

การวิเคราะห์และพัฒนาแนวทางการขนส่งเพื่อลดต้นทุนด้านโลจิสติกส์ด้วยวิธีการค้นหาย่าน คำตอบข้างเคียงขนาดใหญ่

วารุณอร บุรณ์เจริญ¹, จันทรศิริ สิงห์เลื่อน² และ รุ่งรัตน์ ภิธัชเพ็ญ³

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

Received: 04 March 2024; Revised: 08 May 2024; Accepted: 29 May 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์และพัฒนาแนวทางการจัดการขนส่งเพื่อลดต้นทุนด้านโลจิสติกส์ให้กับบริษัทโลจิสติกส์แห่งหนึ่งซึ่งรับชิ้นส่วนยานยนต์จากโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนไปส่งยังโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ แนวทางการจัดการขนส่งที่นำเสนอเป็นการประยุกต์ใช้วิธีการแก้ปัญหาการกำหนดเส้นทางที่พิจารณาความจุรถหลายขนาดและมีการรับและส่งสินค้า (Heterogenous Fleet Capacitated Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery: HFCVRPPD) มี 3 แนวทาง ได้แก่ แนวทางที่ 1 จัดกลุ่มจุดรับสินค้าที่มีจุดส่งสินค้าเดียวกันและมีช่วงเวลาเข้ารับเดียวกัน แนวทางที่ 2 จัดกลุ่มจุดรับสินค้าที่มีจุดส่งสินค้าเดียวกันและมีช่วงเวลาเข้ารับใกล้เคียงกัน และแนวทางที่ 3 จัดกลุ่มจุดรับสินค้าที่มีจุดส่งสินค้าใกล้เคียงกันและมีช่วงเวลาเข้ารับใกล้เคียงกัน ใช้วิธีการค้นหาย่านคำตอบข้างเคียงขนาดใหญ่ (Large Neighborhood Search: LNS) ทาคำตอบพบว่า แนวทางที่ 3 สามารถลดต้นทุนโลจิสติกส์เดิมของบริษัทได้มากที่สุดคือร้อยละ 58.52 และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ความจุรถเฉลี่ยจากเดิมร้อยละ 58.07 เป็นร้อยละ 92.60

คำสำคัญ: การลดต้นทุนโลจิสติกส์, ปัญหาการกำหนดเส้นทางการเดินทางที่มีการรับและส่ง, วิธีการค้นหาย่านคำตอบข้างเคียงขนาดใหญ่

* Corresponding author. E-mail: waroonon.bo@ku.th

¹ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

³ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Analysis and Development of Transportation Approaches to Reduce Logistics Costs Using the Large Neighborhood Search Algorithm

Waroonon Booncharoen^{*1}, Chansiri Singhtaun² and Roongrat Pisuchpen³

Department of Industrial Engineering, Faculty of engineering, Kasetsart University, Bangkok 10900

Received: 04 March 2024; Revised: 08 May 2024; Accepted: 29 May 2024

Abstract

This research focuses on analyzing and developing a transportation management approach to reduce logistics costs for a logistics company. The company is responsible for transporting automotive components from component manufacturers to automotive assembly plants. The proposed transportation management approach addresses the Heterogeneous Fleet Capacitated Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery (HFCVRPPD). Three approaches were considered. Approach 1 involves grouping pickup points with common delivery points and synchronized pickup times. Approach 2 entails grouping pickup points with common delivery points and closely scheduled pickup times. Approach 3 involves grouping pickup points with proximate delivery points and closely scheduled pickup times. The Large Neighborhood Search (LNS) algorithm is utilized to find solutions. The findings reveal that the third approach provides the most significant reduction in logistics costs for the company, achieving a 58.52% reduction. Additionally, it improves the average vehicle capacity utilization efficiency from the original 58.07% to 92.60%.

