที่ปล่อยออกมาในกระบวนการขนส่ง และใช้สูตรการคำนวณ Carbon footprint ที่เป็นที่ยอมรับทั่วไปในวงกว้าง คือ สูตรการคำนวณของ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) โดยทั่วไปสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 3-21

$$\text{Carbon Footprint} = \text{Business Operations} \times \text{Operation specific Emission factor} \quad (3-21)$$

โดยที่

Carbon Footprint คือ ปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น โดยมักจะถูกวัดในหน่วยเป็นกิโลกรัม CO<sub>2</sub> เทียบเท่า (kgCO<sub>2</sub>e)

Business Operations คือ ปริมาณการใช้งานหรือเชื้อเพลิงที่ทำให้เกิดพลังงาน เช่น ปริมาณน้ำมันที่ใช้ในการขนส่ง (ลิตร)

Emission Factor คือ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่ง ขึ้นอยู่กับประเภทของยานพาหนะ เชื้อเพลิงและสัดส่วนน้ำหนักการขนส่งเทียบกับน้ำหนักที่ขนส่งได้สูงสุด (Loading) ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้อ้างอิงจากข้อมูลขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2565) ดังแสดงใน ภาคผนวก ก

### **สรุปผลการดำเนินงานและนำเสนอ**

ผลการเปรียบเทียบดัชนีระหว่าง Network ของโครงการกับเส้นทางการขนส่งของโรงงาน วิทยาลัยที่มีรอบการขนส่งจริงในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2566 โดยผลการดำเนินต้องมีจำนวน ระยะทาง จำนวนรถบรรทุก จำนวนรอบการขนส่งขึ้นส่วน และต้นทุนการขนส่งลดลงจาก รวมถึงต้องมีค่า Carbon footprint จากการขนส่งลดลงจากเดิมเช่นเดียวกัน

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การกำหนดเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนและการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยหลักการมิลค์รัน” มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนที่ใช้ในการประกอบผลิตภัณฑ์ Chassis Frame ของโรงงานกรณีศึกษา โดยใช้ข้อมูลจากแผนการผลิตในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2566 เป็นกรณีศึกษา เป้าหมายหลักของการวิจัย คือ 1) ออกแบบวิธีการขนส่งชิ้นส่วนระหว่างผู้ผลิตชิ้นส่วนเพื่อสนับสนุนการผลิตตามแผนตามแนวคิด Milk Run ซึ่งกำหนดเงื่อนไขให้ขนส่งชิ้นส่วนจากผู้ผลิตภายนอก (Suppliers) มายังโรงงานกรณีศึกษาตามความต้องการใช้รายวัน โดยมีระยะทางการขนส่งรวมน้อยที่สุด และ 2) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดการขนส่งระหว่างวิธีการขนส่งแบบเดิมและวิธีการที่เสนอ โดยใช้ดัชนีด้านต้นทุนรวมในการขนส่งและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการขนส่ง การดำเนินการวิจัยอิงตามแนวทางที่นำเสนอในบทที่ 3 โดยจะมีการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งสามารถสรุปแนวทางการแก้ไขเป็นหัวข้อ ดังนี้

#### ผลการศึกษาภาพรวมและเก็บข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษา

จากการศึกษาภาพรวมและการรวบรวมข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษา พบว่าผลิตภัณฑ์หลักของบริษัท คือ Chassis Frame และ Rear Axle โดยรายละเอียดกระบวนการผลิตได้แสดงไว้ในหัวข้อ 3.1.1 "กระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา" และรายละเอียดกระบวนการขนส่งชิ้นส่วนแสดงไว้ในหัวข้อ 3.1.2 "กระบวนการขนส่งของบริษัทกรณีศึกษา" จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกผลิตภัณฑ์ Chassis Frame เป็นกรณีศึกษาในการวิเคราะห์ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์หลักที่มีความสำคัญต่อกระบวนการประกอบของบริษัท โดยข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์เป็นแผนการผลิตในช่วงวันที่ 2 – 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 รวม 30 วันแต่พบว่าไม่มีการผลิต 3 วัน จึงมีจำนวนวันที่ต้องประเมินเส้นทางการขนส่งจำนวน 27 วัน ซึ่งสามารถแสดงแผนการผลิตได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แผนการผลิต Chassis Frame ประจำเดือน พฤษภาคม 2566

วัน/เดือน/ปี	ลำดับ	รุ่น	จำนวน (คัน)
2/5/2023	1	LLP	60
	2	AXU	120
	3	GXU	60
	4	ALX	60
	5	LXU	60

ตารางที่ 2 แผนการผลิต Chassis Frame ประจำเดือน พฤษภาคม 2566 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ลำดับ	รุ่น	จำนวน (คัน)
3/5/2023	1	ALV	60
	2	LXU	120
	3	LLX	40
	4	ALX	60
	5	AXX	60
4/5/2023	1	LXU	120
	2	LLP	60
	3	GXU	40
	4	LLX	60
	5	ALV	60
5/5/2023	1	AXU	60
	2	LXU	60
	3	ALX	120
	4	GXX	60
	5	LLP	60
6/5/2023	1	LLX	40
	2	GXU	60
	3	ALV	60
	4	ALP	60
	5	LXU	60
	6	ALX	60
7/5/2023	No production		
8/5/2023	1	AXX	60
	2	AXU	60
	3	LLP	60
	4	ALX	60
	5	LXU	60
	6	GXX	60

ตารางที่ 2 แผนการผลิต Chassis Frame ประจำเดือน พฤษภาคม 2566 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ลำดับ	รุ่น	จำนวน (คัน)
9/5/2023	1	ALV	60
	2	LLX	40
	3	AXX	60
	4	ALP	60
	5	ALX	60
	6	LLP	60
10/5/2023	1	LXU	60
	2	ALX	120
	3	LLX	40
	4	AXX	60
11/5/2023	1	ALV	60
	2	AXU	60
	3	LLP	120
	4	ALX	60
	5	GXU	60
12/5/2023	1	ALX	60
	2	GXU	60
	3	LLP	60
	4	ALV	60
	5	LXU	60
	6	LLX	40
	7	AXX	60
13/5/2023	1	AXX	120
	2	ALX	120
	3	LLP	60
	4	LXU	60
14/5/2023		No production	

ตารางที่ 2 แผนการผลิต Chassis Frame ประจำเดือน พฤษภาคม 2566 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ลำดับ	รุ่น	จำนวน (คัน)
15/5/2023	1	AXX	120
	2	ALV	60
	3	ALX	60
	4	AXU	120
16/5/2023	1	ALV	60
	2	LLP	60
	3	LXU	60
	4	AXX	60
	5	LLV	40
	6	LLX	40
17/5/2023	1	LLX	80
	2	GXU	60
	3	ALX	60
	4	GXX	60
	5	ALV	60
18/5/2023	1	AXX	120
	2	ALV	60
	3	GXX	60
	4	ALX	60
	5	LLP	60
19/5/2023	1	LLX	60
	2	AXU	60
	3	ALX	60
	4	LXU	60
	5	AXX	60
	6	ALV	60

ตารางที่ 2 แผนการผลิต Chassis Frame ประจำเดือน พฤษภาคม 2566 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ลำดับ	รุ่น	จำนวน (คัน)
20/5/2023	1	AXX	60
	2	ALV	60
	3	AXU	60
	4	LLP	60
	5	LXU	60
	6	LLV	40
21/5/2023	No production		
22/5/2023	1	LXU	60
	2	LLP	60
	3	ALX	60
	4	AXX	60
	5	GXU	60
	6	LLV	40
23/5/2023	1	LLP	60
	2	AXU	60
	3	ALX	120
	4	AXX	60
	5	ALV	60
24/5/2023	1	LXU	60
	2	LLX	40
	3	AXU	60
	4	LLP	60
	5	AXX	60
	6	ALV	60

ตารางที่ 2 แผนการผลิต Chassis Frame ประจำเดือน พฤษภาคม 2566 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ลำดับ	รุ่น	จำนวน (คัน)
25/5/2023	1	LXU	60
	2	AXX	60
	3	ALV	60
	4	LLP	60
	5	AXU	60
	6	GXU	60
26/5/2023	1	ALX	60
	2	LLX	40
	3	AXX	60
	4	LXU	60
	5	ALV	60
	6	AXU	60
27/5/2023	1	LLP	60
	2	GXX	40
	3	AXX	60
	4	ALX	60
	5	GXU	60
	6	ALV	60
28/5/2023	1	AXX	120
	2	LLP	120
	3	ALX	60
	4	ALV	60
29/5/2023	1	LLP	120
	2	GXX	40
	3	AXX	60
	4	ALX	60
	5	GXU	60

วัน/เดือน/ปี	ลำดับ	รุ่น	จำนวน (คัน)
30/5/2023	1	AXX	120
	2	ALV	60
	3	ALX	60
	4	LLP	50
	5	LLX	30
	6	AXU	20
31/5/2023	1	AXU	100
	2	AXX	120
	3	ALX	60
	4	ALV	60

จากแผนการผลิตในตารางที่ 2 สามารถแสดงโครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Bill of Materials, BOM) ที่ใช้ในการประกอบชิ้นส่วนของแต่ละรุ่นการผลิต ซึ่งมีรายละเอียดของชื่อชิ้นส่วน, ผู้ผลิตชิ้นส่วน, ขนาดบรรจุภัณฑ์, ปริมาตรของบรรจุภัณฑ์ และน้ำหนักของชิ้นส่วน โดยจำนวนชิ้นส่วนมีจำนวนทั้งหมด 235 รายการ ขนส่งจากผู้ผลิตภายนอก (Suppliers) จำนวน 20 ราย สามารถแสดงตัวอย่างข้อมูลดังภาพที่ 24

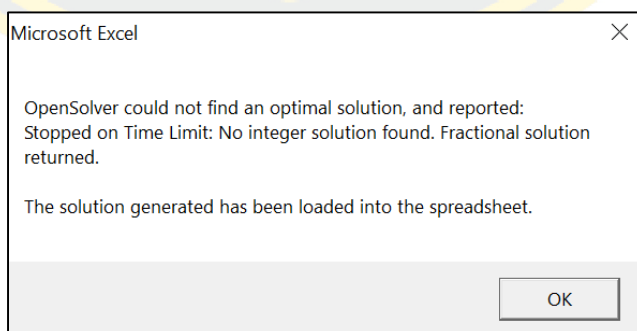
ลำดับ	ชื่อชิ้นส่วน	ผู้ผลิตชิ้นส่วน	จำนวนชิ้นส่วนแยกตามรุ่นการผลิต Chassis Frame (ชิ้น)										ขนาดบรรจุภัณฑ์ (mm.)			ปริมาตรบรรจุภัณฑ์ (M <sup>3</sup> )	จำนวน/บรรจุภัณฑ์ (ชิ้น)	น้ำหนักชิ้นส่วน (kg)	
			ALV	ALP	ALX	AXU	LLV	LLP	LLX	GXU	LXU	AXX	GXX	กว้าง	ยาว				สูง
1	A1	BMW	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	295	380	180	0.020	70	0.184
2	A2	BMW	-	1	1	-	-	1	1	-	-	-	-	380	600	125	0.029	20	0.512
3	A3	BMW	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	680	870	610	0.361	100	0.900
4	A4	BMW	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	380	600	125	0.029	30	0.384
5	A5	BMW	1	-	1	-	1	-	1	-	-	1	1	680	870	610	0.361	100	1.022
6	A6	BMW	1	-	1	-	1	-	1	-	-	1	1	380	600	125	0.029	30	0.411
7	A7	BMW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	295	380	180	0.020	50	0.277
8	A8	BMW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	295	380	180	0.020	50	0.200
9	A9	BMW	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	680	870	610	0.361	100	0.910
10	A10	BMW	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	380	600	175	0.040	30	0.423

ภาพที่ 24 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Bill of Materials, BOM)

จากข้อมูลในภาพที่ 24 พบว่า การผลิตชิ้น Chassis Frame รุ่น ALV จำเป็นต้องใช้ชิ้นส่วน A1 จำนวน 2 ชิ้น ชิ้นส่วน A5-A8 อย่างละ 1 ชิ้น ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ผลิตโดยผู้ผลิต BMW ซึ่งเป็นหนึ่งใน Suppliers ของบริษัทกรณีศึกษา นอกจากนี้ยังมีรายการชิ้นส่วนอื่น ๆ ที่ใช้ในการประกอบ Chassis Frame รุ่นอื่น ๆ ตามโครงสร้างผลิตภัณฑ์ โดยรายละเอียดของชิ้นส่วนทั้งหมดแสดงไว้ในภาคผนวก ข

### ผลการวิเคราะห์เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกที่เหมาะสมสำหรับการขนส่ง

จากการรวบรวมข้อมูลแผนการผลิตและโครงสร้างผลิตภัณฑ์ สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกให้มีประสิทธิภาพสูงสุดโดยใช้ Linear Transshipment Network Flow Model (LTNFM) ดังอธิบายไว้ในบทที่ 3 ประเมินคำตอบด้วยฟังก์ชัน OpenSolver ของโปรแกรม Microsoft Excel กำหนด Solver engine เป็น CBC (Coin-or Branch and Cut) บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำ (RAM) ขนาด 4 GB และหน่วยประมวลผลกลาง Intel® Core™ i5-7200U CPU @ 2.50 GHz จากข้อมูลความต้องการชิ้นส่วน และจำนวน Suppliers ทั้งหมดตามแผนการผลิตที่พิจารณาในงานวิจัยนี้สร้างเป็น Network โดยทดลองทำการประเมินจากแผนการผลิตที่มีความต้องการการขนส่งชิ้นส่วนที่สูงที่สุดจากแผนการผลิตทั้งหมด พบว่ามี Node ต้นทาง ระหว่างทาง และ ปลายทาง ของ LTNFM จำนวน 12, 20 และ 1 Node ตามลำดับ ตัวแปรตัดสินใจจำนวน 1,280 ตัว และสมการเงื่อนไขจำนวน 119 สมการ จากการทดลองประมวลผลพบว่าไม่สามารถประเมินคำตอบของทั้ง Network พร้อมกันได้ภายในเวลาที่เหมาะสม โดยกำหนดเวลาประเมินเท่ากับ 20, 30, 60 และ 120 นาทีตามลำดับ พบว่าเมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดดังกล่าว OpenSolver ยังคงไม่สามารถประเมินคำตอบได้ เช่น กรณีกำหนดเวลา 120 นาที ดังภาพที่ 25 สถานะคำตอบยังไม่เป็นไปตามสมการเงื่อนไขของ LTNFM



```

OpenSolver - Optimisation Running
Cbc00000 Initial / 10000 nodes, 2.20 on tree, 1e+50 best solution, best possible
1485.2538 (7170.79 seconds)
Cbc00101 After 711000 nodes, 2950 on tree, 1e+50 best solution, best possible
1485.2538 (7188.02 seconds)
Cbc00101 After 712000 nodes, 2952 on tree, 1e+50 best solution, best possible
1485.2538 (7197.09 seconds)
Cbc00201 Exiting on maximum time
Cbc00051 Partial search - best objective 1e+50 (best possible 1485.2538), took
69841378 iterations and 712310 nodes (7200.28 seconds)
Cbc00321 Strong branching done 799520 times (36888537 iterations), fathomed
69542 nodes and fixed 106960 variables
Cbc00351 Maximum depth 170, 0 variables fixed on reduced cost
Cuts at root node changed objective from 1303.49 to 1434.42
Probing was tried 100244 times and created 374148 cuts of which 238 were active
after adding rounds of cuts (54.461 seconds)
 Gomory was tried 15 times and created 2 cuts of which 0 were active after adding
rounds of cuts (0.028 seconds)
 Knapsack was tried 100148 times and created 47178 cuts of which 47 were active
after adding rounds of cuts (352.337 seconds)
 Clique was tried 15 times and created 0 cuts of which 0 were active after adding
rounds of cuts (0.001 seconds)
 MixedIntegerRounding2 was tried 100148 times and created 327027 cuts of which
232 were active after adding rounds of cuts (49.686 seconds)
 FlowCover was tried 100148 times and created 1855 cuts of which 0 were active
after adding rounds of cuts (0.442 seconds)
 TwoMirCuts was tried 100144 times and created 31 cuts of which 0 were active
after adding rounds of cuts (54.964 seconds)

Result - Stopped on time limit
No feasible solution found
Lower bound:          1485.254
Enumerated nodes:    712310
Total iterations:    69841378
Time (CPU seconds):  7200.38
Time (Wallclock seconds): 7200.38

Total time (CPU seconds):  7200.40 (Wallclock seconds):  7200.40

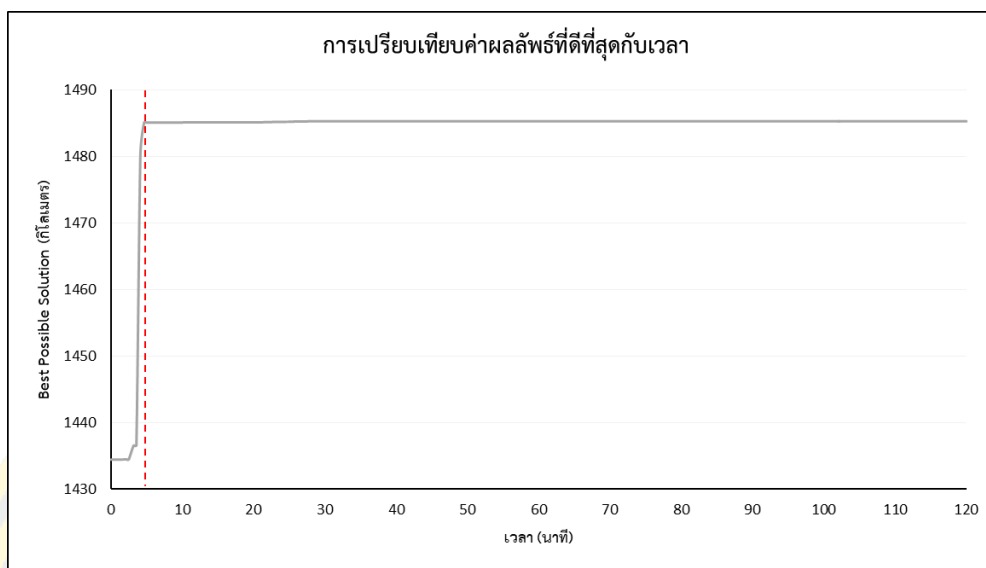
Process completed successfully.]
Elapsed Time: 7200s
OK Cancel

