

## การศึกษาเพื่อจัดเส้นทางเดินรถขนส่งรูปแบบมิลค์รันและการจัดการกำหนดการรับสินค้า กรณีศึกษา การส่งชิ้นส่วนโรงงานประกอบรถยนต์แบบทันเวลาพอดี ABC

ปารณท์ กัญวิมล<sup>1\*</sup> และ สราวุธ จันทรสุวรรณ<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ภาควิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

148 หมู่ 3 ถนนเสรีไทย แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240

Received: 6 April 2021; Revised: 18 July 2021; Accepted: 19 July 2021

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการวิเคราะห์และปรับปรุงการขนส่งรูปแบบมิลค์รันของโรงงานประกอบรถยนต์แบบทันเวลาพอดีที่เป็นกรณีศึกษาตั้งอยู่ในพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออกของประเทศไทย เพื่อลดต้นทุนจากค่าขนส่งที่มาจากกรับสินค้าจากผู้ผลิตชิ้นส่วนจำนวน 35 แห่งในเขตพื้นที่จังหวัดระยองและจังหวัดชลบุรี ไปยังโรงงานประกอบรถยนต์ในเขตนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์จากข้อมูลความต้องการชิ้นส่วนเพื่อการผลิตรถยนต์รายวันมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณสินค้าที่ต้องขนส่งและออกแบบเส้นทางขนส่งโดยใช้หลักการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem หรือ VRP) เข้ามาจัดเส้นทางขนส่ง โดยประยุกต์ใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) และวิธีแบบ Metaheuristics Large Neighborhood Search (LNS) ด้วยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver เพื่อเปรียบเทียบและวิเคราะห์หาการจัดเส้นทางขนส่งที่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่า วิธีแบบวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) สามารถลดต้นทุนการขนส่งลดลง 9,089,924 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 41.6 ขณะที่วิธี Metaheuristics สามารถลดต้นทุนการขนส่งเหลือ 11,962,011 บาทต่อปี ลดลง 9,897,072 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 45.28 ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถลดต้นทุนได้มากที่สุดของงานวิจัยนี้ นอกจากนี้ การศึกษา ยังได้จัดกำหนดการเข้ามาถึงของรถขนส่งสินค้าโดยใช้วิธีการกระจายกำหนดการณีสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ใช้ปฏิบัติในการรับส่งสินค้าเดิม ซึ่งทำให้การบริหารจัดการดังกล่าวไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ทำให้แผนงานดังกล่าวสามารถนำไปใช้งานได้ทันทีและเป็นการลดปัญหาความแออัดได้พร้อมกัน

**คำสำคัญ:** การจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ, Metaheuristics Large Neighborhood Search (LNS), การขนส่งรูปแบบมิลค์รัน, วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด

\* Corresponding author. E-mail: sarawut@as.nida.ac.th

<sup>1,2</sup> ภาควิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

## The Study of Milk-Run Vehicle Routing Problem and Receiving Schedule Adjustment A Case Study of Just-In-Time Automobile Factory ABC

Paranut Kunwimol<sup>1</sup>, Sarawut Jansuwan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Logistics Management, National Institute of Development Administration (NIDA),  
148 Moo 3, Seri-thai Road, Klong-Chan, Bangkok, Bangkok Thailand 10240

Received: 6 April 2021; Revised: 18 July 2021; Accepted: 19 July 2021

### Abstract

This study aims to improve the milk-run vehicle route of a case study of Just-In-Time automotive manufacturing located in the eastern economic corridor, Thailand. The milk-run vehicles typically pick up the automotive parts from suppliers located in Chonburi and Rayong to the factory in Laem Chabang Industrial estate, Chonburi. Two vehicle routing problem (VRP) methods including Saving Algorithm and Metaheuristics Large Neighborhood Search (LNS) in VRP Spreadsheet Solver, are studied. The results obtained from these two methods are evaluated and further adapted to the practice. The results indicate the saving algorithm can reduce the transportation cost and save about 9,089,924 Baht/Year (about 41.6%), while the metaheuristics method can save 11,962,011 Baht/Year (about 45.3 %). Further, the schedule of truck arrival is also improved using the recent constraints of operational time of the factory and the folk lift resource available during the slot. The proposed method could alleviate the congestion of truck arrivals during peak period in the factory effectively.

**Keywords:** vehicle routing problem, metaheuristics Large Neighborhood Search (LNS), milk run transportation model, saving algorithm

---

\* Corresponding author: E-mail: sarawut@as.nida.ac.th

\*1, 2 Logistics Management Program, Graduate School of Applied Statistics (GSAS), NIDA

## 1. บทนำ

การขนส่งแบบมิลค์รันเป็นแนวปฏิบัติที่สนับสนุนการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just-In-Time) ซึ่งได้รับการนำไปใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการผลิตและประกอบรถยนต์ บริษัทกรณีศึกษา เป็นโรงงานผลิตรถยนต์ซึ่งตั้งโรงงานอยู่ทางภาคตะวันออกของประเทศไทย มียอดผลิตรถยนต์กว่า 480,000 คันต่อปี และมีการดำเนินโครงการลดต้นทุนการขนส่งโดยการจัตรถบรรทุกเพื่อรับชิ้นงานเองในรูปแบบมิลค์รัน (Milk-run) บริษัทกรณีศึกษาได้จัดรูปแบบพื้นที่ของ ผู้ผลิตชิ้นส่วน (Supplier) หลักๆ ออกเป็น 3 พื้นที่ โดยพื้นที่ที่ทางผู้ทำวิจัยได้นำมาศึกษาคือพื้นที่จังหวัดระยองและจังหวัดชลบุรี พื้นที่จังหวัดระยองและชลบุรีเป็นพื้นที่ที่มีผู้ผลิตชิ้นส่วน (Supplier) อยู่จำนวน 35 ราย และผู้ผลิตชิ้นส่วนทั้งหมดนี้จะต้องส่งสินค้าให้กับบริษัทกรณีศึกษาเป็นจำนวนเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 941.12 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ทำให้บริษัทกรณีศึกษาต้องใช้รถบรรทุกจ้างจากผู้ให้บริการด้านโลจิสติกส์ (Service Provider) ทำการรับสินค้าโดยใช้รถกระบะบรรทุกถึง 17 คันต่อวันโดยต้องวิ่งรับและส่งสินค้ารวมอยู่ที่ 49 รอบต่อวัน เฉลี่ยต่อเดือนมีต้นทุนสูงถึง 1.82 ล้านบาท แต่มีค่าเฉลี่ยปริมาณสินค้าที่ขนต่อรอบอยู่แค่เพียงร้อยละ 57.22 เท่านั้นซึ่งสะท้อนถึงปัญหาการบริหารจัดการรถบรรทุกที่ไม่เต็มประสิทธิภาพ อีกทั้งการจัดการการรับสินค้าบริเวณโรงงานเกิดปัญหาความล่าช้าติดขัดเนื่องจากรถกระบะบรรทุกขนส่งเดินทางเข้ามาถึงพื้นที่โรงงานในเวลาใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดความติดขัดหนาแน่นในการเคลื่อนย้ายสินค้าลงจากรถบรรทุกเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตที่ต้องการความรวดเร็วทันเวลา