Keywords: logistics cost reduction, vehicle routing problem with pickup and delivery, large neighborhood search algorithm

* Corresponding author. E-mail: waroonon.bo@ku.th

¹ Graduate Program in Engineering Management, Department of Industrial Engineering, Faculty of engineering, Kasetsart University

² Associate Professor in Department of Industrial Engineering, Faculty of engineering, Kasetsart University

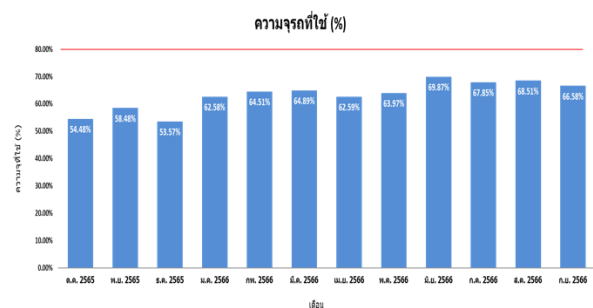
³ Associate Professor in Department of Industrial Engineering, Faculty of engineering, Kasetsart University

1. บทนำ

การขนส่งชิ้นส่วนของโลจิสติกส์ยานยนต์ของประเทศไทยในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นการจัดส่งแบบทันเวลาพอดี คือ จะมีการไปรับชิ้นส่วนจากโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนเพื่อส่งไปยังโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์เมื่อโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ต้องการใช้ในการผลิต เนื่องจากช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการดูแลจัดเก็บชิ้นส่วน หลีกเลี่ยงเงินทุนไปจมกับชิ้นส่วนและช่วยลดภาระในการก่อสร้างคลังชิ้นส่วนขนาดใหญ่ให้กับโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ นอกจากนี้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในด้านโลจิสติกส์อุตสาหกรรมยานยนต์และโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนได้ประสานงานกันเพื่อให้มีการจัดส่งในรูปแบบ Milk Run คือ โรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์มักจะใช้บริการบริษัทโลจิสติกส์เพื่อส่งรถบรรทุกไปรับชิ้นส่วนจากหลายโรงงานผลิตชิ้นส่วนในเขตพื้นที่ต่าง ๆ ซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่าที่โรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนแต่ละรายจัดส่งเอง

บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทโลจิสติกส์ที่ดำเนินธุรกิจรับจ้างขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์จากโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนไปยังโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยใช้รถบรรทุกในการขนส่งสินค้าเป็นหลัก และเส้นทางการเข้ารับสินค้าแบ่งตามภูมิภาคเป็น 5 เขต เขตพื้นที่ที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา, นครราชสีมา, ปทุมธานี, เขตภาคกระบัง กรุงเทพมหานคร, และ เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร เป็นเขตที่มีการขนส่งสินค้าสูงสุด มีจำนวนโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนในเขตพื้นที่นี้มากที่สุด คือ 69 ราย จัดส่งให้กับโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์จำนวน 4 ราย โดยบริษัทจะได้รับข้อมูลปริมาณสินค้าที่ต้องทำการเข้ารับสินค้าจากโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนเพื่อทำการจัดส่งไปยังโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์เป็นรายไตรมาส บริษัทจะต้องสร้างแผนการจัดส่งสินค้ารายวันและคำนวณค่าใช้จ่ายในการขนส่งเสนอไปยังโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยต้องการแผนการจัดการขนส่งที่มีต้นทุนน้อยที่สุดเพื่อให้มีโอกาสนำเสนอราคาที่ต่ำกว่าบริษัทโลจิสติกส์อื่นและได้รับการคัดเลือก หรือเพิ่มกำไรให้กับบริษัทในกรณีที่บริษัทสามารถเสนอราคาได้ตามที่ตั้งเป้าหมายไว้ การจัดทำแผนการจัดการขนส่งในปัจจุบันแผนกประสานงานลูกค้าจะนำข้อมูลความต้องการขนส่งมากระจายเป็นรายวัน