```

Flow From		Flow Into		Decision Variables				Distance (KM)	Xij,M-Yij >= 0	Xij,M-Zij >= 0
Node, i	Name	Node, j	Name	Volume, Yij	Weight, Zij	Select Route, Xij				
1	Truck 1 (N)	13	S1 (K)	0	0	0	133	0	0	
1	Truck 1 (N)	14	S2 (K)	0	0	0	104	0	0	
1	Truck 1 (N)	15	S3 (K)	0	0	0	122	0	0	
1	Truck 1 (N)	16	S4 (K)	0	0	0	20	0	0	
1	Truck 1 (N)	17	S5 (K)	0	0	0	44	0	0	
1	Truck 1 (N)	18	S6 (K)	0	0	0	61	0	0	
1	Truck 1 (N)	19	S7 (K)	0	0	0	61	0	0	
1	Truck 1 (N)	20	S8 (K)	0	0	0	34	0	0	
1	Truck 1 (N)	21	S9 (K)	0	7000	0.010681438	46	10681.438	3681.438	
1	Truck 1 (N)	22	S10 (K)	0	0	0	48	0	0	
1	Truck 1 (N)	23	S11 (K)	0	0	0	173	0	0	
1	Truck 1 (N)	24	S12 (K)	0	0	0	39	0	0	
1	Truck 1 (N)	25	S13 (K)	0	0	0	15	0	0	
1	Truck 1 (N)	26	S14 (K)	0	0	0	16	0	0	
1	Truck 1 (N)	27	S15 (K)	30	0	0.00003	7.5	0	30	
1	Truck 1 (N)	28	S16 (K)	0	0	0	9.7	0	0	
1	Truck 1 (N)	29	S17 (K)	0	0	0.98928856	16	989288.56	989288.56	
1	Truck 1 (N)	30	S18 (K)	0	0	0	123	0	0	
1	Truck 1 (N)	31	S19 (K)	0	0	0	122	0	0	

ภาพที่ 25 ตัวอย่างผลการประเมินคำตอบของทั้ง Network พร้อมกันที่ระยะเวลา 120 นาที

จากการประเมินคำตอบที่ได้ จึงได้นำผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Best Possible Solution) มาเปรียบเทียบกับเวลา เพื่อจัดทำกราฟวิเคราะห์ระยะทางรวมที่เป็นไปได้ดังภาพที่ 26 เปรียบเทียบกับระยะทางรวมจากผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ (Feasible Solution) ผลการวิเคราะห์พบว่า ระยะทางรวมจาก Best Possible Solution มีค่าเท่ากับ 1,485.25 กิโลเมตร โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงของระยะทาง แม้ว่าระยะเวลาจะมีการเปลี่ยนแปลงก็ตาม จะสังเกตได้ว่าระยะทางเริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 5 นาที ในขณะที่ผลลัพธ์จาก Feasible Solution มีระยะทางรวมเท่ากับ 1,485.2540 กิโลเมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสองผลลัพธ์ พบว่ามีค่าความแตกต่างเพียง 0.0002 กิโลเมตร ซึ่งถือว่าต่ำมาก จึงสามารถสรุปได้ว่า Feasible Solution มีความใกล้เคียงกับ Best Possible Solution อย่างมีนัยสำคัญในด้านของระยะทางรวม



ภาพที่ 26 กราฟการเปรียบเทียบค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Best Possible Solution) กับเวลา

อย่างไรก็ตามเมื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลมาทำการจัดรูปแบบเส้นทางการขนส่งในลักษณะของเครือข่าย (Network) พบว่าไม่สามารถจัดรูปแบบเส้นทางได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากในบางโหนด (Node) มีจำนวนเส้นทางเข้าและออกเกินกว่าข้อกำหนดของสมการข้อจำกัดที่กำหนดไว้ในแบบจำลอง ปัญหาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า แม้คำตอบที่ได้จะอยู่ในขอบเขตของ Feasible Solution แต่เมื่อพิจารณาในเชิงโครงสร้างเครือข่ายจริงแล้ว เส้นทางที่ได้ไม่สามารถใช้งานได้จริงตามรูปแบบการไหลที่กำหนดไว้ จึงสรุปได้ว่า Feasible Solution ที่ได้นั้นไม่ใช่ Feasible Solution ที่แท้จริง

การประเมินผลลัพธ์ของ Network ขนาดเล็กที่สุดจากแผนการผลิตซึ่งมีความต้องการการขนส่งชิ้นส่วนน้อยที่สุด โดยมีจำนวน Node ต้นทาง ระหว่างทาง และ ปลายทาง ของ LTNFM จำนวน 8, 20 และ 1 Node ตามลำดับ ตัวแปรตัดสินใจจำนวน 1,120 ตัว และสมการเงื่อนไขจำนวน 105 สมการ พบว่าไม่สามารถวิเคราะห์เส้นทางที่เป็น Optimal Solution ของทั้ง Network ได้พร้อมกันภายในเวลาที่เหมาะสมได้ด้วย OpenSolver

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงแบ่งพื้นที่การให้บริการของรถบรรทุกออกเป็น 2 โซนเพื่อลดขนาดของข้อมูล โดยทำการแบ่งตามเกณฑ์ขอบเขตพื้นที่และเส้นทางการการขนส่งที่น่าจะเหมาะสมในทางปฏิบัติ มีรายละเอียดการแบ่งโซนแสดงไว้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การแบ่งโซนการวิ่งของรถบรรทุก

โซน	จังหวัด	บริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วน
1.	กรุงเทพมหานคร	TRF
	สมุทรปราการ	BMW, MIC, PTA
	ฉะเชิงเทรา	KLKP, TAP
	ปทุมธานี	JSA
2.	ชลบุรี	HUAMEI, QST, SCS, SUNSKIN, TSLA, UHM,
	ระยอง	SPA
		BTA, TPT, TSAP, TYL, TAPP, TSAT4

ตัวแบบ LTNFM ของ Network การขนส่งชิ้นส่วนจากแต่ละโซนตามตารางที่ 3 มายังโรงงานกรณีศึกษา ของทั้ง 27 วัน เพื่อประเมินเส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกที่เหมาะสมที่สุดสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

#### 1. การประเมินปริมาตรภายในรถบรรทุก

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลพบว่ามีการใช้รถบรรทุกขนาด 6 ล้อ ยี่ห้อ ISUZU รุ่น FTR-240 ซึ่งใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทดีเซล ในการขนส่งชิ้นส่วน โดยรถบรรทุกรุ่นดังกล่าวมีน้ำหนักรถเปล่าเท่ากับ 8,000 กิโลกรัม และขนาดภายในตู้บรรทุกสินค้า กว้าง 2,200 มิลลิเมตร ยาว 6,600 มิลลิเมตร และสูง 2,300 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถคำนวณปริมาตรภายในของตู้บรรทุกได้จากสมการที่ 3-1

$$V = (220 \times 660 \times 230)/1,000,000 \\ = 33.40 \text{ m}^3 \approx 34 \text{ CBM}$$

จากสมการที่ 3-1 พบว่าปริมาตรภายในของรถบรรทุกมีค่าประมาณ 34 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ซึ่งเป็นค่าที่สามารถบรรทุกสินค้าได้เต็มความจุ เพื่อให้การศึกษามีความสอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริง ซึ่งโดยทั่วไปมักไม่สามารถใช้พื้นที่ภายในตู้บรรทุกได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้จึงกำหนดสมมุติฐานการใช้งานที่ 88% ของปริมาตรสูงสุด ซึ่งคิดเป็นปริมาตรการใช้งานจริงประมาณ 30 ลูกบาศก์เมตร (CBM) และในด้านข้อจำกัดตามกฎหมายเกี่ยวกับน้ำหนักบรรทุก ตามที่ระบุในพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. 2522 และพระราชกฤษฎีกากำหนดน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของรถบรรทุก พ.ศ. 2535 รถบรรทุกขนาด 6 ล้อสามารถบรรทุกน้ำหนักรวม (รวมทั้งตัวรถและสินค้า)

ได้ไม่เกิน 15,000 กิโลกรัม (15 ตัน) (กรมการขนส่งทางบก, 2535) ดังนั้นเมื่อพิจารณาว่าน้ำหนักรถเปล่ามีค่าประมาณ 8,000 กิโลกรัม รถจึงสามารถบรรทุกสินค้าได้สูงสุดไม่เกิน 7,000 กิโลกรัม

## 2. การประเมินจำนวนรถบรรทุกหรือ Node ต้นทาง

สำหรับการหาจำนวนรถบรรทุกที่ต้องใช้ของ Network แต่ละโซนของแต่ละวันสามารถประเมินได้จากสมการที่ 3-2 และ 3-3 ตัวอย่างแผนการผลิตประจำวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 โซน 1 มีรายละเอียดต่อไปนี้ จากข้อมูลในแผนการผลิตตามตารางที่ 2 และโครงสร้างรายการผลิตภัณฑ์ในตารางที่ 3 พบว่า ในโซน 1 มีความจำเป็นต้องไปรับชิ้นส่วนจากบริษัทผู้ผลิตทั้งหมดจำนวน 7 ราย ได้แก่ TRF, BMW, MIC, PTA, KLKP, TAP และ JSA โดยสามารถแสดงข้อมูลความต้องการขนส่งชิ้นส่วนของผู้ผลิต แต่ละรายเป็นปริมาตร และน้ำหนักดังนี้ตารางที่ 4

ลำดับ	ผู้ผลิตชิ้นส่วน	ความต้องการปริมาตร (CBM)	ความต้องการน้ำหนัก (kg)
1	TRF	0.06	21.50
2	BMW	8.23	1,921.36
3	MIC	0.84	273.04
4	PTA	13.50	5,475.22
5	KLKP	13.87	2,749.08
6	TAP	0.77	539.52
7	JSA	2.26	1,116.76

รวมความต้องการ:

ปริมาตรทั้งหมด = 39.53 ลูกบาศก์เมตร (CBM)

น้ำหนักทั้งหมด = 12,096.48 กิโลกรัม (kg)

จึงประเมินจำนวนรถบรรทุกหรือ Node ต้นทางได้จากสมการที่ 3-2 ดังนี้

$$N_v = \frac{39.53}{30}$$

$$= 1.317 \approx 2 \text{ คัน}$$

จากสมการที่ 3-3

$$N_w = \frac{12,096.48}{7,000}$$

$$= 1.728 \approx 2 \text{ คัน}$$

จำนวนรถบรรทุกที่ต้องการประเมินจากสมการ 3-4

$$N = \text{Max} \{2,2\}$$

จึงต้องการรถบรรทุกอย่างน้อย 2 คัน เพื่อให้สามารถรองรับปริมาณงานขนส่งได้อย่างเพียงพอทั้งในด้านปริมาตรและน้ำหนักบรรทุก

3. การประเมินจำนวนรถบรรทุกขั้นต่ำที่ต้องใช้รับชิ้นส่วนจากผู้ผลิตชิ้นส่วน  
ขั้นตอนนี้เป็นการประเมินว่าต้องมีรถบรรทุกจำนวนกี่คันที่ต้องวิ่งเข้าไปรับชิ้นส่วนจากแต่ละโหนดระหว่างทางของโซน 1 โดยพิจารณาจากค่ามากที่สุดระหว่างค่า  $L_{vj}$  และ  $L_{wj}$  ของสมการที่ 3-5 และ 3-6 ตามลำดับ ตัวอย่างการคำนวณของจำนวนรถบรรทุกที่ต้องวิ่งเข้าไปรับชิ้นส่วนจากบริษัท TRF ซึ่งมีความต้องการเชิงปริมาตร ( $+C_j$ ) เท่ากับ 0.06 ลูกบาศก์เมตร (CBM) และความต้องการเชิงน้ำหนัก ( $+W_j$ ) เท่ากับ 21.50 กิโลกรัม จากสมการที่ (3-5) จะได้

$$\begin{aligned} L_{v3} &= 0.06/30 \\ &= 0.002 \approx 1 \text{ คัน} \end{aligned}$$

และจากสมการที่ 3-6 จะได้

$$\begin{aligned} L_{w3} &= 21.50/7,000 \\ &= 0.003 \approx 1 \text{ คัน} \end{aligned}$$

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าต้องใช้รถบรรทุกจำนวน 1 คัน สำหรับการรับชิ้นส่วนจากผู้ผลิตโหนดระหว่างทางอื่น ๆ ของโซน 1 สามารถประเมินได้ในลักษณะเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จำนวนรถบรรทุกที่ต้องการเพื่อรับชิ้นส่วนจากผู้ผลิตตามแผนการผลิตวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2566

ลำดับ	ผู้ผลิตชิ้นส่วน	ความต้องการปริมาตร (CBM)	ความต้องการน้ำหนัก (kg)	จำนวนรถบรรทุก, $T_j$ (คัน)
1	TRF	0.06	21.50	1
2	BMW	8.23	1,921.36	1
3	MIC	0.84	273.04	1
4	PTA	13.50	5,475.22	1
5	KLKP	13.87	2,749.08	1
6	TAP	0.77	539.52	1
7	JSA	2.26	1,116.76	1

#### 4. การสร้าง Network ที่เป็นไปได้ในการวิ่งรถบรรทุก

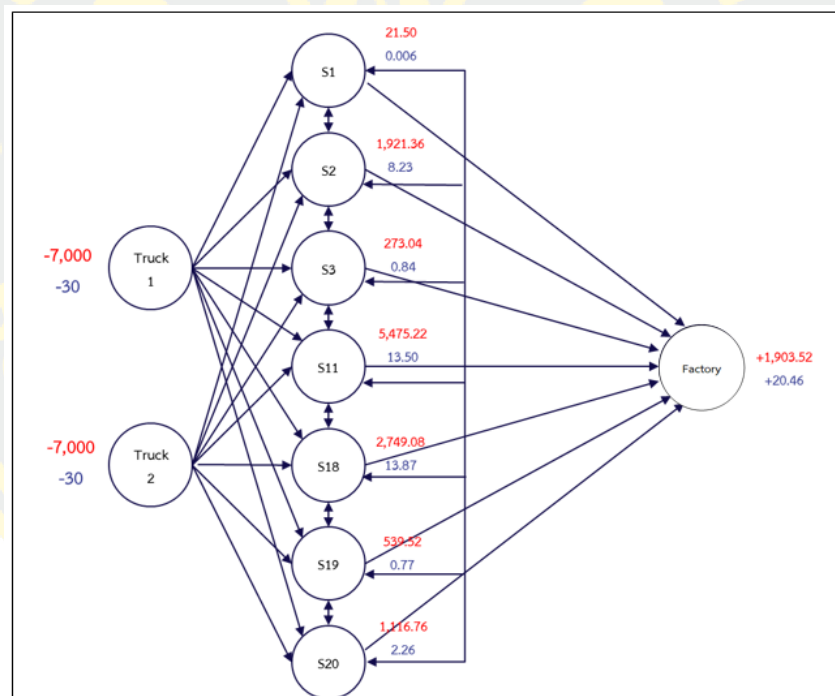
จากผลการประเมินตามข้อ 1 – 3 จะมีข้อมูล Supply และ Demand ดังตารางที่ 6 และสามารถสร้าง Network เส้นทางขนส่งที่เป็นไปได้ โดยอิงตามหลักการของ Linear Transshipment Network Flow Model (LTNFM) ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ สัญลักษณ์ ดัชนี พารามิเตอร์ และตัวแปรตัดสินใจ ตามที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 3 ดังภาพที่ 23 และระยะทางระหว่าง Node ใน Network ดังภาพที่ 27 ระยะทางระหว่าง Node กำหนดโดยอ้างอิงระยะทางจริงจาก Google Maps เลือกใช้เงื่อนไขระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่าง Node  $i$  ไป  $j$  และไม่มีค่าผ่านทาง

ตารางที่ 6 ข้อมูล Supply และ Demand โซน 1 แผนการผลิตวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2566

Code	Node	Supply (CBM)	Demand (CBM)	Supply (kg)	Demand (kg)
Truck 1	1	-30	-	-7,000	-
Truck 2	2	-30	-	-7,000	-
S1	3	-	0.06	-	21.50
S2	4	-	8.23	-	1,921.36
S3	5	-	0.84	-	273.04
S11	6	-	13.50	-	5,475.22
S18	7	-	13.87	-	2,749.08
S19	8	-	0.77	-	539.52
S20	9	-	2.26	-	1,116.76
Factory	10	-	20.47	-	1,903.52

From Code	To Node	Code Node	Truck 1	Truck 2	S1	S2	S3	S11	S18	S19	S20	Factory
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Truck 1	1		0	0	133	104	122	173	123	122	115	0
Truck 2	2		0	0	133	104	122	173	123	122	115	0
S1	3		0	0	0	45	63	49	12	23	31	118
S2	4		0	0	41	0	32	75	51	61	52	100
S3	5		0	0	58	25	0	96	67	76	70	104
S11	6		0	0	52	74	88	0	48	80	75	165
S18	7		0	0	11	57	67	45	0	12	29	117
S19	8		0	0	21	56	80	59	11	0	20	116
S20	9		0	0	28	49	73	71	26	17	0	109
Factory	10		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ภาพที่ 27 ระยะทางระหว่าง Node ใน Network ตามภาพที่ 23



ภาพที่ 28 Network ที่เป็นไปได้ในการวิ่งของรถบรรทุกโซน 1 สำหรับแผนการผลิตวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2566

5. การกำหนดสมการเป้าหมายและข้อจำกัดในการวิเคราะห์เส้นทางการขนส่ง ในการประเมินเส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกจำเป็นต้องกำหนดสมการเป้าหมาย (Objective Function) เพื่อสะท้อนวัตถุประสงค์หลักของปัญหาการขนส่ง ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่การลดระยะทางการขนส่งรวมให้น้อยที่สุด ดังนั้นสามารถเขียนสมการเป้าหมายได้ตามที่แสดงดังสมการที่

3-9 และกำหนดเงื่อนไขการดำเนินงานในรูปแบบของสมการข้อจำกัด (Constraints) ตามสมการที่ 3-10 ถึง 3-20 ซึ่งสามารถแจกแจงตัวแปรลงในสมการได้ดังนี้

จากสมการเป้าหมาย

$$\text{Min TD} = \sum_i \sum_j (d_{ij} \times x_{ij})$$

จะได้

$$\begin{aligned} \text{Min TD} = & 133x_{13} + 104x_{14} + 122x_{15} + 173x_{16} + 123x_{17} + 122x_{18} + \\ & 115x_{19} + 133x_{23} + 104x_{24} + 122x_{25} + 173x_{26} + 123x_{27} + \\ & 122x_{28} + 115x_{29} + 45x_{34} + 63x_{35} + 49x_{36} + 12x_{37} + \\ & 23x_{38} + 31x_{39} + 118x_{310} + 41x_{43} + 32x_{45} + 75x_{46} + \\ & 51x_{47} + 61x_{48} + 52x_{49} + 100x_{410} + 58x_{53} + 25x_{54} + \\ & 96x_{56} + 67x_{57} + 76x_{58} + 70x_{59} + 104x_{510} + 52x_{63} + \\ & 74x_{64} + 88x_{65} + 48x_{67} + 80x_{68} + 75x_{69} + 165x_{610} + \\ & 11x_{73} + 57x_{74} + 67x_{75} + 45x_{76} + 12x_{78} + 29x_{79} + \\ & 117x_{710} + 21x_{83} + 56x_{84} + 80x_{85} + 59x_{86} + 11x_{87} + \\ & 20x_{89} + 116x_{810} + 28x_{93} + 49x_{94} + 73x_{95} + 71x_{96} + 26x_{97} + \\ & 17x_{98} + 109x_{910} \end{aligned}$$