จากปัญหาข้างต้นโดยวิจัยได้มุ่งเน้นการศึกษาการจัดเส้นทางขนส่งเพื่อลดต้นทุนจากกระบวนการขนส่งจากผู้ผลิตชิ้นส่วนมายังโรงงานประกอบรถยนต์ โดยนำเอาหลักการการขนส่งแบบมิลค์รันมาประยุกต์ใช้กับการจัดเส้นทางด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) และวิธีการ Metaheuristics Large Neighborhood Search (LNS) ด้วยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver (Erdogan, 2017) เป็นโปรแกรมเพื่อให้ได้เส้นทางที่สั้นที่สุดเพื่อศึกษาและจัดเส้นทางทำให้

เกิดอรรถประโยชน์สูงสุดในการขนส่ง และยังได้มีการจัดตารางการรับสินค้าในบริษัทกรณีศึกษาเพื่อให้สอดคล้องกับเวลาที่เส้นทางรถบรรทุกเข้าสู่โรงงานและปรับแต่งให้มีการกระจายตัวที่เหมาะสมเพื่อลดปัญหาความติดขัดล่าช้าบริเวณจุดรับสินค้า

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 แนวคิดเทคนิคมิลค์รัน

ตามหลักแล้วเส้นทางมิลค์รันจะใช้งานได้ดีกับผู้จัดส่งวัตถุดิบท้องถิ่น แต่เส้นทางมิลค์รันท้องถิ่นก็สามารถรวมผู้จัดส่งวัตถุดิบที่อยู่ห่างไกลซึ่งเป็นผู้ดูแลคลังสินค้าท้องถิ่นเข้าไว้ได้ด้วยเช่นกันกลุ่มผู้จัดส่งวัตถุดิบที่อยู่ห่างไกลในเส้นทางมิลค์รันไม่ควรจะมีผู้จัดส่งวัตถุดิบมากกว่า 4 ถึง 5 ราย ซึ่งปกติจะเป็นกลุ่มที่ถูกเลือกมาจากทำเลที่ตั้งอยู่ไม่ห่างไกลกันมาก แต่ถ้ามีผู้จัดส่งวัตถุดิบหลายรายรวมอยู่ใกล้กันก็อาจจะสามารถใช้จุดหมายปลายทางภายในโรงงานเป็นเกณฑ์ในการจัดกลุ่มและกำหนดเส้นทางโดยลำดับของผู้จัดส่งวัตถุดิบจะเปลี่ยนไปเป็นตารางเวลาของเส้นทางมิลค์รัน ซึ่งจะเป็นการแสดงเวลาที่มาถึงและเวลาที่ออกจากแต่ละโรงงานและจะต้องมีการติดตามการดำเนินงานของเส้นทางมิลค์รันนี้เทียบกับตารางเวลาเพื่อจะได้ปรับปรุงให้ดีขึ้นและเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเบี่ยงเบนของตารางเวลานี้ส่งผลกระทบต่อการจัดส่งวัสดุให้แก่โรงงาน

### 2.2 ทฤษฎีปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง

การหาเส้นทางขนส่งและกระจายสินค้าจากคลังสินค้าไปลูกค้าในพื้นที่ต่าง ๆ ให้ประโยชน์สูงสุดจัดอยู่ในปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem) ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการใช้ทฤษฎีกราฟจำลองโครงข่ายเส้นทางคมนาคม การเปลี่ยนแปลงปัญหาจริงให้อยู่ในรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ และการแก้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด เทคนิคการแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดเส้นทางยานพาหนะที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันคือ วิธีเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) ในการวิจัยครั้งนี้สามารถแยกทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้ ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem : VRP) ปัญหาพื้นฐานของการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะเป็นการ

กำหนดเส้นทางของ ยานพาหนะแต่ละคันเพื่อไปให้บริการลูกค้าที่กำหนดโดยค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด อย่างไรก็ตาม ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะของแต่ละบริษัทแต่ละกรณีศึกษานั้นอาจจะมีลักษณะที่ต่างออกไป ยกตัวอย่างเช่น ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับบริษัทที่กำหนดให้ยานพาหนะทุกคันจะต้องออกจากและกลับเข้าสู่ Depot เดิม หรือยานพาหนะจะต้องออกจาก Depot หนึ่งแต่กลับเข้าสู่ Depot อีกแห่งหนึ่งก็ได้ หรือแม้กระทั่งการออกแบบเส้นทางสำหรับยานพาหนะที่บริษัทมียานพาหนะจำนวนหลายคัน เวลาที่ให้บริการและความสามารถในการบรรทุกสินค้าของยานพาหนะแต่ละคันที่อาจเท่ากัน หรือไม่เท่ากัน เป็นต้น ดังนั้นเราอาจจำแนกปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะออกเป็นลักษณะต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

จากตารางข้างต้นทำให้เกิดแนวทางในการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งที่มีความซับซ้อนและแปรเปลี่ยนไปตามรายละเอียดขององค์ประกอบของปัญหาได้ด้วยวิธีการจำลองปัญหา ดังนี้

1. การจัดเส้นทางการเดินทางเพียง 1 เส้นทาง (Traveling Salesman Problem, TSP)
2. การจัดเส้นทางการเดินทางแบบหลายเส้นทาง (Multiple Traveling Salesman Problem, MTSP)
3. ปัญหาการจัดเส้นทางแบบ Classical Vehicle Routing Problem (Classical VRP)

ปัญหาในระดับนี้จะเป็นการหาจำนวนเส้นทางและลำดับในการส่งสินค้าของลูกค้าแต่ละราย ภายใต้ข้อจำกัดของรถซึ่งบรรทุกสินค้าได้ไม่เกินความจุที่กำหนดไว้ ด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) เนื่องจากเป็นการรวมให้ลูกค้าอยู่ในเส้นทางเดียวกันที่จะรับสินค้าที่ใกล้ที่สุดก่อนและจึงไปรับสินค้าในลำดับถัดไปจนเต็มพื้นที่ขนส่ง โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. สร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution)
2. คำนวณค่าความประหยัด (Savings) ซึ่งเขียนแทนด้วยระหว่างลูกค้า 2 คน นั่นคือลูกค้า  $i$  และลูกค้า  $j$

$$S_{ij} = C_{Di} + C_{Dj} - C_{ij} \quad (1)$$

โดยที่  $S_{ij}$  = ระยะการเดินทางที่ประหยัดได้เมื่อวิ่งรถรอบเดียว

$C_{Di}$  = เป็นค่าใช้จ่าย เวลา หรือระยะทางระหว่าง Depot และลูกค้า  $i$  (ในตัวอย่างนี้ เราใช้ระยะทางหน่วยเป็น กม. แทนค่าใช้จ่าย)

$C_{ij}$  = เป็นค่าใช้จ่าย เวลา หรือระยะทางระหว่างลูกค้า  $i$  และลูกค้า  $j$  (ในตัวอย่างนี้ เราใช้ระยะทางแทนค่าใช้จ่าย)

$D$  = แทนสัญลักษณ์ของ Depot

ตารางที่ 1 ลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ

ลักษณะของปัญหา	ทางเลือก
1. จำนวนของยานพาหนะ	- จำนวนยานพาหนะเดียว - จำนวนยานพาหนะหลายคัน
2. ประเภทของยานพาหนะ	- ประเภทเดียวกันทั้งหมด - หลายประเภท
3. โรงจอดรถหรือสถานีหรือคลังสินค้า (Depot)	- จำนวนสถานีที่เดียว - จำนวนหลายสถานี
4. ความต้องการในการขนส่ง	- ความต้องการที่แน่นอน - ความต้องการที่ไม่แน่นอน
5. จุดเกิดของความต้องการ	- ที่ตำแหน่งและเส้นทาง
6. ความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ	- เท่ากันหมด - ไม่เท่ากัน
7. เวลาในการขนส่งที่ยอมรับได้มากที่สุด	- เท่ากันหมด - ไม่เท่ากัน
8. ข้อจำกัดทางด้านเวลาในการขนส่ง	- แบบด้านเดียว - แบบสองด้าน

3. ทำการจัดเรียงลำดับค่าความประหยัด (Saving) จากค่าที่มากที่สุดไปยังค่าน้อยที่สุด โดยหากค่า Savings มีเครื่องหมายเป็นบวก จะทำการรวมลูกค้า  $i$  และลูกค้า  $j$  ให้อยู่ใน เส้นทางเดียวกันนั้น วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด เมื่อคำนวณค่า Saving จากการรวมให้ลูกค้าอยู่ในเส้นทางเดียวกัน มีเครื่องหมายเป็นบวก เราจึงกำหนดให้ ลูกค้า  $i$  และลูกค้า  $j$  อยู่ในเส้นทางเดียวกันจากรูปในขั้นตอนสุดท้ายเราจะเห็นว่ารถบรรทุกเดินทางออกจาก Depot รับสินค้าที่ลูกค้า  $i$  และลูกค้า  $j$  หลังจากนั้นเดินทางกลับเข้ามาที่ Depot

## 2.3 วิธีการจัดเส้นทางขนส่งแบบ Heuristics

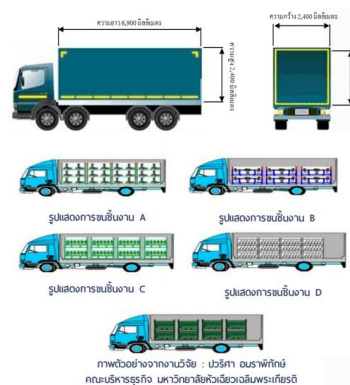
การจัดเส้นทางแบบ Saving Algorithms (Clarke and Wright, 1964) เป็นทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับในการจัดการปัญหาการจัดการขนส่งเนื่องจากสอดคล้องกับแนวคิดการจัดเส้นทางของนักวางแผนที่ต้องการจัดเส้นทางที่มีระยะทางรวมน้อยที่สุดโดยใช้วิธีการควมรวมจุดรับสินค้าที่อยู่ใกล้เคียงให้รวมเป็นวงรอบเดียวกันภายใต้ข้อจำกัดของน้ำหนักและเวลาในการทำงานที่นักวางแผนพอที่จะประมาณการได้อีกทั้งเป็นวิธีที่เข้าใจง่ายไม่ซับซ้อนทางผู้วิจัยจึงเลือกการจัดเส้นทางแบบ Saving Algorithms มาศึกษาเปรียบเทียบกับวิธีการจัดเส้นทางด้วย Large Neighborhood Search (LNS) ซึ่งเป็นการมุ่งหาเส้นทางการเดินทางโดยการค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) แบบวนซ้ำ และใช้ Genetic Algorithm (GA) เป็นกลไกในการแสวงหาคำตอบ อย่างไรก็ตาม LNS Metaheuristics ได้มีการเสนอครั้งแรกโดย Shaw (1998) ซึ่งใช้วิธีการทำลายและสร้างใหม่ (Destroy and Repair method) โดยกระบวนการทำลายเป็นการแยกจุดรับส่งเดิมออกจากวงรอบที่เคยสร้างไว้และการซ่อมเป็นการนำจุดดังกล่าวไปรวมกับวงรอบข้างเคียงแล้วทำการประเมินผลลัพธ์ที่จะต้องอยู่ภายใต้ข้อจำกัดที่กำหนดไว้ โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้ VRP Spreadsheet Solver (Erdoğan, 2017) ที่จัดเส้นทางขนส่งสินค้าด้วยวิธีดังกล่าว เปรียบเทียบกับ Saving Algorithm เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมก่อนนำไปใช้ปฏิบัติจริง

กระบวนการเริ่มต้นออกแบบการทำงานของ การจัดเส้นทางในการขนส่งสินค้าตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการด้วยการดึงข้อมูลการจัดรถตามคำสั่งซื้อเดิมของศูนย์กระจายสินค้าโดยนำข้อมูลที่ต้องการได้แก่ จำนวนลูกค้า พิกัดที่อยู่ จำนวนความต้องการของลูกค้า อีกทั้งยังทำการศึกษาข้อจำกัดของตัวรถขนส่งในเรื่อง 1) ความเร็ว 2) ความสามารถบรรทุก 3) หน้าต่างเวลา (Time Window) โดยทำการจัดเส้นทางทั้งตามข้อมูลการรับสินค้าเดิมและจัดเส้นทางขนส่งแบบมิลค์รันของกรณีศึกษา