สมการข้อจำกัดด้านปริมาตร

$$\text{Node 1: } -y_{13} - y_{14} - y_{15} - y_{16} - y_{17} - y_{18} - y_{19} = -30$$

$$\text{Node 2: } -y_{23} - y_{24} - y_{25} - y_{26} - y_{27} - y_{28} - y_{29} = -30$$

$$\text{Node 3: } -y_{34} - y_{35} - y_{36} - y_{37} - y_{38} - y_{39}$$

$$+ y_{13} + y_{23} + y_{43} + y_{53} + y_{63} + y_{73} + y_{83} + y_{93} = 0.06$$

$$\text{Node 4: } -y_{43} - y_{45} - y_{46} - y_{47} - y_{48} - y_{49}$$

$$+ y_{14} + y_{24} + y_{34} + y_{54} + y_{64} + y_{74} + y_{84} + y_{94} = 8.23$$

$$\text{Node 5: } -y_{53} - y_{54} - y_{56} - y_{57} - y_{58} - y_{59}$$

$$+ y_{15} + y_{25} + y_{35} + y_{45} + y_{65} + y_{75} + y_{85} + y_{95} = 0.84$$

$$\text{Node 6: } -y_{63} - y_{64} - y_{65} - y_{67} - y_{68} - y_{69}$$

$$+ y_{16} + y_{26} + y_{36} + y_{46} + y_{56} + y_{76} + y_{86} + y_{96} = 13.50$$

$$\text{Node 7: } -y_{73} - y_{74} - y_{75} - y_{76} - y_{78} - y_{79}$$

$$+ y_{17} + y_{27} + y_{37} + y_{47} + y_{57} + y_{67} + y_{87} + y_{97} = 13.87$$

$$\text{Node 8: } -y_{83} - y_{84} - y_{85} - y_{86} - y_{87} - y_{89}$$

$$+ y_{18} + y_{28} + y_{38} + y_{48} + y_{58} + y_{68} + y_{78} + y_{98} = 0.77$$

$$\text{Node 9: } -y_{93} - y_{94} - y_{95} - y_{96} - y_{97} - y_{98}$$

$$+ y_{19} + y_{29} + y_{39} + y_{49} + y_{59} + y_{69} + y_{79} + y_{89} = 2.26$$

$$\text{Node 10: } +y_{310} + y_{410} + y_{510} + y_{610} + y_{710} + y_{810} + y_{910} = 20.47$$

สมการข้อจำกัดด้านน้ำหนัก

$$\text{Node 1: } -z_{13} - z_{14} - z_{15} - z_{16} - z_{17} - z_{18} - z_{19} = -7000$$

$$\text{Node 2: } -z_{23} - z_{24} - z_{25} - z_{26} - z_{27} - z_{28} - z_{29} = -7000$$

$$\text{Node 3: } -z_{34} - z_{35} - z_{36} - z_{37} - z_{38} - z_{39}$$

$$+z_{13} + z_{23} + z_{43} + z_{53} + z_{63} + z_{73} + z_{83} + z_{93} = 21.50$$

$$\text{Node 4: } -z_{43} - z_{45} - z_{46} - z_{47} - z_{48} - z_{49}$$

$$+z_{14} + z_{24} + z_{34} + z_{54} + z_{64} + z_{74} + z_{84} + z_{94} = 1,921.36$$

$$\text{Node 5: } -z_{53} - z_{54} - z_{56} - z_{57} - z_{58} - z_{59}$$

$$+z_{15} + z_{25} + z_{35} + z_{45} + z_{65} + z_{75} + z_{85} + z_{95} = 273.04$$

$$\text{Node 6: } -z_{63} - z_{64} - z_{65} - z_{67} - z_{68} - z_{69}$$

$$+z_{16} + z_{26} + z_{36} + z_{46} + z_{56} + z_{76} + z_{86} + z_{96} = 5,475.22$$

$$\text{Node 7: } -z_{73} - z_{74} - z_{75} - z_{76} - z_{78} - z_{79}$$

$$+z_{17} + z_{27} + z_{37} + z_{47} + z_{57} + z_{67} + z_{87} + z_{97} = 2,749.08$$

$$\text{Node 8: } -z_{83} - z_{84} - z_{85} - z_{86} - z_{87} - z_{89}$$

$$+z_{18} + z_{28} + z_{38} + z_{48} + z_{58} + z_{68} + z_{78} + z_{98} = 539.52$$

$$\text{Node 9: } -z_{93} - z_{94} - z_{95} - z_{96} - z_{97} - z_{98}$$

$$+z_{19} + z_{29} + z_{39} + z_{49} + z_{59} + z_{69} + z_{79} + z_{89} = 1,116.76$$

$$\text{Node 10: } +z_{310} + z_{410} + z_{510} + z_{610} + z_{710} + z_{810} + z_{910} = 1,903.52$$

Node ต้นทาง

$$\text{Node 1: } x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} = 1$$

$$\text{Node 2: } x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} + x_{29} = 1$$

Node ระหว่างทาง

$$\text{Node 3: } x_{13} + x_{23} + x_{43} + x_{53} + x_{63} + x_{73} + x_{83} + x_{93} = 1 \text{ (Flow in)}$$

$$x_{34} + x_{35} + x_{36} + x_{37} + x_{38} + x_{39} + x_{310} = 1 \text{ (Flow out)}$$

$$\text{Node 4: } x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{54} + x_{64} + x_{74} + x_{84} + x_{94} = 1 \text{ (Flow in)}$$

$$x_{43} + x_{45} + x_{46} + x_{47} + x_{48} + x_{49} + x_{410} = 1 \text{ (Flow out)}$$

$$\text{Node 5: } x_{15} + x_{25} + x_{35} + x_{45} + x_{65} + x_{75} + x_{85} + x_{95} = 1 \text{ (Flow in)}$$

$$x_{53} + x_{54} + x_{56} + x_{57} + x_{58} + x_{59} + x_{510} = 1 \text{ (Flow out)}$$

$$\text{Node 6: } x_{16} + x_{26} + x_{36} + x_{46} + x_{56} + x_{76} + x_{86} + x_{96} = 1 \text{ (Flow in)}$$

$$x_{63} + x_{64} + x_{65} + x_{67} + x_{68} + x_{69} + x_{610} = 1 \text{ (Flow out)}$$

$$\text{Node 7: } x_{17} + x_{27} + x_{37} + x_{47} + x_{57} + x_{67} + x_{87} + x_{97} = 1 \text{ (Flow in)}$$

$$x_{73} + x_{74} + x_{75} + x_{76} + x_{78} + x_{79} + x_{710} = 1 \text{ (Flow out)}$$

$$\text{Node 8: } x_{18} + x_{28} + x_{38} + x_{48} + x_{58} + x_{68} + x_{78} + x_{98} = 1 \text{ (Flow in)}$$

$$x_{83} + x_{84} + x_{85} + x_{86} + x_{87} + x_{89} + x_{810} = 1 \text{ (Flow out)}$$

$$\begin{aligned} \text{Node 9: } x_{19} + x_{29} + x_{39} + x_{49} + x_{59} + x_{69} + x_{79} + x_{89} &= 1 \text{ (Flow in)} \\ x_{93} + x_{94} + x_{95} + x_{96} + x_{97} + x_{98} + x_{910} &= 1 \text{ (Flow out)} \end{aligned}$$

Node ปลายทาง

$$\text{Node 10: } x_{310} + x_{410} + x_{510} + x_{610} + x_{710} + x_{810} + x_{910} = 2$$

จาก LTNFM ของตัวอย่างโชน 1 ตามแผนการผลิต Chassis Frame วันที่ 10 เดือน พฤษภาคม 2566 สามารถสร้างเป็นแผ่นงาน (Spreadsheet) ใน Microsoft Excel เพื่อใช้ในการ ประเมินคำตอบ ข้อมูลที่นำมาใช้ประกอบด้วย ความต้องการขนส่งในเชิงปริมาตรและน้ำหนักรวมของ ชิ้นส่วน จำนวนรถบรรทุกทุกที่ใช้ในการขนส่ง และระยะทางระหว่างโหนดในเครือข่าย โดยได้ทำการ บันทึกข้อมูลทั้งหมดลง Spreadsheet data base ดังภาพที่ 29 พร้อมทั้งทำการตรวจสอบความ ถูกต้องของข้อมูลโดยการเปรียบเทียบกับข้อมูลต้นฉบับที่ได้จากการเก็บรวบรวมในขั้นตอนก่อนหน้า ภายหลังจากการจัดเตรียมและตรวจสอบข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จึงได้ดำเนินการจัดทำ Spreadsheet สำหรับ LTNFM Model ดังภาพที่ 30

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1										
2	Type	Nodes	Name	Demand (+)/Supply (-)						
3				Volume	Weight	W/V	Total Volume	Total Weight		
4	ต้นทาง , Truck (Node Ns)	1	Truck 1 (N)	-30	-7000					
5		2	Truck 2 (N)	-30	-7000					
6							Xvj	Xwj	MAX	
7	ระหว่างทาง, Suppliers (Node Ks)	3	S1 (K)	0.06	21.504	355.2384	1	1	1	
8		4	S2 (K)	8.23	1921.36	233.5819	1	1	1	
9		5	S3 (K)	0.84	273.04	325.5098	1	1	1	
10		6	S11 (K)	13.50	5475.22	405.4245	1	1	1	
11		7	S18 (K)	13.87	2749.08	198.1655	1	1	1	
12		8	S19 (K)	0.77	539.52	698.557	1	1	1	
13		9	S20 (K)	2.26	1116.76	494.2537	1	1	1	
14	ปลายทาง, Factory (Node P)	10	FCTRY	20.46566	1903.52					

ภาพที่ 29 แผ่นงานสำหรับบันทึกข้อมูล (Spreadsheet data base) ใน Microsoft Excel

Node, i	Name	Net Flow Volume	Demand(+)/Supply (-)	Net Flow Weight	Demand(+)/Supply (-)		
1	Truck 1 (N)	0	=	-30	0	=	-7000
2	Truck 2 (N)	0	=	-30	0	=	-7000
3	S1 (K)	0	=	0.060334	0	=	21.504
4	S2 (K)	0	=	8.22637	0	=	192.36
5	S3 (K)	0	=	0.888072	0	=	271.04
6	S11 (K)	0	=	13.554894	0	=	3479.26
7	S18 (K)	0	=	13.872648	0	=	2749.08
8	S19 (K)	0	=	0.772335	0	=	338.32
9	S20 (K)	0	=	-2.294879	0	=	1116.78
10	PCTRY	0	=	20.465653	0	=	1903.52

Type	Node	X(i)	Required		
Node Plant, N	Flow From	1	0	=	1
		2	0	=	1
		3	0	=	1
Node Supplier, K	Flow Into	4	0	=	1
		5	0	=	1
		6	0	=	1
		7	0	=	1
		8	0	=	1
		9	0	=	1
Node Supplier, K	Flow From	3	0	=	1
		4	0	=	1
		5	0	=	1
		6	0	=	1
		7	0	=	1
		8	0	=	1
Node Warehouse, P	Flow Into	10	0	=	2

ภาพที่ 30 Spreadsheet สำหรับ LTNFM Model ใน Microsoft Excel

จากภาพที่ 30 ซึ่ให้เห็นถึงสมการในแต่ละเซลล์ดังนี้

สมการสำหรับ Cell F2

คือ สมการเป้าหมาย

สมการสำหรับ Cell R4:R13 และ U4:U14 คือ สมการข้อจำกัด

สมการสำหรับ Cell S17:S33

คือ สมการของ Node ต้นทาง,

Node ระหว่างทาง และ Node ปลายทาง

เมื่อได้ดำเนินการกรอกข้อมูลต่าง ๆ ลงในตารางสเปรดชีตเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนถัดไป คือ การกำหนดเป้าหมายและเงื่อนไข เพื่อประเมินคำตอบที่เหมาะสมด้วย OpenSolver ดังภาพที่ 31

ภาพที่ 31 การกำหนดเป้าหมายและเงื่อนไขใน OpenSolver

จากนั้น Run OpenSolver จะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 32 และ 33

```

OpenSolver - Optimisation Running
seconds)
Cbc0004I Integer solution of 664 found after 4743 iterations and 160 nodes (0.71
seconds)
Cbc0016I Integer solution of 663 found by strong branching after 6183 iterations
and 187 nodes (0.85 seconds)
Cbc0001I Search completed - best objective 663, took 6251 iterations and 190
nodes (0.85 seconds)
Cbc0032I Strong branching done 1824 times (23349 iterations), fathomed 63 nodes
and fixed 62 variables
Cbc0035I Maximum depth 21, 302 variables fixed on reduced cost
Cuts at root node changed objective from 575.399 to 597.732
Probing was tried 94 times and created 136 cuts of which 6 were active after
adding rounds of cuts (0.018 seconds)
Gomory was tried 8 times and created 0 cuts of which 0 were active after adding
rounds of cuts (0.003 seconds)
Knapsack was tried 89 times and created 24 cuts of which 0 were active after
adding rounds of cuts (0.031 seconds)
Clique was tried 8 times and created 0 cuts of which 0 were active after adding
rounds of cuts (0.000 seconds)
MixedIntegerRounding2 was tried 89 times and created 54 cuts of which 0 were
active after adding rounds of cuts (0.009 seconds)
FlowCover was tried 89 times and created 114 cuts of which 3 were active after
adding rounds of cuts (0.016 seconds)
TwoMirCuts was tried 89 times and created 51 cuts of which 0 were active after
adding rounds of cuts (0.013 seconds)
ImplicationCuts was tried 63 times and created 11 cuts of which 0 were active
after adding rounds of cuts (0.000 seconds)

Result - Optimal solution found
Objective value:          663.00000000
Enumerated nodes:         190
Total iterations:         6251
Time (CPU seconds):       0.86
Time (Wallclock seconds): 0.86

Total time (CPU seconds): 0.87 (Wallclock seconds): 0.87

Process completed successfully.

Elapsed Time: 1s
  
```

ภาพที่ 32 ผลลัพธ์จากโปรแกรม OpenSolver เสร็จสมบูรณ์

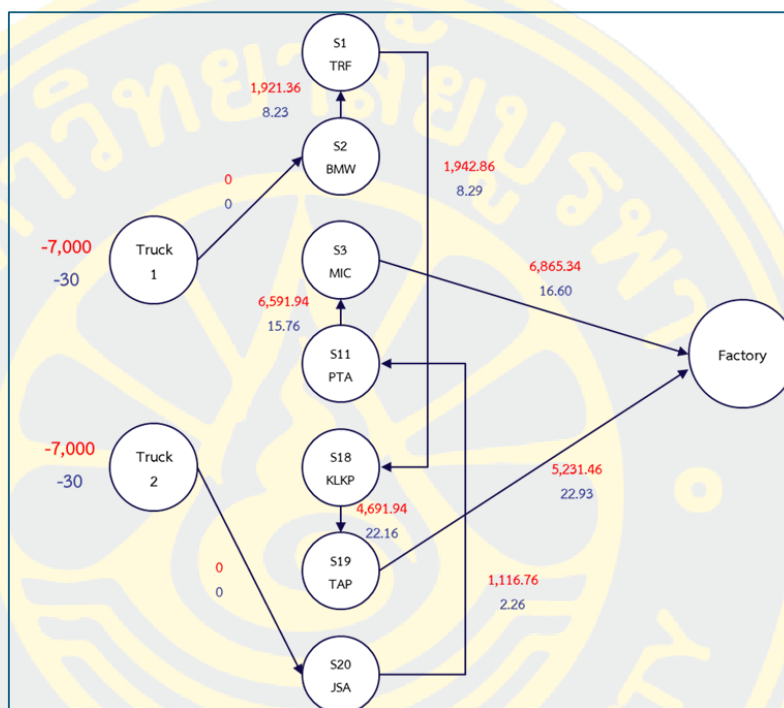
Objective Value		663		Clear Result										
Big Number 1000000														
Number of Trucks	2	Flow From				Node, ij	Name	Net Flow	Demand(+)/Supply (-)	Net Flow	Demand(+)/Supply (-)			
Number of Suppliers	7	Flow Into				Volume	Volume	Weight	Weight					
		Decision Variables				1	Truck 1 00	-30	=	-30	-7000	=	-7000	
		Node, i	Name	Node, j	Name	Volume, Vj	Weight, Zj	Select Route, Xij	Distance (KM)	M-Yj	>=	(Xij-M-Zj)	>=	1
1	Truck 1 00	3	S1 00	0	0	0	133	0	0	0	0	0	0	0
1	Truck 1 00	4	S2 00	30	7000	1	104	999970	993000					
1	Truck 1 00	5	S3 00	0	0	0	122	0	0	0	0	0	0	0
1	Truck 1 00	6	S11 00	0	0	0	173	0	0	0	0	0	0	0
1	Truck 1 00	7	S18 00	0	0	0	123	0	0	0	0	0	0	0
1	Truck 1 00	8	S19 00	0	0	0	122	0	0	0	0	0	0	0
1	Truck 1 00	9	S20 00	0	0	0	115	0	0	0	0	0	0	0
2	Truck 2 00	3	S1 00	0	0	0	133	0	0	0	0	0	0	0
2	Truck 2 00	4	S2 00	0	0	0	104	0	0	0	0	0	0	0
2	Truck 2 00	5	S3 00	0	0	0	122	0	0	0	0	0	0	0
2	Truck 2 00	6	S11 00	0	0	0	173	0	0	0	0	0	0	0
2	Truck 2 00	7	S18 00	0	0	0	123	0	0	0	0	0	0	0
2	Truck 2 00	8	S19 00	0	0	0	122	0	0	0	0	0	0	0
2	Truck 2 00	9	S20 00	30	7000	1	115	999970	993000					
3	S1 00	4	S2 00	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0
3	S1 00	5	S3 00	0	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0
3	S1 00	6	S11 00	0	0	0	49	0	0	0	0	0	0	0
3	S1 00	7	S18 00	21.713829	5057.136	1	12	999978.286	994942.864					
3	S1 00	8	S19 00	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0
3	S1 00	9	S20 00	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0
3	S1 00	10	FCTRY	0	0	0	118	0	0	0	0	0	0	0
4	S2 00	3	S1 00	21.774363	5078.64	1	41	999978.226	994921.36					
4	S2 00	5	S3 00	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0
4	S2 00	6	S11 00	0	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0
4	S2 00	7	S18 00	0	0	0	51	0	0	0	0	0	0	0
4	S2 00	8	S19 00	0	0	0	61	0	0	0	0	0	0	0
4	S2 00	9	S20 00	0	0	0	52	0	0	0	0	0	0	0

Constrain				
Type	Nodes	Xij	Required	
Node Demand, N	Flow From	1 1	= 1	
		2 1	= 1	
		3 1	= 1	
		4 1	= 1	
		5 1	= 1	
	Flow Into	6 1	= 1	
		7 1	= 1	
		8 1	= 1	
		9 1	= 1	
Node Suppliers, K	Flow From	3 1	= 1	
		4 1	= 1	
		5 1	= 1	
		6 1	= 1	
		7 1	= 1	
		8 1	= 1	
		9 1	= 1	
			10 2	= 2

ภาพที่ 33 ผลลัพธ์เส้นทางกรวางของรถบรรทุกจาก OpenSolver

จากภาพที่ 32 แสดงให้เห็นว่า OpenSolver ใช้เวลาในการประเมินคำตอบที่เหมาะสม (Optimal Solution) เพียง 0.86 วินาทีเท่านั้น ภาพที่ 33 แสดงผลลัพธ์เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุก จาก OpenSolver จากนั้นทำการแปรผลลัพธ์ที่ได้ด้วยการวาดเป็นแผนผัง Network การวิ่งของรถบรรทุก ตามผลลัพธ์ที่มีค่า  $x_{ij}$  เป็น 1 ดังภาพที่ 34



ภาพที่ 34 เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุก โชน 1 ประจำวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2566

จากภาพที่ 34 พบว่า รถบรรทุกคันที่ 1 วิ่งตามเส้นทาง (Node) Truck 1  $\rightarrow$  S2  $\rightarrow$  S1  $\rightarrow$  S18  $\rightarrow$  S19  $\rightarrow$  Factory ขณะที่รถบรรทุกคันที่ 2 วิ่งตามเส้นทาง Truck 2  $\rightarrow$  S20  $\rightarrow$  S11  $\rightarrow$  S3  $\rightarrow$  Factory ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ใช้ปริมาตรบรรทุกภายในจำนวน 22.93 ลูกบาศก์เมตร (CBM) น้ำหนักบรรทุก 5,231.46 กิโลกรัม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 67.44 และ 74.73 ของปริมาตรและน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ และรถบรรทุกคันที่ 2 ใช้ปริมาตรบรรทุก 16.60 ลูกบาศก์เมตร น้ำหนักบรรทุก 6,865.02 กิโลกรัม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 48.82 และ 98.07 ของปริมาตรและน้ำหนักสูงสุดตามลำดับ สำหรับเส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกของโชน 1 และ 2 ของแผนการผลิตประจำวันที่ 2 - 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 แสดงในภาคผนวก ค

## 6. การประเมินเวลาการวิ่งของรถบรรทุก

การประเมินเวลาการวิ่งของรถบรรทุกเป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยให้สามารถทราบระยะเวลาที่รถบรรทุกใช้ในการเดินทางตั้งแต่เริ่มออกจากจุดเริ่มต้น และเดินทางกลับมายังบริษัทกรณีศึกษา โดยสามารถประเมินเวลาการวิ่งของรถบรรทุกได้จากสมการที่ 4-1

$$\text{Maximum Truck Travel Time (MTTT)} = \left( \frac{AMS}{DT} + \sum_i^n (LT_i + UT_i) \right) \times 1.20 \quad (4-1)$$

โดยที่

*AMS* = Average Moving Speed หรือความเร็วเฉลี่ยของรถบรรทุก (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

*DT* = Distance หรือระยะทางทั้งหมดของการขนส่ง (กิโลเมตร)

*LT<sub>i</sub>* = Loading Time หรือระยะเวลาในการโหลดสินค้าที่ Node *i* (ชั่วโมง)

*UT<sub>i</sub>* = Unloading Time หรือระยะเวลาในการขนถ่ายสินค้าที่ Node *i* (ชั่วโมง)

1.20 = ค่าสัมประสิทธิ์เพื่อเวลาในการเดินทางเพื่อรองรับปัจจัยที่อาจเกิดขึ้นระหว่างทาง 20% เช่น การจราจรติดขัด หรือเหตุการณ์ที่ไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้

ทั้งนี้ การคำนวณระยะเวลาในการโหลด (Loading Time) และขนถ่ายสินค้า (Unloading Time) สามารถประเมินได้จากสมการที่ 4-2 และ 4-3

$$\text{Loading Time} = ST + (NC \times LTC) \quad (4-2)$$

และ

$$\text{Unloading Time} = ST + (NC \times UTC) \quad (4-3)$$

โดยที่:

*ST* = Setup Time หรือระยะเวลาในการเตรียมความพร้อมก่อนดำเนินการโหลดหรือขนถ่ายสินค้า (นาที)

*NC* = Number of Containers หรือจำนวนบรรจุภัณฑ์ที่ต้องขนส่ง

*LTC* = Loading Time per Container หรือเวลาที่ใช้ในการโหลดบรรจุภัณฑ์หนึ่งหน่วย (นาที/หน่วย)

*UTC* = Unloading Time per Container หรือเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายบรรจุภัณฑ์หนึ่งหน่วย (นาที/หน่วย)

จากแผนการผลิตประจำวันวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 พบว่าในเขตพื้นที่โซนที่ 1 มีระยะเวลาวิ่งของรถบรรทุกทุกคันที่ 1 และ 2 เท่ากับ 285 และ 378 ตามลำดับ โดยรถบรรทุกที่ใช้เป็นรถบรรทุกขนาด 6 ล้อ ซึ่งมีความเร็วเฉลี่ยโดยประมาณ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นอกจากนี้ ได้มีการประเมินระยะเวลาในการเตรียมความพร้อมก่อนการโหลดและขนถ่ายสินค้า (Setup Time) รวมถึงระยะเวลาที่ใช้ในการ โหลด และขนถ่ายขึ้นส่วนจากแต่ละภาชนะบรรจุ โดยใช้วิธีการประเมินตามแนวทางของ Predetermined Time Standards (PTS) รวมถึงจำนวนของบรรจุภัณฑ์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ลำดับ	ผู้ผลิตชิ้นส่วน	Setup Time (นาที)	LTC (นาที/หน่วย)	UTContaine (นาที/หน่วย)	จำนวนบรรจุภัณฑ์
1	TRF	5	1	1	2
2	BMW	8	2	2	10
3	MIC	10	2	2	1
4	PTA	12	2	2	3
5	KLKP	7	2	2	4
6	TAP	10	1	1	7
7	JSA	15	2	2	29

เมื่อแทนค่าลงในสมการที่ 4-1 เพื่อหาระยะเวลาในการโหลดสินค้า และระยะเวลาในการขนถ่ายสินค้า ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณแสดงดังนี้

ลำดับ	ผู้ผลิตชิ้นส่วน	Loading Time (นาที)	Unloading Time (นาที)
1	TRF	7	7
2	BMW	28	28
3	MIC	12	12
4	PTA	18	18
5	KLKP	15	15
6	TAP	17	17
7	JSA	73	73

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถคำนวณหาเวลาการวิ่งของรถบรรทุกได้ดังนี้  
รถบรรทุกคันที่ 1

$$\begin{aligned} \text{Maximum Truck Travel Time (MTTT)} &= \left( \frac{285}{60} + (28+28+7+7+15+15+17+17+) \right) / 60 \times 1.2 \\ &= 8.38 \\ &\approx 8 \text{ ชั่วโมง } 23 \text{ นาที} \end{aligned}$$

รถบรรทุกคันที่ 2

$$\begin{aligned} \text{Maximum Truck Travel Time (MTTT)} &= \left( \frac{378}{60} + (73+73+18+18+12+12) \right) / 60 \times 1.2 \\ &= 11.68 \\ &\approx 11 \text{ ชั่วโมง } 48 \text{ นาที} \end{aligned}$$

ดังนั้นถ้าต้องการให้สามารถขนส่งชิ้นส่วนไปยังโรงงานกรณีศึกษาได้ทันตามเงื่อนไข กำหนดเวลาผู้ที่เกี่ยวข้องต้องกำหนดเวลาการขนส่งล่วงหน้าไว้ไม่น้อยกว่าเวลา *MTTT* ของแต่ละรอบการขนส่ง

#### 7. การประเมินเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง

การประเมินเชื้อเพลิงที่ใช้การขนส่ง ซึ่งประเมินจากอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลของรถบรรทุกโดยเฉลี่ยที่ 3.5 กิโลเมตร/ลิตร โดยจากการประเมินเส้นทางที่เหมาะสมของแผนการผลิตประจำวันวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 โซน 1 พบว่ามีระยะทางรวมเท่ากับ 663 กิโลเมตร ดังนั้นสามารถคำนวณปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ได้ดังนี้

การคำนวณปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง

$$\text{ปริมาณน้ำมันที่ใช้ (ลิตร)} = \frac{\text{ระยะทางรวม (กิโลเมตร)}}{\text{อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (กิโลเมตร/ลิตร)}}$$

จะได้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้} &= \frac{663}{3.5} \\ &= 189.42 \text{ ลิตร} \end{aligned}$$

## 8. การประเมิน Carbon footprint

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์อ้างอิงจากระยะทางจาก Node i ไปยัง Node j ที่วิ่งได้ (กิโลเมตร) ของแต่ละวิธี และ Emission Factor (EF) ของรถบรรทุกขนาด 6 ล้อที่ใช้น้ำมันดีเซล โดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การบรรทุกชิ้นส่วน (%Load Factor) ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในภาคผนวก ก ซึ่งแสดงค่า EF เป็นกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลเมตร (kgCO<sub>2</sub>e/km) โดยสมการที่ใช้ในการคำนวณแสดงดังสมการที่ 3-21 ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างการคำนวณจากแผนการผลิตวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 โซน 1 ได้ดังนี้

$$\text{Carbon Footprint} = \sum_i \sum_j (d_{ij} \times EF_{ij})$$

รถบรรทุกคันที่ 1

$$\begin{aligned} \text{Carbon Footprint} &= (104 \times 0.4043) + (41 \times 0.4043) + (12 \times 0.4043) + \\ &\quad (12 \times 0.1191) + (116 \times 0.1191) \\ &= 78.72 \text{ kgCO}_2\text{e} \end{aligned}$$

รถบรรทุกคันที่ 2

$$\begin{aligned} \text{Carbon Footprint} &= (115 \times 0.4043) + (71 \times 0.4043) + (88 \times 0.4043) + \\ &\quad (104 \times 0.4043) \\ &= 152.82 \text{ kgCO}_2\text{e} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{Carbon Footprint} &= 78.72 + 152.82 \\ &= 231.54 \text{ kgCO}_2\text{e} \end{aligned}$$

สามารถสรุปรายละเอียดเพิ่มเติมได้ดังนี้

รถบรรทุกคันที่ 1

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุก		ปริมาณในการขนส่ง (CBM)	%Loading	ระยะทาง (km)	Emission Factor (kgCO <sub>2</sub> e/km)	Carbon Footprint (kgCO <sub>2</sub> e)
From	To					
Truck 1	S2	0	0%	104	0.4043	42.0472
	S2	8.23	24%	41	0.4043	16.5763
	S1	8.29	24%	12	0.4043	4.8516
	S18	22.16	65%	12	0.1191	1.4292
	S19	22.93	67%	116	0.1191	13.8156
	Factory					

## รถบรรทุกคันที่ 2

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุก		ปริมาตรในการขนส่ง (CBM)	%Loading	ระยะทาง (km)	Emission Factor (kgCO <sub>2</sub> e/km)	Carbon Footprint (kgCO <sub>2</sub> e)
From	To					
Truck 2	S20	0	0%	115	0.4043	46.4945
	S20	2.26	7%	71	0.4043	28.7053
	S11	15.76	46%	88	0.4043	35.5784
	S3	16.60	49%	104	0.4043	42.0472

จากการวิเคราะห์เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุก, การประเมินเชื้อเพลิงที่ใช้ และปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของแผนการผลิตประจำวันวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 โชน 1 สามารถสรุปเป็นข้อมูลสำคัญได้ดังภาพที่ 35 ผลลัพธ์จากการกำหนดเส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกโชน 1 จาก LTNFM

Trucks	ปริมาตร		น้ำหนัก		ระยะทางวิ่ง (km)	เชื้อเพลิงที่ใช้ (ลิตร)	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (kgCO <sub>2</sub> e)
	บรรทุก (CM <sup>3</sup> )	ร้อยละของปริมาตร สูงสุด	บรรทุก (kg)	ร้อยละของน้ำหนัก สูงสุด			
1	22.93	67	5,231.46	74.73	285	81.42	78.72
2	16.60	49	6,865.02	98.07	378	108	231.54

ภาพที่ 35 ผลลัพธ์จากการกำหนดเส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกโชน 1 จาก LTNFM

## ผลการประเมินและเปรียบเทียบระยะทางและต้นทุนการขนส่ง

จากการศึกษาเส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกในโชน 1 และโชน 2 เพื่อขนส่งชิ้นส่วนจากผู้ผลิตมายังโรงงาน โดยใช้ข้อมูลแผนการผลิตประจำวันวันที่ 2-31 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 เป็นกรณีศึกษา ได้ดำเนินการวิเคราะห์ด้วยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างวิธีการขนส่งแบบเดิมกับแนวทางที่นำเสนอภายใต้แนวคิด Milk Run ซึ่งได้มีการใช้ LTNFM เพื่อจำลองสถานการณ์และค้นหาแนวทางการจัดเส้นทางที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยใช้โปรแกรม OpenSolver บน Microsoft Excel เป็นเครื่องมือช่วยในการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์นี้ โดยผลการเปรียบเทียบดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ตารางการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างวิธีการขนส่งแบบเดิมกับแนวทางที่นำเสนอ

แผนการผลิต	วิธีการขนส่งแบบเดิม		วิธีการขนส่งที่นำเสนอ		ผลการเปรียบเทียบลดลง (%)	
	ก่อนการปรับปรุง		หลังการปรับปรุง			
	จำนวนรถบรรทุก (คัน)	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	จำนวนรถบรรทุก (คัน)	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	จำนวนรถบรรทุก	ระยะทางรวม
2/5/2023	23	2994.2	12	1547.4	48%	48.32%
3/5/2023	22	2656.2	12	1397.4	45%	47.39%
4/5/2023	22	2656.2	12	1415.3	45%	46.72%
5/5/2023	23	2994.2	12	1502.7	48%	49.81%
6/5/2023	22	2656.2	12	1392.4	45%	47.58%
7/5/2023			No Production			
8/5/2023	23	2994.2	12	1549.6	48%	48.25%
9/5/2023	24	2761.7	11	1262.9	54%	54.27%
10/5/2023	21	2624.2	9	1122.9	57%	57.21%
11/5/2023	24	2761.7	12	1409.9	50%	48.95%
12/5/2023	26	2170.7	12	1571.2	54%	27.62%
13/5/2023	23	2994.2	12	1502.7	48%	49.81%
14/5/2023			No Production			
15/5/2023	23	2994.2	12	1506.7	48%	49.68%
16/5/2023	22	2656.2	11	1217.4	50%	54.17%
17/5/2023	22	2656.2	11	1223.4	50%	53.94%
18/5/2023	23	2994.2	12	1502.7	48%	49.81%
19/5/2023	23	2994.2	12	1502.7	48%	49.81%
20/5/2023	22	2656.2	12	1417.7	45%	46.63%
21/5/2023			No Production			
22/5/2023	22	2656.2	12	1417.7	45%	46.63%
23/5/2023	23	2677.7	12	1402.4	48%	47.63%
24/5/2023	22	2656.2	12	1417.7	45%	46.63%
25/5/2023	23	2994.2	12	1547.4	48%	48.32%
26/5/2023	22	2656.2	12	1397.4	45%	47.39%
27/5/2023	22	2656.2	12	1397.4	45%	47.39%

ตารางที่ 7 ตารางการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างวิธีการขนส่งแบบเดิมกับแนวทางที่นำเสนอ (ต่อ)

แผนการผลิต	วิธีการขนส่งแบบเดิม		วิธีการขนส่งที่นำเสนอ		ผลการเปรียบเทียบลดลง (%)	
	ก่อนการปรับปรุง		หลังการปรับปรุง			
	จำนวนรถบรรทุก (คัน)	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	จำนวนรถบรรทุก (คัน)	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	จำนวนรถบรรทุก	ระยะทางรวม
28/5/2023	23	2677.7	12	1402.9	48%	47.61%
29/5/2023	22	2656.2	12	1417.7	45%	46.63%
30/5/2023	22	2656.2	12	1392.4	45%	47.58%
31/5/2023	22	2656.2	12	1393.3	45%	47.55%

จากตารางที่ 7 พบว่า หากดำเนินการขนส่งชิ้นส่วนตามวิธีการขนส่งแบบเดิม จะส่งผลให้มีระยะทางรวมตลอดเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2566 เท่ากับ 74,157.90 กิโลเมตร และต้องใช้รถบรรทุกเฉลี่ยประมาณ 20 คันต่อวัน ในทางตรงกันข้าม เมื่อปรับใช้แนวทางที่นำเสนอ ซึ่งใช้หลักการของระบบ Milk Run ร่วมกับแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ LTNFM จะทำให้สามารถลดระยะทางรวมเหลือเพียง 38,231.30 กิโลเมตร และใช้รถบรรทุกเฉลี่ยเพียง 12 คันต่อวัน คิดเป็นอัตราการลดลงเฉลี่ยประมาณ 60% เมื่อเทียบกับวิธีการเดิม และสามารถเพิ่มอัตราการใช้พื้นที่ภายในรถบรรทุกเพิ่มขึ้นจากเฉลี่ย 36.97% เป็น 58.06% หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 57.07% เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนรวมในการขนส่งพบว่าวิธีการขนส่งแบบเดิมจะมีต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงรวมเท่ากับ 676,966.28 บาท แต่วิธีการขนส่งที่นำเสนอจะมีต้นทุนลดลงเหลือเพียง 349,070.79 บาท ซึ่งสามารถลดต้นทุนได้ถึง 327,895.49 บาท หรือคิดเป็นสัดส่วนการลดลง 48.45% ของต้นทุนเดิม แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนดังกล่าวดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบต้นทุนเชื้อเพลิง

รายการ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ลดลง (%)
ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	74,157.90	38,231.30	48.45%
ปริมาณน้ำมันที่ใช้ (ลิตร)	21,187.97	10,923.23	48.45%
ต้นทุนเชื้อเพลิง (บาท)	676,966.28	349,070.79	48.45%

จากตารางที่ 8 สามารถอธิบายหลักการในการคำนวณต้นทุนด้านน้ำมันเชื้อเพลิงได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้ โดยอ้างอิงราคาน้ำมันดีเซลเฉลี่ยของเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2566 ที่ 31.94 บาท/ลิตร คำนวณต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

ต้นทุนค่าน้ำมัน (บาท) = ปริมาณน้ำมันที่ใช้ (ลิตร) × ราคาน้ำมันเฉลี่ย (บาท/ลิตร)

จะได้

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนค่าน้ำมันก่อนการปรับปรุง} &= 21,187.97 \times 31.94 \\ &= 676,966.28 \text{ บาท} \end{aligned}$$

และ

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนค่าน้ำมันก่อนการปรับปรุง} &= 10,923.23 \times 31.94 \\ &= 349,070.79 \text{ บาท} \end{aligned}$$

### ผลการประเมินและเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากการขนส่งชิ้นส่วนด้วยรถบรรทุกขนาด 6 ล้อ ซึ่งใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันดีเซล ในช่วงวันที่ 2 – 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ระหว่างแนวทางการขนส่งแบบดั้งเดิม กับแนวทางที่ได้รับการปรับปรุงโดยใช้แนวคิด Milk Run ร่วมกับ LTNFM เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเส้นทาง สำหรับผลการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผนการผลิตทั้งหมดดังภาพที่ 36

แผนการผลิต	วิธีการขนส่งแบบเดิม			วิธีการขนส่งที่นำเสนอ			ผลการเปรียบเทียบลดลง (%)
	ก่อนการปรับปรุง			หลังการปรับปรุง			
	โซน 1 (kgCO <sub>2</sub> e/km)	โซน 2 (kgCO <sub>2</sub> e/km)	รวมทั้งหมด (kgCO <sub>2</sub> e/km)	โซน 1 (kgCO <sub>2</sub> e/km)	โซน 2 (kgCO <sub>2</sub> e/km)	รวมทั้งหมด (kgCO <sub>2</sub> e/km)	
2/5/2023	648.74	313.64	962.38	319.49	144.86	464.36	52%
3/5/2023	648.74	313.64	962.38	258.97	144.44	403.42	58%
4/5/2023	645.50	313.64	959.15	258.97	140.88	399.86	58%
5/5/2023	782.16	313.64	1095.80	319.49	139.79	459.29	58%
6/5/2023	695.80	313.64	1009.44	305.4	137.54	442.98	56%
7/5/2023	No Production						
8/5/2023	826.38	314.13	1140.53	319.49	140.93	460.42	60%
9/5/2023	695.80	366.28	1062.08	198.17	136.42	334.60	68%
10/5/2023	695.80	323.42	1019.23	231.54	162.03	393.58	61%
11/5/2023	662.43	358.86	1021.30	307.45	119.10	426.56	58%
12/5/2023	752.02	314.13	1066.16	310.29	178.35	488.65	54%
13/5/2023	832.45	314.13	1146.59	295.63	139.79	435.43	62%
14/5/2023	No Production						
15/5/2023	832.45	314.13	1146.59	277.44	140.46	417.91	64%
16/5/2023	695.80	323.42	1019.23	198.17	137.54	335.72	67%
17/5/2023	695.80	323.42	1019.23	167.90	137.54	305.45	70%
18/5/2023	785.39	313.64	1099.04	319.49	138.90	458.40	58%
19/5/2023	785.39	313.64	1099.04	316.27	139.79	456.07	59%
20/5/2023	648.74	313.64	962.38	258.97	139.54	398.52	59%
21/5/2023	No Production						
22/5/2023	695.80	323.42	1019.23	258.97	139.54	398.52	61%
23/5/2023	695.80	323.42	1019.23	307.45	136.71	444.18	56%
24/5/2023	648.74	313.64	962.38	258.97	139.54	398.52	59%
25/5/2023	832.45	314.13	1146.59	208.36	136.33	344.71	70%
26/5/2023	648.74	313.64	962.38	258.97	137.54	396.52	59%
27/5/2023	648.74	313.64	962.38	258.97	137.54	396.52	59%
28/5/2023	695.80	322.33	1018.13	307.45	130.17	437.63	57%
29/5/2023	648.74	313.64	962.38	258.97	139.54	398.52	59%
30/5/2023	648.74	313.64	962.38	250.67	136.23	386.92	60%
31/5/2023	648.74	314.13	962.88	258.97	137.65	396.62	59%

ภาพที่ 36 ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์

จากข้อมูลในภาพที่ 36 พบว่า การดำเนินการขนส่งชิ้นส่วนตามวิธีการขนส่งแบบเดิมในช่วงเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปของคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมทั้งสิ้น 27,768.52 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO<sub>2</sub>e) หากใช้แนวทางการขนส่งตามที่ได้เสนอ ซึ่งผสานหลักการของระบบ Milk Run เข้ากับแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ LTNFM พบว่าสามารถลด ปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมเหลือเพียง 11,079.85 kgCO<sub>2</sub>e คิดเป็นอัตราการลดลงเฉลี่ย ประมาณ 60% เมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางการขนส่งแบบเดิม



## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเส้นทางการขนส่งชิ้นส่วนสำหรับการประกอบผลิตภัณฑ์ Chassis Frame ของโรงงานกรณีศึกษา โดยอ้างอิงจากข้อมูลแผนการผลิตในเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2566 โดยใช้แนวคิด Milk Run ร่วมกับแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ Linear Transshipment Network Flow Model (LTNFM) จากผลการศึกษาพบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถลดระยะทางรวมในการขนส่งจากเดิม 74,157.90 กิโลเมตร เหลือเพียง 38,231.30 กิโลเมตร คิดเป็นอัตราการลดลงประมาณ 48.45% ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการลดจำนวนรถบรรทุกเฉลี่ยจาก 20 คันต่อวัน เหลือเพียง 12 คันต่อวัน และส่งผลให้ต้นทุนค่าน้ำมันลดลงจาก 676,966.28 บาท เหลือ 349,070.79 บาท คิดเป็นการลดต้นทุนได้ประมาณ 48.45% ของต้นทุนเดิม รวมไปถึงยังสามารถเพิ่มอัตราการใช้พื้นที่ภายในรถบรรทุกเพิ่มขึ้นจากเฉลี่ย 36.97% เป็น 58.06% หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 57.07% นอกจากนี้ ผลจากการลดจำนวนรถและระยะทางดังกล่าวยังมีผลเชิงบวกต่อสิ่งแวดล้อมอย่างชัดเจน โดยสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก 27,768.52 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เหลือเพียง 11,079.85 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นการลดลงประมาณ 60%

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Quan et al. (2021) ซึ่งศึกษาเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพของเส้นทาง Milk Run สำหรับโลจิสติกส์ภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ โดยใช้แบบจำลองที่รวมต้นทุนคงที่ ต้นทุนเชื้อเพลิง ต้นทุนค่าปรับด้านเวลา และต้นทุนการปล่อยคาร์บอน ประเมินค่าตอบของปัญหาด้วยอัลกอริทึม Ant Colony Optimization (ACO) พบว่าผลลัพธ์ที่ได้มีทิศทางสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ทั้งด้านต้นทุนและปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ในงานวิจัยนี้แม้ว่าผลลัพธ์ของแบบจำลองจะสะท้อนประสิทธิภาพของแนวทางที่เสนอได้เป็นอย่างดี แต่กระบวนการแปรผลยังคงมีข้อจำกัด โดยเฉพาะด้านการประมวลผลที่มีจำนวนตัวแปรมากกว่า 200 ตัวซึ่งเกินขีดความสามารถของ Solver ใน Excel ทำให้จำเป็นต้องใช้ OpenSolver แทน ทั้งนี้ หากมีการนำโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า เช่น Gurobi หรือ CPLEX มาใช้ ก็อาจช่วยให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่มีขนาดใหญ่หรือซับซ้อนมากขึ้นได้โดยไม่ต้องลดขนาดของแบบจำลอง ขณะเดียวกันการแสดงผลเส้นทางการขนส่งยังต้องพึ่งพาการวาด Network Diagram ด้วยตนเอง ซึ่งอาจก่อให้เกิดความล่าช้าในการนำผลไปใช้ ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาเครื่องมือแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบกราฟิกโดยอัตโนมัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์และตัดสินใจเชิงระบบในอนาคต

## ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการประยุกต์ใช้แนวคิด Milk Run และแบบจำลอง LTNFM ในการวางแผนเส้นทางขนส่งจริงในภาคอุตสาหกรรม เพื่อช่วยลดต้นทุน เพิ่มประสิทธิภาพ และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างยั่งยืน
2. ควรพัฒนาระบบฐานข้อมูลกลางที่เชื่อมโยงข้อมูลจากแผนการผลิตและ BOM เข้ากับเครื่องมือวิเคราะห์เส้นทางโดยอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มความรวดเร็ว ลดข้อผิดพลาดในการบันทึก และสนับสนุนการปรับแผนจัดส่งอย่างมีประสิทธิภาพ
3. ควรมีการฝึกอบรมบุคลากรให้สามารถใช้งานเครื่องมือวิเคราะห์ขั้นสูง เช่น OpenSolver หรือโปรแกรมวางแผนอื่น ๆ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการตัดสินใจ

## แนวทางการทำการวิจัยต่อ

1. ควรเพิ่มปัจจัยอื่นในการวิเคราะห์ เช่น สภาพการจราจร, ความล่าช้าในการโหลด-ขนถ่ายขึ้นส่วนหรือข้อจำกัดเฉพาะของผู้ผลิตขึ้นส่วนแต่ละราย เพื่อเพิ่มความแม่นยำของแบบจำลอง
2. ควรพิจารณานำโปรแกรม Solver อื่น เช่น Gurobi มาใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลของแบบจำลอง โดยไม่จำเป็นต้องลดขนาดของโมเดล ซึ่งจะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้นได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว
3. ควรพัฒนาเครื่องมือหรือโปรแกรมเสริมที่สามารถแสดงผลลัพธ์จาก OpenSolver ในรูปแบบ Network Diagram ได้โดยอัตโนมัติ เพื่อลดขั้นตอนการแปลผลด้วยตนเอง และช่วยให้สามารถวิเคราะห์เส้นทางขนส่งจากแต่ละ Node ได้อย่างสะดวกและแม่นยำยิ่งขึ้น

## บรรณานุกรม

- การขนส่งทางบก. (2522). พระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. 2522. กรุงเทพฯ: กรมการขนส่งทางบก.
- กรมการขนส่งทางบก. (2535). พระราชกฤษฎีกากำหนดน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของรถบรรทุก พ.ศ. 2535. กรุงเทพฯ: กรมการขนส่งทางบก.
- กรเกล้า ฐิติกุล, คณิศ พลอยदनัย, พรศิริ สัตยเศรยะ, และ ธรีณี มณีศรี. (2558). แบบจำลองเชิงเส้นจำนวนเต็ม แบบผสมสำหรับปัญหาเส้นทางการเดินทางรถ กรณีศึกษา บริษัท สุวรรณไพศาลขนส่งจำกัด. การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2558.
- คอเตีย วจนะวิชากร และ กนกกาญจน์ ศรีสุรินทร์. (2561). วิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บขยะมูลฝอย กรณีศึกษา เทศบาลตำบลอุบล จังหวัดอุบลราชธานี. วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 11(2), 41-52.
- ชลิดา โปะมา. (2561). แนวทางการพัฒนารีนโลจิสติกส์ในการบริหารการจัดการภาคการขนส่งสินค้า [วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม].
- นิดา. (2556). บทที่ 3 ตัวแบบการขนส่ง. Retrieved Feb 5 from <https://www.yumpu.com/it/document/view/16981280/3-transportation-model-as-nida>
- บรรหาญ ลีลา. (2553). การวางแผนและควบคุมการผลิต *Production Planning and Control*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท็อป.
- วิริยะ ทองเสื่อ. (2566). ส่องทิศทางการอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ไทย ปี 2566-2567 ยอดผลิตรถยนต์พื้น หนุนธุรกิจโตต่อเนื่อง. Retrieved Feb 5 from <https://splendor-biz.com/67135/>
- ศิวพร สุภสี และ ธาธิณี มีเจริญ. (2562). การลดต้นทุนการขนส่งโดยการประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทาง: กรณีศึกษา บริษัทจำหน่ายอุปกรณ์ประดับยนต์ [วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์].
- สันติ ชัยยะ และ อัครนันท์ พงศธรวิวัฒน์. (2563). การประยุกต์ใช้ตัวแบบ *Network Flow Allocation* เพื่อลดความสูญเสียของปัญหาการบริหารรถเที่ยวเปล่าจากกลับ กรณีศึกษาบริษัท 3rd Party Logistics แห่งหนึ่ง. งานประชุมวิชาการวิศวกรรมอุตสาหกรรม ครั้งที่ 38

- สิระ เอกบุตร. (2020). *สอนใช้ Excel Solver เพื่อช่วย Optimize และตัดสินใจเชิงธุรกิจ*. Retrieved Feb 5 from [https://www.thepexcel.com/solver-optimize-business/?fbclid=IwAR1g5eNi7oJcsbu-60VNzWS2rqTergrAzdQimDiWxDh\\_h-WArM1h4nel850](https://www.thepexcel.com/solver-optimize-business/?fbclid=IwAR1g5eNi7oJcsbu-60VNzWS2rqTergrAzdQimDiWxDh_h-WArM1h4nel850)
- สุภิษา ศิลสัตย์. (2564). *การศึกษานโยบายการจัดการวัสดุคงคลังสำหรับวัสดุสิ้นเปลืองภายใต้เงื่อนไขความต้องการไม่คงที่ กรณีศึกษาโรงงานผลิตลูขุภัณฑ์ในท้องถิ่น* [งานนิพนธ์, มหาวิทยาลัยบูรพา].
- อรุณศรี พงษ์ย่อย. (2557). *การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการส่งมอบสินค้า กรณีศึกษา บริษัท Gamma Textile* [การค้นคว้าอิสระ, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย].
- อนิรุทธ์ ชันสะอาด, ฐิติมา วงศ์อินต, และ กิตติ เจริญสุข. (2018). Truck fleet and vehicle routing management by using the concept of integer linear programming with a case study of (การบริหารรถขนส่งและเส้นทางเดินรถโดยใช้เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้นกรณี ศึกษา รถขนส่งสินค้าอันตรายประเภทของเหลว). *Journal of Transportation and Logistics (TRANSLOG)*, 2018(1), 99-116.
- Ananth Iyer, Haritha Saranga, & Sridhar Seshadri. (2013). Effect of quality management systems and total quality management on productivity before and after: Empirical evidence from the Indian auto component industry. *Production and Operations Management*, 22(2), 283-301.
- Andrew J Mason. (2013). SolverStudio: A new tool for better optimisation and simulation modelling in Excel. *INFORMS Transactions on Education*, 14(1), 45-52.
- Aydın SİPAHİOĞLU, & İslam ALTIN. (2019). A mathematical model for in-plant milk-run routing. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(9), 1050-1055.
- Ana Vázquez, Laura Briones, Victoria Morales, José Iglesias, Gabriel Morales, & José M Escola. (2021). Determination of the optimal distillation sequence of a ternary mixture incorporating heat integration by means of Microsoft Excel Solver. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(6), 1691-1701.
- Bill R Miller, Ronaldo A Arraes, & Gene M Pesti. (1986). Formulation of broiler finishing rations by quadratic programming. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 18(1), 141-150.
- Bruce R Feiring. (1986). *Linear programming: an introduction*. Sage.

- Benjamin Van Roy, & Kahn Mason. (2005). Formulation and analysis of linear programs. *Unpublished manuscript*.
- Changbing Jiang. (2010). A Reliable Solver of Euclidean Traveling Salesman Problems with Microsoft Excel Add-in Tools for Small-size Systems. *J. Softw.*, 5(7), 761-768.
- Claudia Meucci Andreatini, José Benedito Sacomano, & Gilberto Gandelman. (2014). Impacts of automakers milk run collect system on suppliers planning and on urban city emissions. *Advances in Production Management Systems. Innovative and Knowledge-Based Production Management in a Global-Local World: IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2014, Ajaccio, France, September 20-24, 2014, Proceedings, Part II*.
- Daniel Fylstra, Leon Lasdon, John Watson, & Allan Waren. (1998). Design and use of the Microsoft Excel Solver. *Interfaces*, 28(5), 29-55.
- Delmo Alves de Moura, & Rui Carlos Botter. (2016). Delivery and pick-up problem transportation-milk run and conventional systems. *Independent Journal of Management & Production*, 7(3), 746-770.
- Damian Dubisz, & Paulina Golinska-Dawson. (2021). Carbon footprint management within a supply chain: A case study.
- Dragan Simić, Vasa Svirčević, Emilio Corchado, José L Calvo-Rolle, Svetislav D Simić, & Svetlana Simić. (2021). Modelling material flow using the Milk run and Kanban systems in the automotive industry. *Expert Systems*, 38(1), e12546.
- Ditto. (2023). *Carbon Footprint*. Retrieved Feb 5 from <https://www.dittothailand.com/dittonews/carbon-footprint/>
- Edgar G Hertwich, & Glen P Peters. (2009). Carbon footprint of nations: a global, trade-linked analysis. *Environmental science & technology*, 43(16), 6414-6420.
- Eva Klenk, Stefan Galka, & Willibald A Günthner. (2015). Operating strategies for in-plant milk-run systems. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1882-1887.
- Florian A Potra, & Xing Liu. (2005). Predictor–corrector methods for sufficient linear complementarity problems in a wide neighborhood of the central path. *Optimization Methods and Software*, 20(1), 145-168.

- Francesco Facchini, Giorgio Mossa, & Simona De Tullio. (2022). A Milk-run routing and Scheduling model for a Smart Manufacturing System. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 1122-1127.
- FluTech. (2023). *The Automotive Industry*. Retrieved Feb 5 from <https://flutech.co.th/the-automotive-industry/>
- George B Dantzig, & Mukund N Thapa. (1997). *The simplex method*. Springer.
- Gabor Jozsef, Oscar E Streeter, & Melvin A Astrahan. (2003). The use of linear programming in optimization of HDR implant dose distributions. *Medical Physics*, 30(5), 751-760.
- Gyan Bahadur Thapa, & Sergei Silvestrov. (2015). Supply chain logistics in multi-level just-in-time production sequencing problems. *Journal of the Institute of Engineering*, 11(1), 91-100.
- Hasan Valiyan, Mohammadreza Abdoli, Alireza Koushki Jahromi, Leila Zamanianfar, & Peyman Gholizadeh. (2023). Analysis of the integrating sustainable value creation process: evidence from Iran's automotive industry. *The TQM Journal*, 35(7), 1632-1657. <https://doi.org/10.1108/TQM-11-2021-0323>
- IA Oke, S Lukman, JS Amoko, & EO Fehintola. (2018). An evaluation of solutions to moment method of biochemical oxygen demand kinetics. *Nigerian Journal of Technology*, 37(1), 1-12.
- Iqram Ali. (2020). *Linear Programming(LP) for dummies*. Retrieved Feb 5 from <https://iqramali.medium.com/linear-programming-lp-for-dummies-51dbf7f5fc4b>
- Jenny Golz, Rico Gujjula, Hans-Otto Günther, Stefan Rinderer, & Marcus Ziegler. (2012). Part feeding at high-variant mixed-model assembly lines. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 24, 119-141.
- Johan Thapper, & Stanislav Živný. (2018). The limits of SDP relaxations for general-valued CSPs. *ACM Transactions on Computation Theory (TOCT)*, 10(3), 1-22.
- Jaroslava Kádárová, Peter Trebuňa, & Laura Lachvajderová. (2021). Model for optimizing the ratios of the company suppliers in Slovak automotive industry. *Sustainability*, 13(21), 11597.