## 3. วิธีดำเนินงานวิจัย

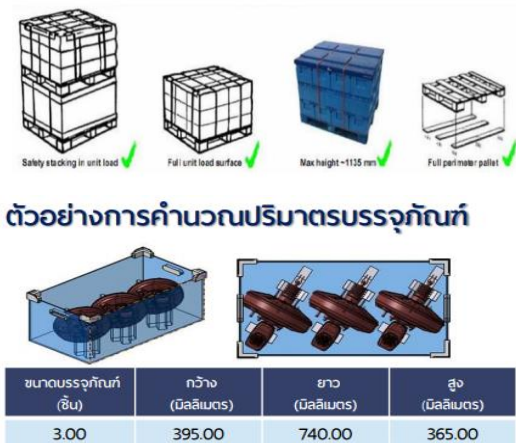
### 3.1 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษากิจการการจัดเส้นทางขนส่งรูปแบบมิลค์รันของบริษัทประกอบรถยนต์กรณีศึกษาและผู้ส่งชิ้นส่วนในจังหวัดชลบุรีและระยองซึ่งเป็นพื้นที่ตั้งของผู้ประกอบการผลิตชิ้นส่วนที่ซัพพลายให้กับโรงงานประกอบรถยนต์ ABC ที่ตั้งในเขตนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง โดย เวลาในการรับสินค้าอยู่ในขอบเขตที่กำหนด โดยเวลารับสินค้าจากทางผู้ผลิตจะแตกต่างกันไป แต่เวลาในการส่งสินค้าจะอยู่ในช่วงเวลา 8.00 ถึง 19.00 นาฬิกาซึ่งเป็นเวลาทำการของบริษัท โดยรถขนส่งที่ใช้เป็นรถบรรทุก 6 ล้อที่มีความกว้างของตู้ขนส่งอยู่ที่ 2,400 มิลลิเมตร ความยาว 6,900 มิลลิเมตรและความสูง 2,400 มิลลิเมตร ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2562 ถึง พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 เป็นตัวแทนสำหรับการวิเคราะห์การปฏิบัติการขนส่งดังกล่าว รถบรรทุกที่ผู้วิจัยได้เลือกมาเป็นส่วนหนึ่งในการวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้เทคนิคมิลค์รันเป็นรถบรรทุกชนิด 6 ล้อแบบตู้บรรทุกขนาดใหญ่ ซึ่งมีรายละเอียดและรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งแสดงรายละเอียดขนาด ความกว้าง ยาว สูง และปริมาตรบรรจุรูปที่ 2 แสดงรายละเอียดของบรรจุภัณฑ์และการจัดเรียงในพื้นที่บรรทุกของกรณีศึกษา ซึ่งปริมาตรนี้จะใช้เป็นข้อมูลเรื่องข้อจำกัดในการบรรทุกสินค้าต่อไป



ชนิดของรถบรรทุก	ปริมาตรของตู้สินค้า				
	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)	ความสูง (มิลลิเมตร)	ปริมาตรที่ สามารถบรรจุได้ (ลบ.มตร)	ปริมาตรสินค้าที่คิดว่าใช้ได้จริง (ลบ.มตร)
รถบรรทุก 6 ล้อ	2,400	6,900	2,400	39.74	31.44

รูปที่ 1 รายละเอียดรถบรรทุกชนิด 6 ล้อ ตู้ใหญ่ที่ใช้สำหรับมิลค์รัน



รูปที่ 2 รายละเอียดของบรรจุภัณฑ์และการจัดเรียงในพื้นที่บรรจุของกรณีศึกษา

จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าความสามารถบรรจุสินค้าได้ทั้งหมดเท่ากับ 39.74 ลบ.เมตร แต่ต้องมีการปรับลดเพื่อให้มีพื้นที่ใช้สอยอื่นๆ เช่น พื้นที่ในการยกสินค้าไม่ให้สินค้าเกิดการกระเทก ดังนั้นผู้วิจัยจะใช้ค่า 31.44 ลบ.เมตร เป็นความสามารถในการขนส่งต่อรอบ นอกจากนี้ การวางเรียงบรรจุภัณฑ์ต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่โรงงานกำหนดเพื่อลดปัญหาการเสียหายของชิ้นส่วนและบรรจุภัณฑ์ การจัดเรียงแสดงในรูปที่ 2

### 3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

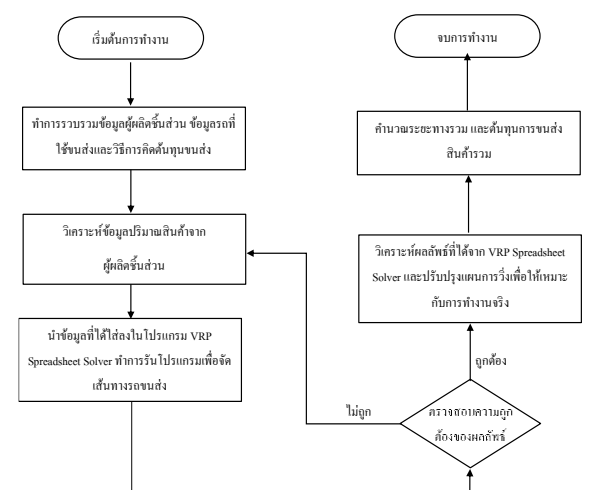
การเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาคำนี้ มีกระบวนการดังนี้

- 1) คัดเลือกผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มีการจัดส่งชิ้นส่วนให้กับกลุ่มรถยนต์ที่มีทำเลที่ตั้งอยู่ที่จังหวัดชลบุรีและจังหวัดระยองซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาและเป็นขอบเขตการศึกษาในครั้งนี้
- 2) ทำการระบุตำแหน่งของโรงงานและซัพพลายเออร์ด้วยตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Latitude, Longitude) เพื่อใช้ในการหาระยะทางและสร้างตารางระยะทางจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทาง (Distance Matrix)
- 3) ทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง เช่น ต้นทุนการขนส่งและข้อมูลบรรจุภัณฑ์ ซึ่งจำเป็นต้องนำไปใช้ในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการขนส่งและข้อมูล

ปริมาณสินค้าที่สามารถบรรทุกไปได้ในแต่ละเที่ยวรวมถึงการจัดการบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้หมุนเวียน นอกจากนี้จำเป็นต้องรวบรวมข้อมูลของรถที่ใช้ในการขนส่ง เช่น ขนาดของตู้บรรทุกสินค้าและอัตราการบริโภคเชื้อเพลิงเพื่อประกอบการวิเคราะห์ต้นทุนค่าขนส่ง 4) การเก็บข้อมูลการเดินทางของเส้นทางรถมิลค์รันที่มีการบันทึกข้อมูลใน Activity Log ของรถบรรทุกขนส่งซึ่งประกอบด้วยเส้นทางจุดที่มีการแวะรับสินค้า ระยะเวลาในการขนสินค้า ระยะเวลาในการเดินทางระหว่างจุด เวลาในการเดินทางเข้ามาถึงโรงงาน เวลาในการขนสินค้าลงจากรถ เพื่อนำมาสู่กระบวนการปรับปรุงเส้นทางรถที่มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

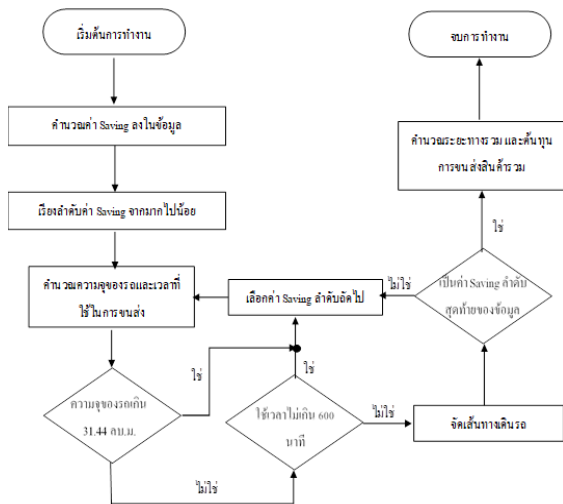
### 3.3 กระบวนการศึกษาและวิเคราะห์ผล

กระบวนการศึกษานี้ จะทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการจัดเส้นทางของวิธี Metaheuristics LNS ด้วยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ซึ่งใช้เป็น MS Excel Plug-In กับกระบวนการด้วยวิธี Saving Algorithm เพื่อเปรียบเทียบหาชุดคำตอบระหว่างสองวิธีที่ให้ผลลัพธ์คือค่าขนส่งสินค้าต่ำที่สุด รูปที่ 3 และรูปที่ 4 แสดง กระบวนการจัดเส้นทางของวิธี Metaheuristics LNS ด้วยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver และกระบวนการจัดเส้นทางของวิธี Saving Algorithm ตามลำดับ



รูปที่ 3 กระบวนการจัดเส้นทางของวิธี Metaheuristics LNS





รูปที่ 4 กระบวนการจัดเส้นทางของวิธี Saving Algorithm

โดยมีข้อมูลนำเข้าชุดเดียวกัน สังเกตว่า กระบวนการ Saving Algorithm นั้นจะต้องมีกระบวนการคำนวณค่าความประหยัด (Savings) และการเรียงลำดับ (Sorting) ระยะทางที่ประหยัดเพื่อสร้างกลุ่มเส้นทางเดินรถอีกขั้นหนึ่ง นอกจากนี้ ยังต้องมีการพิจารณาถึงข้อจำกัด (Constraint) เช่น ระยะเวลาในการดำเนินงาน ปริมาตรที่บรรจุได้ของรถบรรทุก เช่นเดียวกับวิธี Metaheuristics

เมื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์จากแต่ละวิธี ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบผลการศึกษาและคัดเลือกวิธีการขนส่งสินค้าที่มีต้นทุนค่าขนส่งต่ำที่สุดมาใช้ในการทำงานของโรงงานประกอบรถยนต์ ABC การนำผลลัพธ์ดังกล่าวไปใช้งานนั้นจะมีกระบวนการวิเคราะห์ความเหมาะสมของเส้นทางที่จะเข้ามาถึงโรงงาน เนื่องจากปัญหาความแออัดของรถขนส่งที่เข้าถึงโรงงานในเวลาใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยได้ทำการจัดการกำหนดการรับสินค้า (Scheduling) ของกลุ่มรถให้มีการกระจายตัวที่เหมาะสมโดยปรับปรุงด้วยเกณฑ์แบบ Heuristics ด้วยการจัดเลือก Slot ของการจัดส่งโดยใช้เกณฑ์ดังนี้

1. เลื่อนแผนรอบส่งที่เป็นรอบสุดท้ายของแต่ละคันให้ส่งช้าลง แต่ให้เข้าไปในช่วงเวลาที่ไม่มีการเข้าส่งแต่ต้องไม่เกินเวลาที่กำหนด 19.00 (Time Window Constraint)
2. เลื่อนแผนการส่งในรอบก่อนหน้าตามแผนการส่งช้าลงในรอบสุดท้าย

3. ปรับ/สลับช่องส่งชิ้นส่วนไปยังช่องที่ว่างเพื่อให้รถโฟร์คลิฟท์สามารถกระจายตัวทำงานได้โดยพิจารณาเวลาที่กำหนดเดิมก่อน เป็นต้น

เมื่อได้ผลการปรับเปลี่ยนดังกล่าวแล้วก็จะนำไปปรับเวลาในการออกรถเพื่อไปรับสินค้าให้สอดคล้องกับตารางเวลาที่จัดการใหม่ตามลำดับ

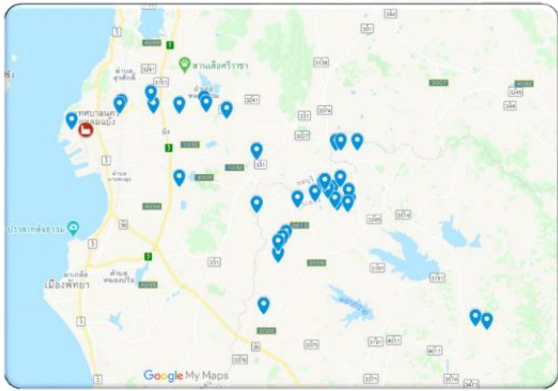
#### 4. ผลการศึกษา

##### 4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลผู้ผลิตชิ้นส่วน

จากจำนวนผู้ผลิตชิ้นส่วนทั้งหมด 35 ราย มีโรงงานการผลิตที่อยู่ในจังหวัดชลบุรีจำนวน 12 ราย และอยู่ในจังหวัดระยอง 23 ราย รูปที่ 5 แสดงตำแหน่งโรงงานและผู้ผลิตชิ้นส่วนในพื้นที่ศึกษาซึ่งจะเห็นได้ว่าตำแหน่งส่วนใหญ่มีการกระจายตัวอยู่ในจังหวัดชลบุรีและบางส่วนของจังหวัดระยองซึ่งการเคลื่อนย้ายสินค้ามายังโรงงานที่อยู่ในเขตนิคมแหลมฉบังมีระยะทางที่แตกต่างกัน การจัดเส้นทางเดินรถจำเป็นต้องมีการ Cluster กลุ่มของผู้ผลิตและการจัดลำดับการรับส่งให้สอดคล้องกัน นอกจากนี้ ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างของปริมาณของชิ้นส่วนที่ผู้ผลิตจะต้องจัดส่งโรงงานในแต่ละวัน สังเกตว่า ปริมาณของสินค้ามีความแตกต่างกันในแต่ละผู้ผลิตกันอย่างมาก โดยมีปริมาณตั้งแต่ 5-70 ลบ.ม. ขณะที่รถบรรทุกมีความสามารถในการรองรับสินค้าได้ 31.44 ลบ.ม. ต่อคัน