- Keah Choon Tan. (2001). A structural equation model of new product design and development. *Decision sciences*, 32(2), 195-226.
- Mollah Mesbahuddin Ahmed, Nahid Sultana, Aminur Rahman Khan, & Md Sharif Uddin. (2017). An innovative approach to obtain an initial basic feasible solution for the transportation problems.
- Meriem Khalfallah, & Lassaad Lakhal. (2021). The impact of lean manufacturing practices on operational and financial performance: the mediating role of agile manufacturing. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 38(1), 147-168.
- Patricia J. Daugherty, Dale S. Rogers, & Michael S. Spencer. (1994). Just-in-time Functional Model. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 24(6), 20-26. <https://doi.org/10.1108/09600039410066150>
- Pablo Biswas, & Bhaba R Sarker. (2020). Operational planning of supply chains in a production and distribution center with just-in-time delivery. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 13(2), 332-351.
- Qingyun Dai, Runyang Zhong, George Q Huang, Ting Qu, Ting Zhang, & TY Luo. (2012). Radio frequency identification-enabled real-time manufacturing execution system: a case study in an automotive part manufacturer. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 25(1), 51-65.
- Quan, C., He, Q., Ye, X., & Cheng, X. (2021). Optimization of the Milk-run route for inbound logistics of auto parts under low-carbon economy. *Journal of Algorithms & Computational Technology*, 15, 1-8.
- Ravindra K Ahuja. (1988). Minimum cost-reliability ratio path problem. *Computers & operations research*, 15(1), 83-89.
- Rachna Shah, & Peter T Ward. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of operations management*, 21(2), 129-149.
- Rivas, A., Gómez-Acebo, T., & Ramos, J. C. (2006). The application of spreadsheets to the analysis and optimization of systems and processes in the teaching of hydraulic and thermal engineering. *Computer Applications in Engineering Education*, 14(4), 256-268.

- Samuel E Buttrey. (2005). Calling the lp\_solve linear program software from R, S-PLUS and Excel. *Journal of Statistical Software*, 14, 1-13.
- SJ Sadjadi, Mostafa Jafari, & T Amini. (2009). A new mathematical modeling and a genetic algorithm search for milk run problem (an auto industry supply chain case study). *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 44, 194-200.
- Sanjay Kumar, Asim Gopal Barman, & Vishal Kumar. (2022). Study and Analysis of Milk-Run Model for Minimum Cost Under Upstream Supply Chain of a Dairy Plant. *Recent Advances in Manufacturing, Automation, Design and Energy Technologies: Proceedings from ICoFT 2020*.
- Thomas A Grossman, & Özgür Özlük. (2009). A spreadsheet scenario analysis technique that integrates with optimization and simulation. *INFORMS Transactions on Education*, 10(1), 18-33.
- Takashi Kitamura, & Keishi Okamoto. (2012). Automated route planning for milk-run transport logistics using model checking. 2012 Third International Conference on Networking and Computing,
- Tamás Bányai, & Ágota Bányai. (2017). Modelling of just-in-sequence supply of manufacturing processes. *MATEC Web of Conferences*.
- Weintraub, A., & Romero, C. (2006). Operations research models and the management of agricultural and forestry resources: A review and comparison. *Interfaces*, 36(5), 446-457.
- Wanja Wellbrock, Daniela Ludin, Linda Röhrle, & Wolfgang Gerstlberger. (2020). Sustainability in the automotive industry, importance of and impact on automobile interior-insights from an empirical survey. *International Journal of Corporate Social Responsibility*, 5, 1-11.
- Yu Lin, Zheyong Bian, Shujing Sun, & Tianyi Xu. (2015). A two-stage simulated annealing algorithm for the many-to-many milk-run routing problem with pipeline inventory cost. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015.
- Yazan Emnawer Al Haraisa. (2017). Just-In-Time system and its impact on operational excellence: An empirical study on Jordanian industrial companies. *International Journal of Business and Management*, 12(12), 158-158.

- Yuli Shan, Dabo Guan, Heran Zheng, Jiamin Ou, Yuan Li, Jing Meng, Zhifu Mi, Zhu Liu, & Qiang Zhang. (2018). China CO2 emission accounts 1997–2015. *Scientific data*, 5(1), 1-14.
- Zhaofang Mao, Dian Huang, Kan Fang, Chengbo Wang, & Dandan Lu. (2020). Milk-run routing problem with progress-lane in the collection of automobile parts. *Annals of Operations Research*, 291, 657-684.





ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ก-1 ค่า Emission Factor สำหรับการคำนวณการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ด้วยรถบรรทุกแต่ละกรณี โดยรวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิ

ภาคผนวก ก-1 ค่า Emission Factor สำหรับการคำนวณการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ด้วย  
รถบรรทุกแต่ละกรณี โดยรวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิ

ตาราง ก-1 ค่า Emission Factor สำหรับรถบรรทุก 6 ล้อแต่ละการใช้งาน

รายการ	รายละเอียด	หน่วย	ค่า Emission Facto (kgCO <sub>2</sub> eq/หน่วย)
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่ง แบบปกติ 0% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.4043
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่ง แบบปกติ 50% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.1191
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่ง แบบปกติ 75% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.0838
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่ง แบบปกติ 100% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.0649
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่ง แบบสมบุกสมบัน 0% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.4201
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่ง แบบสมบุกสมบัน 50% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.1294
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่ง แบบสมบุกสมบัน 75% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.0907
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่ง แบบสมบุกสมบัน 100% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.0687
รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 6 ล้อ วิ่งแบบปกติ 0% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.4246
รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 6 ล้อ วิ่งแบบปกติ 50% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.1240
รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 6 ล้อ วิ่งแบบปกติ 75% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.0870

ตาราง ก-1 ค่า Emission Factor สำหรับรถบรรทุก 6 ล้อแต่ละการใช้งาน (ต่อ)

รายการ	รายละเอียด	หน่วย	ค่า Emission Facto (kgCO <sub>2</sub> eq/หน่วย)
รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 6 ล้อ วิ่งแบบปกติ 100% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.0674
รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 6 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.5101
รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 6 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.1435
รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 6 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.0985
รถกระบะบรรทุก ขนาดเล็ก 6 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.0745
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบปกติ 0% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.4346
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบปกติ 50% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.1015
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบปกติ 75% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.0712
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบปกติ 100% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.0543
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.5563
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน, ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.1221

ตาราง ก-1 ค่า Emission Factor สำหรับรถบรรทุก 6 ล้อแต่ละการใช้งาน (ต่อ)

รายการ	รายละเอียด	หน่วย	ค่า Emission Facto (kgCO <sub>2</sub> eq/หน่วย)
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่ง แบบสมบุกสมบัน 75% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน, ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.0858
รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่ง แบบสมบุกสมบัน 100% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน, ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.0675
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบปกติ 0% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน, ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.4892
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบปกติ 50% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน, ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.1076
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบปกติ 75% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน, ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.0764
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบปกติ 100% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน, ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.0610
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน, ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.6044
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน, ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.1338
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน, ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.0937
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% loading	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน, ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	km	0.0730



ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข-1 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Bill of Materials, BOM)

## ภาคผนวก ข-1 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Bill of Materials, BOM)

### ตาราง ข-1 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Bill of Materials, BOM)

ลำดับ	ชื่อชิ้นส่วน	ผู้ผลิตชิ้นส่วน	จำนวนชิ้นส่วนแยกตามรุ่นการผลิต Chassis Frame (ชิ้น)										ขนาดบรรจุภัณฑ์ (mm.)			ปริมาตรบรรจุภัณฑ์ (M <sup>3</sup> )	จำนวน/บรรจุภัณฑ์ (ชิ้น)	น้ำหนักชิ้นส่วน (kg)	
			ALV	ALP	ALX	AXU	LLV	LLP	LLX	GXU	LXU	AXX	GXX	กว้าง	ยาว				สูง
1	A1	BMW	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	295	380	180	0.020	70	0.184	
2	A2	BMW	-	1	1	-	-	1	1	-	-	-	380	600	125	0.029	20	0.512	
3	A3	BMW	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	680	870	610	0.361	100	0.900	
4	A4	BMW	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	380	600	125	0.029	30	0.384	
5	A5	BMW	1	-	1	-	1	-	1	-	-	1	1	680	870	610	0.361	100	1.022
6	A6	BMW	1	-	1	-	1	-	1	-	-	1	1	380	600	125	0.029	30	0.411
7	A7	BMW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	295	380	180	0.020	50	0.277	
8	A8	BMW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	295	380	180	0.020	50	0.200	
9	A9	BMW	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	680	870	610	0.361	100	0.910	
10	A10	BMW	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	380	600	175	0.040	30	0.423	
11	A11	BMW	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	680	870	610	0.361	100	0.900	
12	A12	BMW	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	380	600	125	0.029	30	0.384	
13	A13	BMW	1	-	1	-	1	-	1	-	-	1	1	680	870	610	0.361	100	1.022
14	A14	BMW	1	-	1	-	1	-	1	-	-	1	1	380	600	125	0.029	30	0.411
15	A15	BMW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	295	380	180	0.020	50	0.277	
16	A16	BMW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	295	380	180	0.020	50	0.200	
17	A17	BMW	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	680	870	610	0.361	100	0.910	
18	A18	BMW	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	380	600	175	0.040	30	0.423	
19	A19	BTA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	850	1280	740	0.805	90	2.480	
20	A20	BTA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	295	380	180	0.020	240	0.060	
21	A21	BTA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	295	380	180	0.020	240	0.060	
22	A22	BTA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	380	590	195	0.044	60	0.247	
23	A23	BTA	-	1	-	1	-	1	-	1	1	1	380	590	180	0.040	20	0.701	
24	A24	BTA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	380	590	195	0.044	60	0.241	
25	A25	BTA	-	1	-	1	-	1	-	1	1	1	380	590	180	0.040	20	0.684	
26	A26	BTA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	295	380	180	0.020	60	0.173	
27	A27	HUAMEI	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	550	850	600	0.281	200	0.981	
28	A28	HUAMEI	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	550	850	600	0.281	250	0.497	
29	A29	HUAMEI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	550	850	600	0.281	100	1.302	
30	A30	HUAMEI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	550	850	600	0.281	200	0.790	
31	A31	HUAMEI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	550	850	600	0.281	200	0.780	
32	A32	HUAMEI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	550	850	600	0.281	200	0.701	
33	A33	HUAMEI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	550	850	600	0.281	200	0.701	
34	A34	HUAMEI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	550	850	600	0.281	100	1.304	
35	A35	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	600	720	600	0.259	150	0.863	
36	A36	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	600	720	600	0.259	120	0.995	

ตาราง ข-1 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Bill of Materials, BOM) (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อชิ้นส่วน	ผู้ผลิตชิ้นส่วน	จำนวนชิ้นส่วนแยกตามรุ่นการผลิต Chassis Frame (ชิ้น)											ขนาดบรรจุภัณฑ์ (mm.)			ปริมาตรบรรจุภัณฑ์ (M <sup>3</sup> )	จำนวน/บรรจุภัณฑ์ (ชิ้น)	น้ำหนักชิ้นส่วน (kg)
			ALV	ALP	ALX	AXU	LLV	LLP	LLX	GXU	LXU	AXX	GXX	กว้าง	ยาว	สูง			
37	A37	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	600	720	600	0.259	150	0.857
38	A38	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	600	720	600	0.259	120	0.995
39	A39	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	600	720	600	0.259	360	0.562
40	A40	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	600	720	600	0.259	360	0.562
41	A41	JSA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	600	720	600	0.259	180	0.610
42	A42	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	600	720	600	0.259	300	0.449
43	A43	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	600	720	600	0.259	960	0.154
44	A44	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	600	720	600	0.259	300	0.445
45	A45	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	600	720	600	0.259	960	0.155
46	A46	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	780	1280	740	0.739	300	1.319
47	A47	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	780	1280	740	0.739	300	1.322
48	A48	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	600	720	600	0.259	180	0.949
49	A49	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	600	720	600	0.259	240	0.903
50	A50	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	600	720	600	0.259	540	0.423
51	A51	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	600	720	600	0.259	540	0.503
52	A52	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	600	720	600	0.259	180	0.947
53	A53	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	600	720	600	0.259	240	0.911
54	A54	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	600	720	600	0.259	540	0.419
55	A55	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	600	720	600	0.259	540	0.501
56	A56	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	600	720	600	0.259	500	0.622
57	A57	JSA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	780	1280	740	0.739	240	1.631
58	A58	JSA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	600	720	600	0.259	150	0.863
59	A59	JSA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	600	720	600	0.259	150	0.857
60	A60	JSA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	600	720	600	0.259	300	0.449
61	A61	JSA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	600	720	600	0.259	300	0.445
62	A62	KLKP	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	2	375	598	190	0.043	15	0.642
63	A63	MIC	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	680	870	600	0.355	1000	0.325
64	A64	MIC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	265	350	125	0.012	100	0.107
65	A65	MIC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	265	350	125	0.012	150	0.083
66	A66	MIC	14	14	14	4	14	14	14	6	6	4	6	265	350	125	0.012	200	0.048
67	A67	PTA	-	1	-	1	-	1	-	1	1	-	-	285	375	135	0.014	30	0.388
68	A68	PTA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	285	375	185	0.020	100	0.131
69	A69	PTA	1	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-	800	800	550	0.352	120	2.524
70	A70	PTA	-	1	-	1	-	1	-	1	1	1	1	800	800	550	0.352	120	0.050
71	A71	PTA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	800	800	550	0.352	120	2.201
72	A72	QST	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	295	380	180	0.020	2000	0.006
73	A73	QST	18	18	18	10	18	18	18	10	10	10	10	295	380	180	0.020	2000	0.006
74	A74	QST	7	7	7	8	7	7	7	8	8	7	7	295	380	180	0.020	1200	0.010

## ตาราง ข-1 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Bill of Materials, BOM) (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อชิ้นส่วน	ผู้ผลิตชิ้นส่วน	จำนวนชิ้นส่วนแยกตามรุ่นการผลิต Chassis Frame (ชิ้น)											ขนาดบรรจุภัณฑ์ (mm.)			ปริมาตรบรรจุภัณฑ์ (m <sup>3</sup> )	จำนวน/บรรจุภัณฑ์ (ชิ้น)	น้ำหนักชิ้นส่วน (kg)
			ALV	ALP	ALX	AXU	LLV	LLP	LLX	GXU	LXU	AXX	GXX	กว้าง	ยาว	สูง			
75	A75	SCS	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	330	330	110	0.012	500	0.025
76	A76	SCS	5	5	5	5	5	5	5	5	5	7	7	330	330	110	0.012	1000	0.012
77	A77	SCS	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	330	330	110	0.012	500	0.019
78	A78	SUNKIN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	282	372	135	0.014	40	0.307
79	A79	TPT	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	770	1280	740	0.729	240	1.094
80	A80	TPT	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	295	380	180	0.020	70	0.140
81	A81	TRF	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	295	380	180	0.020	3000	0.003
82	A82	TSAP	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	380	590	180	0.040	40	0.268
83	A83	TSAP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	380	590	180	0.040	20	0.712
84	A84	TSAP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	295	380	180	0.020	80	0.166
85	A85	TSAP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	380	590	180	0.040	20	0.712
86	A86	TSAP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	295	380	180	0.020	80	0.166
87	A87	TSAP	-	1	-	1	-	1	-	1	1	1	1	380	590	180	0.040	20	0.584
88	A88	TSAP	-	1	-	1	-	1	-	1	1	1	1	380	590	180	0.040	20	0.584
89	A89	TSLA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1050	2020	1020	2.163	100	8.600
90	A90	TSLA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1050	2020	1020	2.163	100	8.600
91	A91	TSLA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1050	2020	1020	2.163	60	7.100
92	A92	TSLA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1050	2020	1020	2.163	60	7.100
93	A93	TYL	2	2	2	-	2	2	2	-	-	-	-	380	590	190	0.043	20	0.527
94	A94	TYL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	710	1060	750	0.564	90	1.332
95	A95	TYL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	710	1060	750	0.564	90	1.332
95	A95	TYL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	720	840	800	0.484	60	3.580
97	A97	TYL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	720	840	800	0.484	60	3.580
98	A98	UHM	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	380	600	190	0.043	40	0.368
99	A99	UHM	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	295	380	190	0.021	30	0.419
100	A100	UHM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	380	600	190	0.043	20	0.652
101	A101	UHM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	770	1222	750	0.706	150	0.910
102	A102	UHM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	380	600	190	0.043	25	0.530
103	A103	UHM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	720	1222	750	0.660	150	0.910
104	A104	UHM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	380	600	190	0.043	25	0.530
105	A105	UHM	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	770	1222	750	0.706	50	2.777
106	A106	UHM	1	-	1	-	1	-	1	-	-	1	1	770	1222	750	0.706	60	2.690
107	A107	UHM	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	770	1222	750	0.706	70	2.640
108	A108	UHM	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	770	1222	750	0.706	100	1.880
109	A109	UHM	1	-	1	-	1	-	1	-	-	1	1	770	1222	750	0.706	120	1.790
110	A110	UHM	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	770	1222	750	0.706	140	1.750
111	A111	MIC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	265	350	125	0.012	300	0.030
112	A112	BMW	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	380	590	180	0.040	10	0.917