ซึ่งหากไม่มีการจัดการเส้นทางเดินรถที่มีประสิทธิภาพในการรวบรวมสินค้าให้เต็มความจุก็อาจจะทำให้เกิดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่เป็นสัดส่วนสูงดังที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน นอกจากนี้ การพิจารณาเวลาในการทำงาน (Operation Hour) และหน้าต่างเวลาในการรับสินค้า (Time Window) รวมไปถึงเวลาในการรับสินค้า (Service Time) เพื่อประกอบการพิจารณาเส้นทางเดินรถที่เหมาะสมที่สุดถือเป็นปัจจัยที่จำเป็นต้องนำมาพิจารณาด้วย ตารางที่ 3 แสดงตัวอย่างระยะเวลาดังกล่าวของผู้ผลิต

ตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานประกอบและผู้ผลิตชิ้นส่วนทั้ง 35 ราย



รูปที่ 5 ตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานประกอบและผู้ผลิตชิ้นส่วน

ตารางที่ 2 ตัวอย่างของปริมาณของชิ้นส่วนที่ผู้ผลิตจะต้องจัดส่งโรงงานในแต่ละวัน

ลำดับ	ผู้ผลิตชิ้นส่วน	ปริมาณการขนส่ง (ลบ.ม.ต่อวัน)	พิกัดละติจูด, ลองจิจูด
1	P001	5.65	12.890822, 101.098326
2	K001	21.66	13.101748, 101.057634
3	T001	69.09	13.108649, 101.034300
.	.	.	.
35	S001	26.49	13.005583, 101.135234

ตารางที่ 3 ข้อมูลของการทำงาน-เลิกงาน และระยะเวลาการรับสินค้า

ลำดับ	ชื่อผู้ผลิตชิ้นส่วน	เวลาเริ่มงาน	เวลาเลิกงาน	ระยะเวลาการรับสินค้า (นาที)
1	P001	08:30	17:00	30
2	K001	08:30	17:00	30
3	T001	08:30	16:30	30

#### 4.2 ผลการวิเคราะห์เส้นทางการเดินทาง

ผลการวิเคราะห์เส้นทางการเดินทางของการจัดเส้นทางทั้ง 2 วิธีแสดงได้ดังนี้

#### 1) ผลการวิเคราะห์การจัดเส้นทางด้วย Saving Algorithm

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์การจัดลำดับการประหยัดค่านวมจากสมการที่ (1) เรียงจากมากสุดไปน้อยสุดโดยเป็นการวิเคราะห์ทุกคู่ลำดับ (i, j) ก่อนนำผลลัพธ์ดังกล่าวมาจัดเส้นทางการเดินทางตามลำดับ และตารางที่ 5 สรุปผลการจัดเส้นทางเดินทางโดยการใช้ วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) ผลการศึกษาสรุปได้ว่า ต้องการรถขนส่งจำนวน 11 คัน จากเดิมที่ต้องใช้รถขนส่งจำนวน 17 คัน มีจำนวนเที่ยวรวมทั้งหมด 35 เที่ยว ในระยะทางรวม 2,328.82 กม.และมีค่าเฉลี่ยความสามารถที่ขนได้ (Utilization) อยู่ที่ 85.52% ตามลำดับ

#### 2) ผลการวิเคราะห์การจัดเส้นทางด้วย วิธี Metaheuristics LNS

ตารางที่ 5 สรุปผลการจัดเส้นทางด้วย วิธี Metaheuristics LNS ผลการศึกษาสรุปได้ว่าต้องการรถขนส่งจำนวน 10 คัน มีจำนวนเที่ยวรวมทั้งหมด 37 เที่ยว ในระยะทางรวม 2,310.51 กม.และมีค่าเฉลี่ยความสามารถที่ขนได้ (Utilization) อยู่ที่ 80.89% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าวิธี Metaheuristics

ตารางที่ 4 การค่า Savings ที่ได้จากการคำนวณ

$N_i$	$N_j$	$S_{ij}$	$C_{id}$	$C_{di}$	$C_{ij}$
H003	H005	129.76	66.96	64.66	1.86
E001	E012	93.20	47.78	47.22	1.79
E001	E009	92.75	47.78	46.31	1.34
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
N002	P001	(0.43)	5.75	38.84	45.02



ตารางที่ 5 สรุปผลการจัดเส้นทางขนส่งโดยใช้วิธี อัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) และ วิธี Metaheuristics LNS

ผลการวิเคราะห์	หน่วย	วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด	วิธี Metaheuristics ด้วย VRP Spreadsheet Solver
จำนวนรถขนส่งที่ใช้	คัน	11	10
จำนวนรอบการวิ่ง	รอบ	35	37
ระยะทางโดยรวม	กิโลเมตร	2,328.82	2,310.51
ค่าเฉลี่ยความสามารถที่ชนได้	ร้อยละ	85.5	80.9

ด้วย VRP Spreadsheet Solver สามารถประหยัดจำนวนรถที่ใช้ลงได้มากกว่าการจัดแบบ วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) 1 คัน และมีระยะทางในการเดินทางรวมน้อยกว่าเล็กน้อย

#### 4.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าใช้จ่าย

จากผลการศึกษาจะเห็นว่า การจัดเส้นทางโดยใช้วิธี Metaheuristics LNS สามารถลดปริมาณการใช้รถขนส่งลงไปจากการจัดเส้นทางแบบเดิม 17 คัน เหลือ 10 คัน คิดเป็นการลดลงถึงร้อยละ 41.17, ลดจำนวนรอบที่รถต้องวิ่งไปกลับระหว่างผู้ผลิตชิ้นส่วนและโรงงานประกอบลงมาจากแบบเดิม 49 รอบต่อวัน เหลือเพียง 37 รอบต่อวัน คิดเป็น ลดลงร้อยละ 16.32, ค่าเฉลี่ยความสามารถที่ชนได้เพิ่มขึ้นจากเดิม 17.99 ลูกบาศก์เมตรต่อรอบ เหลือ 25.43 ลูกบาศก์เมตรต่อรอบ ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 41.35 โดยจะแสดงให้เห็นดังตารางที่ 6 เป็นการเปรียบเทียบการจัดเส้นทางแบบเดิมกับการจัดเส้นทางแบบที่เสนอ

ผลการจัดเส้นทางรถที่เสนอทั้งสองวิธี สามารถช่วยในการประหยัดต้นทุนได้ถึง 9,089,924 บาท/ปี และ 9,897,072 บาท/ปี คิดเป็นร้อยละ 41.58 และ 45.28 ตามลำดับ โดยผลของการจัดเส้นทางนี้จะได้นำไปใช้ประยุกต์ในการจัดเส้นทางในโรงงานต่อไป

#### 4.4 การจัดการกำหนดการรับสินค้าในโรงงาน

ผลจากการศึกษาในข้อ 4.3 นำมาใช้ในการจัดเส้นทางรถในโรงงานได้จริง แต่จะเกิดปัญหาเรื่องเวลาในการเข้ามาถึงของรถสินค้าที่มีการกระจุกตัวของรถขนส่ง ก่อให้เกิดปัญหาความแออัดและความล่าช้า (Delay) บริเวณสถานีรับสินค้ารวมถึงการที่มีรถไฟร์คลิฟท์ในโรงงาน 4 คันก็จำเป็นต้องมีการบริหารจัดการการเคลื่อนย้ายสินค้าจากรถบรรทุกไปสู่กระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่เกิดปัญหาดังกล่าวด้วย

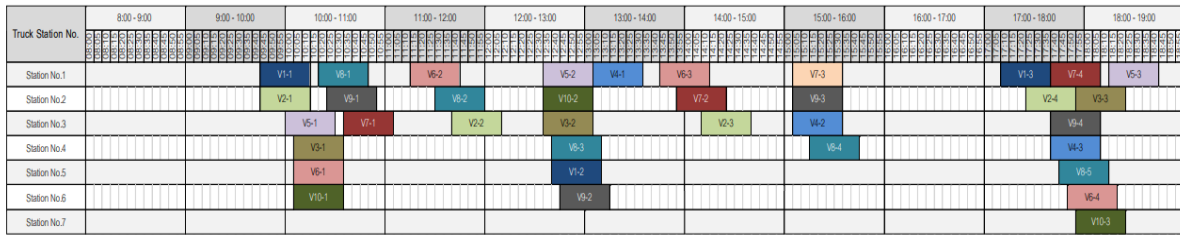
ตารางที่ 6 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบ

ผลการวิเคราะห์	หน่วย	การจัดเส้นทางแบบเดิม	การจัดเส้นทางแบบวิธี Saving Algorithm	การจัดเส้นทางโดย Metaheuristics LNS
จำนวนรถขนส่งที่ใช้	คัน	17	11	10
จำนวนรอบการวิ่ง	รอบ	49	35	37
ระยะทางโดยรวม	กิโลเมตร	3,118.5	2,328.8	2,310.5
ค่าเฉลี่ยที่ชนได้	ลูกบาศก์เมตร	17.9	26.89	25.4
ค่าเฉลี่ยที่ชนได้	ร้อยละ	57.2	85.5	80.9
ต้นทุนก่อนปรับปรุงรายเดือน	บาท/เดือน	1,821,590	1,064,097	996,834
ต้นทุนก่อนปรับปรุงต่อปี	บาท/ปี	21,859,083	12,769,159	11,962,011
ต้นทุนที่ประหยัดได้	บาท/ปี	-	9,089,924	9,897,072
ร้อยละที่ประหยัดได้	-	-	41.58	45.28

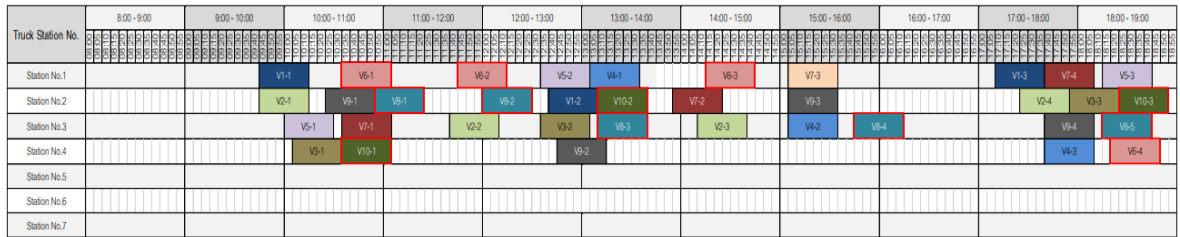
ผู้วิจัยได้จัดทำกำหนดการโดยใช้วิธีการกระจายกำหนดการตามเกณฑ์ที่ได้อธิบายก่อนหน้าและได้ใช้ MS Excel Solver ในการช่วยในการจัดเรียงกำหนดการใหม่เพื่อให้เกิดการกระจายตัวของกำหนดการรถเข้ามายังพื้นที่โรงงาน

ให้มีความเหมาะสม สอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ใช้ปฏิบัติในการรับส่งสินค้าเดิม ซึ่งทำให้การบริหารจัดการดังกล่าวไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ทำให้แผนงานดังกล่าวสามารถนำไปใช้งานได้ทันทีและเป็นการลดปัญหาความแออัดได้พร้อมกัน รูปที่ 6 และ รูปที่ 7 แสดงการกระจายตัวของกำหนดการตามแผนจัดเส้นทางการเดินทางแบบวิธี Metaheuristics LNS และการจัดการกำหนดการใหม่ตามลำดับ จากรูปจะเห็นว่า กำหนดการตามแผนจัดเส้นทางการเดินทางแบบวิธี Metaheuristics LNS ในรูปที่ 6 นั้นมีการกระจุกตัวในบางช่วงเวลาเช่น 10.00-11.00 12.00-13.00 และ 17.00-18.00