ตาราง ข-1 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Bill of Materials, BOM) (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อชิ้นส่วน	ผู้ผลิตชิ้นส่วน	จำนวนชิ้นส่วนแยกตามรุ่นการผลิต Chassis Frame (ชิ้น)											ขนาดบรรจุภัณฑ์ (mm.)			ปริมาตรบรรจุภัณฑ์ (m <sup>3</sup> )	จำนวน/บรรจุภัณฑ์ (ชิ้น)	น้ำหนักชิ้นส่วน (kg)
			ALV	ALP	ALX	AXU	LLV	LLP	LLX	GXU	LXU	AXX	GXX	กว้าง	ยาว	สูง			
113	A113	BMW	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	380	590	180	0.040	10	1.078
114	A114	BMW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	680	870	610	0.361	60	1.232
115	A115	BMW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	680	870	610	0.361	120	0.656
116	A116	BMW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	380	590	180	0.040	10	1.070
117	A117	BMW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	380	590	180	0.040	10	1.063
118	A118	BMW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	680	870	610	0.361	120	0.080
119	A119	HUAMEI	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	800	1120	600	0.538	80	2.914
120	A120	HUAMEI	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	800	1120	600	0.538	80	3.033
121	A121	KLKP	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	295	380	190	0.021	90	0.099
122	A122	KLKP	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	295	380	190	0.021	60	0.165
123	A123	KLKP	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	295	380	190	0.021	90	0.070
124	A124	QST	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	295	380	180	0.020	2000	0.006
125	A125	SCS	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	330	330	110	0.012	2500	0.005	
126	A126	SCS	12	12	12	9	12	12	12	9	9	9	9	330	330	110	0.012	2000	0.007
127	A127	SCS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	330	330	110	0.012	2500	0.006
128	A128	SPA	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	380	590	180	0.040	10	1.240
129	A129	SPA	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	380	590	180	0.040	10	1.240
130	A130	SPA	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	295	386	185	0.021	80	0.160
131	A131	SPA	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	295	386	185	0.021	80	0.160
132	A132	TAP	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	330	510	178	0.030	30	0.282
133	A133	TAP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	330	510	178	0.030	30	0.452
134	A134	TAP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	330	510	178	0.030	60	0.198
135	A135	TAP	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	330	510	178	0.030	500	0.022
136	A136	TAP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	330	510	178	0.030	500	0.018
137	A137	TAP	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	330	510	178	0.030	500	0.016
138	A138	TAP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	330	510	178	0.030	500	0.026
139	A139	TAPP	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	780	1280	740	0.739	40	2.500
140	A140	TAPP	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	780	1280	740	0.739	40	2.730
141	A141	TPT	2	2	2	-	2	2	2	-	-	-	-	295	380	240	0.027	60	0.214
142	A142	TPT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	290	375	135	0.015	30	0.288
143	A143	TPT	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	295	380	135	0.015	20	0.582
144	A144	TPT	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	295	380	135	0.015	20	0.582
145	A145	TPT	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	295	380	240	0.027	20	0.770
146	A146	TRF	4	4	4	-	4	4	4	-	-	-	-	295	380	180	0.020	900	0.013
147	A147	TSAP	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	850	1350	750	0.861	90	2.708
148	A148	TSAP	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	850	1350	750	0.861	90	2.708
149	A149	TSAP	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	600	720	600	0.259	300	0.584
150	A150	TSAP	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	600	720	600	0.259	300	0.605

## ตาราง ข-1 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Bill of Materials, BOM) (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อชิ้นส่วน	ผู้ผลิตชิ้นส่วน	จำนวนชิ้นส่วนแยกตามรุ่นการผลิต Chassis Frame (ชิ้น)											ขนาดบรรจุภัณฑ์ (mm.)			ปริมาตรบรรจุภัณฑ์ (m <sup>3</sup> )	จำนวน/บรรจุภัณฑ์ (ชิ้น)	น้ำหนักชิ้นส่วน (kg)
			ALV	ALP	ALX	AXU	LLV	LLP	LLX	GXU	LXU	AXX	GXX	กว้าง	ยาว	สูง			
151	A151	TSAP	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	750	1100	500	0.413	200	0.466
152	A152	TSAP	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	750	1100	500	0.413	200	0.466
153	A153	TSAP	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	850	1350	750	0.861	40	3.366
154	A154	TSAP	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	750	1200	600	0.540	120	2.476
155	A155	TSAT4		1	1	-		1	1	-	-	-	-	600	760	550	0.251	150	0.400
156	A156	TSAT4	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	830	1330	742	0.819	60	3.630
157	A157	TSAT4	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	830	1330	742	0.819	60	4.000
158	A158	TSAT4	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	830	1330	742	0.819	70	4.160
159	A159	TSAT4	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	830	1330	742	0.819	70	3.840
160	A160	TSAT4	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	830	1330	742	0.819	60	3.880
161	A161	TSAT4	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	830	1330	742	0.819	60	3.950
162	A162	TSAT4	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	600	760	550	0.251	200	0.350
163	A163	TYL	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	710	1060	750	0.564	60	1.293
164	A164	TYL	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	710	1060	750	0.564	60	1.593
165	A165	TYL	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	710	1060	750	0.564	60	1.591
166	A166	TYL	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	380	590	190	0.043	20	0.454
167	A167	TYL	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	380	590	190	0.043	48	0.287
168	A168	TYL	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	710	1060	750	0.564	15	0.849
169	A169	UHM	2	2	2	-	2	2	2	-	-	-	-	380	600	190	0.043	30	0.420
170	A170	UHM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	295	380	190	0.021	30	0.329
171	A171	UHM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	380	600	190	0.043	30	0.561
172	A172	UHM	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	380	600	190	0.043	30	0.632
173	A173	UHM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	295	380	190	0.021	30	0.329
174	A174	UHM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	380	600	190	0.043	30	0.561
175	A175	UHM	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	380	600	190	0.043	30	0.632
176	A176	UHM	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	295	380	190	0.021	15	0.787
177	A177	UHM	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	295	380	190	0.021	15	0.787
178	A178	UHM	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	295	380	190	0.021	30	0.361
179	A179	UHM	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	295	380	190	0.021	30	0.363
180	A180	UHM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	295	380	190	0.021	30	0.409
181	A181	UHM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	770	1222	750	0.706	60	0.530
182	A182	UHM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	770	1222	750	0.706	60	0.530
183	A183	UHM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	380	600	190	0.043	30	0.627
184	A184	UHM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	380	600	190	0.043	30	0.633
185	A185	UHM	1	1	1		1	1	1	-	-	-	-	295	380	190	0.021	10	0.725
186	A186	BMW	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	380	600	125	0.029	20	0.512
187	A187	BTA	-	-	-		-	-	-	1	1	-	1	380	590	195	0.044	24	0.585
188	A188	BTA	-	-	-		-	-	-	1	1	-	1	380	590	180	0.040	24	0.585

## ตาราง ข-1 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Bill of Materials, BOM) (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อชิ้นส่วน	ผู้ผลิตชิ้นส่วน	จำนวนชิ้นส่วนแยกตามรุ่นการผลิต Chassis Frame (ชิ้น)											ขนาดบรรจุภัณฑ์ (mm.)			ปริมาตรบรรจุภัณฑ์ (M <sup>3</sup> )	จำนวน/บรรจุภัณฑ์ (ชิ้น)	น้ำหนักชิ้นส่วน (kg)
			ALV	ALP	ALX	AXU	LLV	LLP	LLX	GXU	LXU	AXX	GXX	กว้าง	ยาว	สูง			
189	A189	HUAMEI	-	-	-	2	-	-	-	2	2	2	2	295	380	180	0.020	300	1.128
190	A190	HUAMEI	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	720	1200	700	0.605	90	3.390
191	A191	HUAMEI	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	720	1200	700	0.605	90	3.628
192	A192	JSA	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	780	1280	740	0.739	120	2.327
193	A193	JSA	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	780	1280	740	0.739	120	2.328
194	A194	KLKP	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	710	1060	810	0.610	60	2.034
195	A195	KLKP	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	375	598	190	0.043	20	0.380
196	A196	KLKP	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	375	598	190	0.043	30	0.440
197	A197	KLKP	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	375	598	190	0.043	20	0.530
198	A198	KLKP	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	770	1280	740	0.729	30	5.830
199	A199	KLKP	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	770	1280	740	0.729	30	5.710
200	A200	SPA	-	-	-	2	-	-	-	2	2	1	1	295	386	185	0.021	80	0.160
201	A201	SPA	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	600	720	600	0.259	90	1.480
202	A202	SPA	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	600	720	600	0.259	90	1.180
203	A203	TAPP	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	780	1280	740	0.739	40	3.040
204	A204	TAPP	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	780	1280	740	0.739	40	3.540
205	A205	TPT	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	295	386	185	0.021	120	0.118
206	A206	TPT	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	295	386	185	0.021	120	0.118
207	A207	TPT	-	-	-	2	-	-	-	2	2	2	2	295	386	185	0.021	150	0.064
208	A208	TPT	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	295	380	135	0.015	100	0.054
209	A209	TPT	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	295	380	135	0.015	100	0.070
210	A210	TPT	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	295	380	135	0.015	100	0.054
211	A211	TPT	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	295	380	135	0.015	100	0.070
212	A212	TPT	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	295	380	240	0.027	20	0.770
213	A213	TSAP	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	600	720	600	0.259	500	0.210
214	A214	TSAP	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	750	1100	500	0.413	200	0.466
215	A215	TSAP	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	750	1100	500	0.413	200	0.466
216	A216	TSAP	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	850	1350	750	0.861	40	3.920
217	A217	TSAP	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	850	1350	750	0.861	120	3.920
218	A218	TSAT4	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	830	1330	742	0.819	200	2.100
219	A219	TSAT4	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	830	1330	742	0.819	200	2.100
220	A220	TSAT4	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	830	1330	742	0.819	200	2.370
221	A221	TSAT4	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	830	1330	742	0.819	50	5.950
222	A222	TSAT4	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	830	1330	742	0.819	50	5.700
223	A223	TSAT4	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	1130	1420	760	1.219	80	6.000
224	A224	TSAT4	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	830	1330	742	0.819	80	5.800
225	A225	TSLA	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	780	1280	740	0.739	45	4.634
226	A226	TSLA	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	780	1280	740	0.739	45	4.688

ตาราง ข-1 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Bill of Materials, BOM) (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อชิ้นส่วน	ผู้ผลิตชิ้นส่วน	จำนวนชิ้นส่วนแยกตามรุ่นการผลิต Chassis Frame (ชิ้น)										ขนาดบรรจุภัณฑ์ (mm.)			ปริมาตรบรรจุภัณฑ์ (m <sup>3</sup> )	จำนวน/บรรจุภัณฑ์ (ชิ้น)	น้ำหนักชิ้นส่วน (kg)	
			ALV	ALP	ALX	AXU	LLV	LLP	LLX	GXU	LXU	AXX	GXX	กว้าง	ยาว				สูง
227	A227	TYL	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	710	1080	430	0.330	60	1.184
228	A228	TYL	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	710	1080	430	0.330	60	1.184
229	A229	UHM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	380	600	190	0.043	30	0.725
230	A230	UHM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	380	600	190	0.043	30	0.725
231	A231	BMW	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	680	870	610	0.361	60	1.000
232	A232	TSAT4	-	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	830	1330	742	0.819	200	2.380
233	A233	BTA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	800	1120	600	0.538	30	5.145
234	A234	BTA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	800	1120	600	0.538	30	5.145
235	A235	TYL	1	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	710	1080	430	0.330	60	0.628



ภาคผนวก ค

ภาคผนวก ค-1 ผลลัพธ์การประมวลเส้นทางกรวิ้งของรถบรรทุก  
ประจำวันที 2 – 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2566

**ภาคผนวก ค-1 ผลลัพธ์การประมวลเส้นทางกรวิ่งของรถบรรทุกประจำวันที่ 2 – 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2566**

ผลลัพธ์การประมวลเส้นทางกรวิ่งของรถบรรทุกประจำวันที่ 2 – 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2566

1. วันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โชน 1:

เส้นทางกรวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S2 → Factory

เส้นทางกรวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S18 → S11 → S1 → Factory

เส้นทางกรวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S20 → S19 → S11 → S3 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 925 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 16.28, 30 และ 8.04 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 47.88, 88.24 และ 23.55 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 3,775.92, 7,000 และ 5,967.97 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 53.94, 100 และ 85.25 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โชน 2:

เส้นทางกรวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S12 → Factory

เส้นทางกรวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S17 → S10 → Factory

เส้นทางกรวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S4 → Factory

เส้นทางกรวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S8 → Factory

เส้นทางกรวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S8 → S7 → S6 → Factory

เส้นทางกรวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S15 → Factory

เส้นทางกรวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S14 → S13 → Factory

เส้นทางกรวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S5 → S9 → Factory

เส้นทางกรวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S16 → S17 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 622.4 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 18.60, 30, 12.27, 22.50, 30, 22.42, 23.21, 28.86 และ 15.50 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 54.71, 88.24, 36.09, 66.18, 88.24, 65.92, 68.27, 84.89

และ 45.59 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 5,496.54, 7,000, 6,011.64, 6,849.82, 7,000, 5,034.84, 6,141.72, 6,063.30 และ 6,431 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 78.52, 100, 85.88, 97.85, 100, 71.92, 87.73, 86.61 และ 91.87 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

## 2. วันที่ 3 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โซน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S2 → S3 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S20 → S19 → S18 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S11 → S1 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 843 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุกภายในจำนวน 13.36, 19.58 และ 17.56 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 39.30, 57.58 และ 51.65 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 3,215.72, 5,160.64 และ 6,841.32 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 45.93, 73.72 และ 97.73 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โซน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S14 → S13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S19 → S7 → S6 → S10 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S17 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S5 → S9 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 554.40 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุกภายในจำนวน 16.03, 22, 22.21, 13.30, 11.06, 25.77, 30, 30 และ 27.62 ลูกบาศก์เมตร (CBM)

ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 47.14, 64.67, 65.32, 39.11, 32.53, 75.80, 88.24, 88.24 และ 81.23 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,797.86, 6,589.94, 5,801.64, 2,021.20, 5,522.40, 5,006.24, 7,000, 7,000 และ 5,854.28 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 97.11, 94.14, 82.88, 28.87, 78.89, 71.51, 100, 100 และ 83.63 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

### 3. วันที่ 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โชน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S2 → S3 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S11 → S1 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S20 → S19 → S18 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 843 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุกภายในจำนวน 13.53, 17.30 และ 19.17 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 39.80, 50.88 และ 56.38 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 2,980.92, 6,792.37 และ 5,071.94 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 42.58, 97.03 และ 72.45 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โชน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S5 → S9 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S8 → S7 → S6 → S10 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S17 → S14 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S13 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S4 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 572.30 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 29.38, 17.07, 13.30, 26.46, 30, 30, 22.16, 21.24 และ 12.14 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 86.41, 50.20, 39.11, 77.82, 88.24, 88.24, 65.17, 62.47 และ 35.70 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,049.19, 6,929.58, 1,994.20, 5,113.86, 7,000, 7,000, 6,402.75, 6,201.58 และ 5,455.86 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 86.41, 99, 28.48, 73.05, 100, 100, 91.46, 88.59 และ 77.94 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

#### 4. วันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โซน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S18 → S11 → S1 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S2 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S20 → S19 → S11 → S3 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 925 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 30, 12.43, และ 7.99 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 88.24, 36.56 และ 23.50 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 7,000, 2,900.52 และ 5,888.85 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 100, 41.44 และ 84.13 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โซน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S14 → S13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S17 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S8 → S10 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S5 → S9 → S7 → S6 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S12 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 577.70 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 12.14, 12.94, 23.45, 30, 30, 21.75, 29.70, 26.46 และ 18.36 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 35.71, 38.06, 68.97, 88.24, 88.24, 63.97, 87.35, 77.82 และ 54 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 5,812.02, 4,376, 6,301.86, 7,000, 7,000, 6,955.16, 6,576.19, 5,357.70 และ 5,413.44 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 83.03, 62.51, 90.03, 100, 100, 99.36, 93.95, 76.54 และ 77.33 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

5. วันที่ 6 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โซน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S2 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S20 → S19 → S18 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S1 → S19 → S11 → S3 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 838 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 8.63, 19.77 และ 16.81 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 25.38, 58.15 และ 49.44 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 2,018.44, 5,260.54 และ 6,946.99 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 28.83, 75.15 และ 99.24 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โซน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S17 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S5 → S9 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S14 → S13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S8 → S7 → S6 → S10 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 554.40 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 13.30, 29.82, 12.12, 30, 29.94, 16.13, 20.97, 23.82 และ 30 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 39.11, 87.70, 35.64, 88.24, 88.05, 47.45, 61.69, 70.06 และ 88.24 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 1,940.20, 5329.10, 5,322.78, 7,000, 6,242.48, 5,836.66, 6,010.72, 6,031.86 และ 7,000 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 27.72, 76.13, 76.04, 100, 89.18, 83.38, 85.87, 86.17 และ 100 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

6. วันที่ 8 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โซน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S18 → S11 → S1 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S2 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S20 → S19 → S11 → S3 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 925 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 30, 16.28 และ 7.23 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 88.24, 47.88 และ 21.27 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 7,000, 3775.92 และ 5,805.12 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 100, 53.94 และ 82.93 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โซน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S16 → S17 → S10 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S9 → S5 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S8 → S6 → S7 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S14 → S13 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 624.6 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 12.27, 22.51, 30, 22.42, 18.60, 15.48, 28.43, 30 และ 23.21 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 36.09, 66.22, 88.24, 65.93, 45.53, 51.60, 83.63, 88.24 และ 68.28 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,011.64, 6,851.38, 7,000, 5,034.84, 5,496.54, 6,411.80, 5,888.01, 7,000 และ 6,141.72 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 85.88, 97.88, 100, 71.93, 78.52, 91.60, 84.11, 100 และ 87.74 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

#### 7. วันที่ 9 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โซน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S11 → S3 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S2 → S1 → S18 → S19 → S20 →  
Factory

โดยมีระยะทางรวม 663 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 และ 2 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 17.07 และ 24.02 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 50.20 และ 70.65 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,614.06 และ 6,345.75 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 94.49 และ 90.65 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โซน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S5 → S9 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S8 → S7 → S6 → S9 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S17 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S15 → S14 → S13 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 559.90 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 19.81, 29.85, 11.98, 30, 13.30, 15.31, 30, 30 และ 30 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 58.26, 99.50, 35.24, 88.24, 39.11, 45.03, 88.24, 88.24 และ 88.24 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,366.08, 4,914.04, 5,123.16, 7,000, 1,859.20, 5,204.86, 7,000 และ 7,000 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 90.94, 70.20, 73.19, 100, 26.56, 74.36, 100, 100 และ 100 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

8. วันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โซน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S2 → S1 → S18 → S19 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S20 → S11 → S3 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 663 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 และ 2 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 16.60 และ 22.93 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 48.83 และ 67.44 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,865.02 และ 5,231.46 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 98.07 และ 74.74 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โซน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S5 → S9 → S7 → S6 → S10 →  
Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S8 → S14 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S12 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 528.30 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 25.69, 2.54, 24.14, 10.34, 30, 10.20, 25.22, 24.49 และ 15.43 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 75.56, 7.46, 71.01, 30.42, 88.24, 30, 74.19, 72.02 และ 45.38 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 5,929.12, 899.92, 4,274.72, 1,626.40, 4,453.92, 6,911.04, 6,822 และ 4,079.12 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 84.70, 12.86, 61.07, 23.23, 63.63, 98.73, 97.46 และ 58.27 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

9. วันที่ 11 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โซน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S11 → S1 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S2 → S3 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S20 → S19 → S18 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 843 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 15.84, 9.28 และ 20.30 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 46.60, 27.29 และ 59.71 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,964.29, 2,308.80 และ 5,411.04 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 99.49, 32.98 และ 77.30 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โซน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S14 → S13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S8 → S9 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S5 → S9 → S7 → S6 → S10 →  
Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S17 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S15 → S17 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 566.90 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก  
ภายในจำนวน 13.30, 18.35, 30, 24.21, 30, 12.12, 21.39, 30 และ 30 ลูกบาศก์เมตร (CBM)  
ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 39.11, 53.98, 88.24, 71.22, 88.24, 35.64, 62.90, 88.24 และ 88.24  
ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 2,044.80, 5,758.60, 6,359.53,  
6,474.84, 7,000, 5,612.40, 7,000, 7,000 และ 7,000 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ  
20.92, 80.23, 90.09, 90.25, 100, 80.18, 100, 100 และ 100 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