ขณะที่บางช่วงเวลานั้นไม่มีรถเข้ามาจัดส่งสินค้าเลย ซึ่งทำให้เกิดปัญหาการจัดการคนงานและรถโฟล์คลิฟท์ที่มีอยู่อย่างจำกัด ขณะที่รถที่มาจอดรอก็จะทำให้เกิดความติดขัดในพื้นที่รับส่งสินค้าซึ่งอยู่ใกล้พื้นที่การผลิตและไม่ส่งผลดีต่อการจัดการการขนส่งในพื้นที่โรงงาน การจัดการกำหนดการใหม่ดังแสดงในรูปที่ 7 สะท้อนการกระจายตัวของเข้ามาของรถขนส่งให้กระจายตัวภายใต้ระยะเวลาทำงานปกติ อีกทั้งเป็นการงานเพียง 4 สถานีโดยใช้รถโฟล์คลิฟท์ที่มีได้อย่างพอดี



รูปที่ 6 การกระจายตัวของกำหนดการตามแผนจัดเส้นทางการเดินทางแบบวิธี Metaheuristics LNS (ก่อนปรับปรุง)



รูปที่ 7 การกระจายตัวของกำหนดการตามแผนจัดเส้นทางการเดินทางแบบวิธี Metaheuristics LNS (หลังปรับปรุง)

### 5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการวิเคราะห์และปรับปรุงการขนส่งรูปแบบมิลค์รัน เพื่อลดต้นทุนจากค่าขนส่งที่มาจากกรรับสินค้าจากผู้ผลิตชิ้นส่วนจำนวน 35 แห่งในเขตพื้นที่จังหวัดระยองและจังหวัดชลบุรี ไปยังโรงงานประกอบรถยนต์ในเขตนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี ซึ่งมีค่าใช้จ่ายกว่าปีละ 21.86 ล้านบาท การศึกษาประยุกต์การจัดการเส้นทางเดินทางโดยใช้ วิธีแบบวิธีอัลกอริทึมแบบ ประหยัด (Saving Algorithm) และ วิธี Metaheuristics ด้วย VRP Spreadsheet Solver

เมื่อเปรียบเทียบด้านต้นทุนการขนส่งนั้น วิธีแบบวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) สามารถลดต้นทุนการขนส่งจากเดิม 21,859,083 บาทต่อปี เหลือ 12,769,159 บาทต่อปี ลดลง 9,089,924 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 41.58 แต่วิธี Mataheuristics LNS สามารถลดต้นทุนการขนส่งเหลือ 11,962,011 บาทต่อปี ลดลง 9,897,072 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 45.28 ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถลดต้นทุนได้มากที่สุดของงานวิจัยนี้ นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้จัดทำกำหนดการเข้ามาถึงของรถขนส่งสินค้าโดยใช้วิธีการกระจายกำหนดการณ์สอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ใช้ปฏิบัติในการรับส่งสินค้าเดิม ซึ่ง

ทำให้การบริหารจัดการดังกล่าวไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ทำให้แผนงานดังกล่าวสามารถนำไปใช้งานได้ทันที และเป็นการลดปัญหาความแออัดได้พร้อมกัน อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะต่อการวิจัยในอนาคตโดยควรจะมีการวิเคราะห์ถึงการจัดตารางเวลาที่เหมาะสมที่สุดด้วยแนวทาง Scheduling Problem ทำให้การจัดตารางการเข้าถึงของรถมีความเหมาะสมที่สุด นอกจากนั้น ควรศึกษากรณีที่ระยะเวลาในการเดินทางแต่ละเส้นทางมีความไม่แน่นอนซึ่งอาจจะเกิดจากปัญหาความติดขัด (Congestion) บนเส้นทางโดยเสนอให้มีการศึกษาในลักษณะ Stochastic VRP ที่พิจารณาถึง Stochastic Service Time และ Travel Time ซึ่งอาจจะประยุกต์ใช้แนวทางการทำแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) มาช่วยในการวิเคราะห์ต่อไป

## 6. บรรณานุกรม

- [1] นคร ไชยวงศ์ศักดิ์ และ ประเวศ อนันต์เอื้อ, “การจัดการเส้นทางการขนส่งโดยใช้วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึมและตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย กรณีศึกษาโรงงานน้ำดื่ม,” *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน*, ปีที่ 3, ฉบับที่ 1, 2558.
- [2] พลอยไพลิน ภูมิโคกรักษ์, “การพัฒนาระบบการจัดการเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง,” *วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมระบบอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี*, 2560.
- [3] นครินทร์ บิณชีร์, นันทิ สุทธิการณัญญ และ สุภมนัส ภารพบ, “การประยุกต์ใช้เทคนิคการจัดการเส้นทางการจัดตารางซ่อมบำรุงอุปกรณ์ร้านสะดวกซื้อ,” *วารสารประจำวิทยาลัยสุรนารี*, ปีที่ 12, ฉบับที่ 2, 2561.
- [4] ธภัทร ธาราศักดิ์, “การประยุกต์ใช้เทคนิคมิลค์รันในการขนส่งวัตถุดิบของบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์,” *วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, มหาวิทยาลัยบูรพา*, 2559.
- [5] ภูซังค์ เวฬุวัน และ ภาณุพงษ์ ศรีมุงกุล, “การเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดรถขนส่งสินค้าด้วยการใช้โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver กรณีศึกษา ศูนย์กระจายสินค้าในจังหวัดขอนแก่น,” *สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตขอนแก่น*, 2561.
- [6] ชินภัทร อ่อนฉิม และ นันทิ สุทธิการณัญญ, “การเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งสินค้าสำหรับศูนย์กระจายสินค้าบางนา ด้วยวิธีการจัด Routing สายรถขนส่งในกรุงเทพฯและปริมณฑล,” *บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*, 2560.
- [7] ทิพวรรณ วิริยะสทกิจ, “การลดต้นทุนการขนส่งโดยการศึกษาประยุกต์ใช้การขนส่งแบบมิลค์รัน (Milk run),” *วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, มหาวิทยาลัยบูรพา*, 2558.
- [8] วารินทร์รัตน์ รินมุกดา, ต้นติกร พิษณุพิบูล, กิติชัย ศรีสุขนาม และ อนุรักษ์ วัฒนธรรวรงค์, “การศึกษาหารูปแบบการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนค่าขนส่ง: กรณีศึกษา บริษัทขายผลไม้ ABC,” *วารสารปัญญาภิวัฒน์*, ปีที่ 8, ฉบับที่ 3, 2559.
- [9] G. Erdoğan, “An open source spreadsheet solver for vehicle routing problems,” *Computers & Operations Research*, vol 84, pp. 62-72, 2017.
- [10] P. Shaw, “Using Constraint Programming and Local Search Methods to Solve Vehicle Routing Problems,” in *CP-98 (Fourth International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming)*, 1998.