10. วันที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โชน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S20 → S19 → S11 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S2 → S3 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S18 → S11 → S1 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 934 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุก  
ภายในจำนวน 12.56, 13.61 และ 30 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 36.95,  
40.02 และ 88.24 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,939.14,  
3,301.52 และ 7,000 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 99.13, 47.16 และ 100 ของ  
น้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โชน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S14 → S13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S15 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S17 → S10 → S9 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S8 → S7 → S6 → S9 → S5 →  
Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S8 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S15 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 637.20 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก  
ภายในจำนวน 27.26, 30, 12.42, 30, 30, 30, 30, 21.44 และ 21.98 ลูกบาศก์เมตร (CBM)  
ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 80.18, 88.24, 36.52, 88.24, 88.24, 88.24, 88.24, 63.07 และ  
64.65 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,990.42, 7,000,  
6,391.26, 7,000, 7,000, 7,000, 7,000, 5,962.40 และ 6,332.20 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ  
ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 99.86, 100, 91.30, 100, 100, 100, 100, 85.18 และ 90.46 ของน้ำหนักสูงสุด  
ตามลำดับ

11. วันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โซน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S18 → S11 → S1 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S2 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S20 → S19 → S11 → S3 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 925 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุก  
ภายในจำนวน 30, 12.09 และ 7.37 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 88.24,  
35.57 และ 21.69 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 7,000,  
2823.48 และ 5,828.67 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 100, 40.33 และ 83.26 ของ  
น้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โซน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S8 → S7 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S14 → 13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S5 → S9 → S8 → S7 → S6 →  
Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S17 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S15 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 577.70 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 12.14, 12.94, 18.19, 21.73, 23.45, 29.50, 30 และ 26.46 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 35.70, 38.06, 53.50, 63.92, 68.97, 86.76, 88.24 และ 77.83 ของ ปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 5,812.02, 4,376, 5,343.24, 6,945.56, 6,301.86, 6,489.32, 7,000 และ 5,357.70 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 83.03, 62.51, 76.33, 99.22, 90.03, 92.70, 100 และ 76.54 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

12. วันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โซน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S18 → S11 → S1 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S2 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S20 → S19 → S11 → S3 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 925 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 30, 15.60 และ 7.12 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 88.24, 45.88 และ 20.93 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 7,000, 3,621.84 และ 5,962.92 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 100, 51.74 และ 85.18 ของ น้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โชน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S9 → S5 → S10 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S17 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S8 → S7 → S6 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S14 → 13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S8 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 581.70 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 12.27, 29.69, 30, 22.42, 30, 22.99, 17.94, 11.21 และ 22.51 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 36.09, 87.33, 88.24, 65.93, 88.24, 67.62, 52.76, 32.98 และ 66.22 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,011.64, 6,890.19, 7,000, 5,034.84, 6,014.40, 5,273.04, 4,924.40 และ 6,689.90 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 85.88, 98.43, 100, 71.93, 85.92, 75.33, 70.35 และ 95.57 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

13. วันที่ 16 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โชน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S11 → S3 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S2 → S1 → S18 → S19 → S20 →  
Factory

โดยมีระยะทางรวม 663 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 และ 2 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 16.95 และ 26.81 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 49.85 และ 78.86 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,500.38 และ 6,826.88 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 92.86 และ 97.53 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โชน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S8 → S7 → S6 → S10 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S5 → S9 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S14 → 13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S17 → 12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S15 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 554.40 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 30, 28.95, 12.12, 21.19, 11.82, 30, 20.84, 16.01 และ 29.13 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 88.24, 85.14, 35.64, 62.33, 34.77, 88.24, 61.30, 47.07 และ 85.67 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 7,000, 5,754.15, 5,033.16, 5,620.80, 1,835.60, 7,000, 5,319.67, 5,931.38 และ 4,977.64 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 100, 82.20, 71.90, 80.30, 26.22, 100, 76, 84.73 และ 71.11 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

14. วันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โชน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S19 → S11 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S20 → S18 → S1 → S2 → S3 →  
Factory

โดยมีระยะทางรวม 679 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 และ 2 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 16.86 และ 27.29 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 49.59 และ 80.26 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,813.26 และ 6817.32 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 97.33 และ 97.39 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โชน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S8 → S7 → S6 → S10 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S14 → 13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S5 → S9 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S17 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S16 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 554.40 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 30, 29.13, 12.12, 21.66, 20.80, 14.29, 28.24, 30 และ 11.82 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 88.24, 85.67, 35.64, 63.70, 61.17, 42.04, 83.06, 88.24 และ 34.77 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 7,000, 4,977.64, 5,033.16, 5,588.88, 5,306.87, 5,464.68, 5,743.53, 7,000 และ 1,835.60 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 100, 71.11, 71.90, 79.84, 75.81, 78.07, 82.05, 100 และ 26.22 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

15. วันที่ 18 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โชน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S2 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S18 → S11 → S1 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S20 → S19 → S11 → S3 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 925 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 12.093, 30 และ 7.010 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 35.57, 88.24 และ 20.61 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 2,823.48, 7,000 และ 5,743.53 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 40.34, 100 และ 82.05 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โชน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S5 → S9 → S7 → S6 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S14 → 13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S8 → S10 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S17 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S4 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 577.70 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 29.28, 12.69, 23.47, 26.46, 18.19, 30, 21.77, 30 และ 12.14 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 86.13, 37.32, 69.03, 77.83, 53.50, 88.24, 64.04, 88.24 และ 35.70 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,402.46, 4,352, 6,244.62, 5,357.70, 5,343.24, 7,000, 6,955.16, 7,000 และ 5,812.02 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 91.46, 62.17, 89.21, 76.54, 76.33, 100, 99.36, 100 และ 83.03 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

16. วันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โชน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S18 → S11 → S1 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S2 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S20 → S19 → S11 → S3 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 925 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 30, 12.09 และ 8.56 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 88.24, 35.57 และ 25.19 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 7,000, 2,823.48 และ 6,052.41 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 100, 40.34 และ 86.46 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โชน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S5 → S9 → S7 → S6 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S14 → S13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S17 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S8 → S10 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S8 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 577.70 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุกภายในจำนวน 28.29, 17.95, 12.69, 12.14, 23.23, 26.46, 30, 30 และ 21.79 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 83.21, 52.79, 37.32, 35.70, 68.31, 77.83, 88.24, 88.24 และ 64.10 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,565.57, 5,260.14, 4,352, 5,812.02, 6,174.54, 5,357.70, 7,000, 7,000 และ 6,007.60 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 93.79, 75.14, 62.17, 83.03, 88.21, 76.54, 100, 100 และ 85.82 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

17. วันที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โชน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S11 → S1 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S2 → S3 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S20 → S19 → S18 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 843 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุกภายในจำนวน 17.56, 13.02 และ 18.84 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 51.64, 38.30 และ 55.42 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,841.32, 3,138.68 และ 4,934.36 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 97.73, 44.84 และ 70.49 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โชน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S8 → S7 → S6 → S10 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S14 → S13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S5 → S9 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S17 → S16 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 574.70 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 22.03, 25.77, 30, 21.75, 12.85, 29.03, 11.06, 18.19 และ 30 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 64.80, 75.80, 88.24, 63.96, 37.80, 85.39, 32.53, 53.50 และ 88.24 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,602.74, 5,006.24, 7,000, 5,833.56, 4,217.00, 5,864.90, 5,522.40, 5,068.76 และ 7,000 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 94.32, 71.52, 100, 83.34, 60.24, 83.78, 78.89, 72.41 และ 100 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

18. วันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โชน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S11 → S1 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S2 → S3 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S20 → S19 → S18 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 843 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 17.56, 13.36 และ 18.93 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 51.64, 39.30 และ 55.67 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,841.32, 3,215.72 และ 4,970.84 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 97.73, 45.97 และ 71.01 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โชน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S8 → S7 → S6 → S10 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S14 → S13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S17 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S5 → S9 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 574.70 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 12.85, 25.77, 18.36, 30, 21.99, 11.06, 22.46, 30 และ 29.03 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 37.80, 75.80, 54, 88.24, 64.67, 32.53, 66.05, 88.24 และ 85.39 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 4,241, 5,006.24, 5,138.96, 7,000, 6,583.54, 5,522.40, 5,890.80, 7,000 และ 5,864.90 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60.59, 71.52, 73.41, 100, 94.05, 78.89, 84.15, 100 และ 83.78 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

19. วันที่ 23 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โชน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S11 → S1 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S2 → S3 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S20 → S19 → S18 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 843 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 16.10, 8.94 และ 20.19 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 47.35, 26.29 และ 59.38 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,921.15, 2,231.76 และ 5,594.04 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 98.87, 31.88 และ 79.91 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โชน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S8 → S7 → S6 → S5 → S10 →  
Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S15 → S14 → S13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S9 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S17 → S12 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 559.40 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก  
ภายในจำนวน 30, 30, 12.12, 24.48, 21.31, 29.86, 13.30, 15.71 และ 30 ลูกบาศก์เมตร (CBM)  
ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 88.24, 88.24, 35.64, 72.01, 62.67, 87.83, 39.11, 46.21 และ  
88.24 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 7,000, 7,000, 5,612.40,  
5,085.32, 6,764.41, 6,488.04, 2,044.80, 6,454.94 และ 7,000 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิด  
เป็นร้อยละ 100, 100, 80.18, 72.65, 96.63, 92.69, 29.21, 92.21 และ 100 ของน้ำหนักสูงสุด  
ตามลำดับ

20. วันที่ 24 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โชน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S20 → S19 → S18 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S2 → S3 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S11 → S1 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 843 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุก  
ภายในจำนวน 18.90, 13.02 และ 17.56 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 55.59,  
38.30 และ 51.64 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 4,954.84,

3,138.68 และ 6,841.32 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 70.78, 44.84 และ 97.73 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โชน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S17 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S8 → S7 → S6 → S10 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S14 → S13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S5 → S9 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S15 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 574.70 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 12.85, 30, 30, 11.06, 21.99, 22.46, 18.19, 29.03 และ 25.77 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 37.80, 88.24, 88.24, 32.53, 64.67, 66.05, 53.50, 85.39 และ 75.80 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 4,233, 7,000, 7,000, 5,522.40, 6,589.94, 5,871.72, 5,068.76, 5,864.90 และ 5,006.24 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60.47, 100, 100, 78.89, 94.14, 83.88, 72.41, 83.78 และ 71.52 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

21. วันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โชน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S18 → S11 → S1 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S2 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S20 → S19 → S11 → S3 →

Factory

โดยมีระยะทางรวม 925 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 30, 16.28 และ 7.74 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 88.24, 47.88 และ 22.76 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 7,000, 6,986.28 และ 6,977.74 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 100, 99.80 และ 99.68 ของ น้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โชน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S5 → S9 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S14 → S13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S16 → S17 → S10 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S15 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 622.40 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 66.18, 28.65, 23.23, 88.24, 22.50, 12.27, 18.60, 15.54 และ 22.42 ลูกบาศก์ เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 75, 84.26, 68.33, 88.24, 75, 36.09, 54.71, 45.71 และ 65.93 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,850.61, 5,975.66, 6,084.48, 7,000, 6,850.61, 6,011.64, 5,496.54, 6,416.60 และ 5034.84 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 97.87, 85.37, 86.92, 100, 97.87, 85.88, 78.52, 91.67 และ 71.93 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

22. วันที่ 26 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โชน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S20 → S19 → S18 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S2 → S3 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S11 → S1 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 843 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 19.58, 13.02 และ 17.56 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 57.60, 38.30 และ 51.64 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 5,154.88, 3,138.68 และ 6,841.32 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 73.64, 44.83 และ 97.73 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โซน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S5 → S9 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S14 → S13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S8 → S7 → S6 → S10 →  
Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S17 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S15 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 554.40 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 11.06, 27.62, 13.30, 22.21, 30, 15.86, 21.99, 30 และ 25.77 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 32.53, 81.24, 39.11, 65.34, 88.24, 46.66, 64.67, 88.24 และ 75.80 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 5,034.84, 5,854.28, 2,021.20, 5,801.64, 7,000, 6,727.66, 6,589.94, 7,000 และ 5,006.24 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 78.89, 83.63, 28.87, 82.88, 100, 96.11, 94.14, 100 และ 71.52 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

23. วันที่ 27 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โชน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S11 → S1 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S2 → S3 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S20 → S19 → S18 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 843 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุกภายในจำนวน 17.04, 13.19 และ 19 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 50.11, 38.80 และ 55.88 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6,720.47, 2,903.88 และ 5,047.38 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 96.01, 41.48 และ 72.11 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โชน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S17 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S8 → S7 → S6 → S10 →  
Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S14 → S13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S5 → S9 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 554.40 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุกภายในจำนวน 12.14, 26.46, 30, 13.30, 30, 22.35, 22.13, 14.15 และ 28.95 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 35.70, 77.83, 88.24, 39.11, 88.24, 65.74, 65.09, 41.63 และ 85.14 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 5,455.86, 5,113.86, 7,000, 1,994.20, 7,000, 5,925.10, 6,388.04, 6,666.06 และ 5,903.12 กิโลกรัม (kg)

ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 77.94, 73.06, 30, 28.49, 30, 84.64, 91.26, 95.23 และ 84.33 ของ น้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

24. วันที่ 28 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โซน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S2 → S3 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S11 → S1 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S20 → S19 → S18 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 843 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 8.94, 15.58 และ 19.43 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 26.29, 45.83 และ 57.15 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 2231.76, 6,878.01 และ 5,382.72 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 31.88, 98.26 และ 76.90 ของ น้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โซน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S8 → S7 → S6 → S10 →  
Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S5 → S9 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S14 → S13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S17 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S15 → S17 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 559.90 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 30, 13.30, 12.12, 18.10, 29.81, 24.21, 21.14, 30 และ 30 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 88.24, 39.11, 35.64, 53.24, 87.67, 71.22, 62.17, 88.24 และ 88.24

ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกทุกภายในจำนวน 7,000, 2,044.80, 5,612.40, 5,688.40, 6,478.50, 6,474.84, 6,688.10, 7,000 และ 7,000 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 100, 29.21, 80.18, 81.26, 92.55, 92.50, 95.54, 100 และ 100 ของน้ำหนักสูงสุดตามลำดับ

25. วันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โชน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S11 → S1 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S2 → S3 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S20 → S19 → S18 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 843 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุกภายในจำนวน 17.04, 13.19 และ 19.10 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 50.11, 38.80 และ 56.19 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกทุกภายในจำนวน 6,720.47, 2,903.88 และ 4,878.06 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 96.01, 41.48 และ 69.69 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โชน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S17 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S8 → S7 → S6 → S10 →  
Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S14 → S13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S5 → S9 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 574.70 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 12.14, 26.46, 18.52, 30, 30, 11.06, 22.09, 22.57 และ 29.65 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 35.70, 77.83, 54.47, 88.24, 88.24, 32.54, 64.96, 66.40 และ 87.21 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 5,455.86, 5,113.86, 5,170.96, 7,000, 7,000, 4,066.20, 6,368.84, 6,052.42 และ 5,913.74 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 77.94, 73.06, 73.87, 100, 100, 58.09, 90.98, 86.46 และ 84.48 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

26. วันที่ 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โซน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S20 → S19 → S18 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S2 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S1 → S11 → S3 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 838 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 19.47, 10.14 และ 18 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 57.28, 29.84 และ 52.93 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 5,163.58, 2,156.16, และ 6,947.156 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 73.76, 30.80 และ 99.24 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โซน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S5 → S9 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S14 → S13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S8 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S8 → S7 → S6 → S10 →

Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S17 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S16 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 554.40 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 29.95, 29.79, 12.12, 23.98, 22.27, 30, 30, 15.29 และ 13.30 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 88.10, 87.60, 35.64, 70.52, 65.50, 88.24, 88.24, 44.97 และ 39.11 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 5,968.78, 5,221.48, 5,389.32, 5,966.80, 6189.09, 7,000, 7,000, 6,343.71 และ 1,967.20 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 85.27, 74.59, 76.99, 85.24, 88.42, 100, 100, 90.62 และ 28.10 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

27. วันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ได้คำตอบดังนี้

โซน 1:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S11 → S1 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S2 → S3 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S20 → S19 → S18 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 843 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 17.04, 16.38 และ 18.15 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 50.11, 48.18 และ 53.39 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 6982.36, 3,633.96 และ 4,945.40 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 99.75, 51.91 และ 70.65 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

โซน 2:

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 1: Truck 1 → S12 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 2: Truck 2 → S15 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 3: Truck 3 → S17 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 4: Truck 4 → S5 → S9 → S7 → S6 → S10

→ Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 5: Truck 5 → S4 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 6: Truck 6 → S17 → S14 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 7: Truck 7 → S8 → S13 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 8: Truck 8 → S16 → Factory

เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันที่ 9: Truck 9 → S8 → Factory

โดยมีระยะทางรวม 550.30 กิโลเมตร ทั้งนี้ รถบรรทุกคันที่ 1 ถึง 9 ใช้ปริมาตรบรรทุก ภายในจำนวน 17.86, 22.42, 17.76, 29.85, 12.27, 30, 30, 13.30 และ 23.52 ลูกบาศก์เมตร (CBM) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 52.52, 65.93, 52.25, 87.80, 36.09, 88.24, 88.24, 39.11 และ 69.18 ของปริมาตรสูงสุด ตามลำดับ และใช้น้ำหนักบรรทุกภายในจำนวน 4,970.86, 4,791, 6,687.36, 6,819.65, 5,655.48, 7,000, 7,000, 2,075.20 และ 6,803.96 กิโลกรัม (kg) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 71.01, 68.44, 95.53, 97.42, 80.79, 100, 100, 29.65 และ 97.20 ของน้ำหนักสูงสุด ตามลำดับ

## ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	ณัฐวิทย์ ฐานิตาศิริมงคล
วัน เดือน ปี เกิด	28 พฤศจิกายน 2541
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	178/21 พระราม 2 ซอย 60 แขวงแสมดำ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150
ตำแหน่งและประวัติการ ทำงาน	พ.ศ. 2567 - ปัจจุบัน ตำแหน่ง Project Engineer ที่ทำงาน Thai Summit Rayong Autopart Industry Co.,Ltd พ.ศ. 2564 - พ.ศ.2566 ตำแหน่ง Process Engineer ที่ทำงาน ThreeBond Manufacturing (Thailand) Co.,Ltd.
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2560 - พ.ศ.2563 ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
รางวัลหรือทุนการศึกษา	พ.ศ. 2567 : Engineering Day contest : Thai Summit Group Topic : Karakuri Transportation พ.ศ.2566 : QCC contest: ThreeBond Group Topic: Reduce waste time to increase productivity of the dipping process. - The winner in the Thailand competition. - 2nd runner in the Asia competition. - Participate in the Japan competition. พ.ศ. 2565 : QCC contest: ThreeBond Group Topic: Increase the productivity of the dipping process. - 2nd runner in the Thailand. - Participate in the Asia competition.