จากนั้นจัดแนวทางการขนส่ง โดยพิจารณาจุดรับสินค้าจากโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนล่วงหน้านับจากวันกำหนดส่งสินค้าของโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ 1 วัน จากนั้นเรียงลำดับจุดรับสินค้า จากกำหนดเวลาการรับสินค้าเร็วที่สุดไปยังช้าที่สุด โดยแยกตามโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ที่ต้องไปส่ง และแบ่งกลุ่มจุดรับสินค้าตามช่วงเวลาการจัดส่งเป็น 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงเช้า ช่วงกลางวัน ช่วงเย็น และช่วงกลางคืน ทำการจองรถเข้ารับสินค้าตามปริมาณสินค้าที่ต้องเข้ารับสินค้าที่กำหนดจากนั้นนำสินค้าส่งไปยังโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์โดยการจัดเส้นทางดำเนินการจัดโดยจัดเส้นทางขนส่งจุดใกล้กันไปด้วยกัน และไม่มีการข้ามช่วงเวลา หากจุดรับสินค้าใกล้กันแต่ไม่มีช่วงเวลาที่สามารถไปด้วยกันได้จะดำเนินการจองรถคันถัดไปเพื่อให้เข้ารับสินค้าทันที จากแนวทางการจัดการขนส่งปัจจุบันบริษัทพบว่าประสิทธิภาพการใช้ความจุรถ (Efficiency of Vehicle Capacity Utilization) ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ.2565 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ.2566 แสดงดังรูปที่ 1 ต่ำกว่าระดับเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 80 เปอร์เซ็นต์ ในทุกเดือน



รูปที่ 1 ประสิทธิภาพการใช้ความจุรถตามแนวทางการจัดการขนส่งปัจจุบัน

บริษัทกรณีศึกษาต้องการลดต้นทุนการจัดส่งสินค้าโดยมุ่งเน้นการใช้ความจุรถให้เต็มที่มากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเสนอแนวทางในการจัดการขนส่งด้วยการประยุกต์ใช้ตัวแบบปัญหาการกำหนดเส้นทางการขนส่งแบบที่มีการรับและส่งสินค้า เนื่องจากเป็นตัวแบบปัญหาที่มุ่งเน้นให้เกิดการรวบรวมปริมาณสินค้าจากจุดรับให้ได้ปริมาณมากขึ้นก่อนส่งไปยังจุดส่งสินค้า โดยจะพิจารณาแนวทางการรวบรวมปริมาณสินค้าจากจุดรับและจุดส่งหลากหลายรูปแบบ เพื่อให้

เกิดการขนส่งสินค้าแต่ละรอบในปริมาณที่มากขึ้น และสามารถลดต้นทุนโลจิสติกส์ได้มากที่สุด

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อนำเสนอวิธีการหรือแนวทางในการจัดการระบบการขนส่งของบริษัทกรณีศึกษา ได้แก่ การเลือกรูปแบบการขนส่ง การเลือกใช้รถแต่ละประเภท การกำหนดเส้นทางการขนส่ง เพื่อให้ต้นทุนขนส่งต่ำที่สุด โดยวิธีการ Large Neighborhood Search

2.2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ความจุรถขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักการ ทฤษฎี และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย นำมาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาในงานวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ประเภทของปัญหาการขนส่ง

Dantzig & Ramser [1] เสนอปัญหาการกำหนดเส้นทางการขนส่ง (Vehicle Routing Problem: VRP) ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งเมื่อปี ค.ศ. 1959 มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเส้นทางที่เหมาะสมของรถบรรทุกน้ำมันเบนซินระหว่างท่าเทียบเรือสินค้ากับสถานีบริการโดยใช้ในการค้นหาเส้นทางจากคลังสินค้าไปยังพื้นที่การจัดส่งสินค้าหลายที่โดยใช้ระยะทางรวมที่สั้นที่สุด หลักการคือ มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดอยู่ที่จุดเดียวกัน พิจารณาถึงเงื่อนไขหรือข้อจำกัดต่าง ๆ ซึ่ง ต่อมาในปี ค.ศ. 1964 Clarke & Wright [2] ได้นำเสนอปัญหา VRP ในการสร้างกำหนดการและวางแผนการจัดส่งรถยนต์จากศูนย์กลางไปยังจุดส่งหลายจุด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการการจัดส่งเน้นการจัดส่งจากศูนย์กลางไปยังจุดส่งหลายจุด มีหลักการในการรวมเส้นทางคือการรวมจุดส่งสินค้าเข้าในเส้นทางเดียวกันโดยนำจุดส่งสินค้าของลูกค้ารายที่ 1 เข้าร่วมกับจุดส่งสินค้ารายถัดไปเป็นเส้นทางหลักสายเดียวกันทำให้ระยะทางในการจัดส่งสินค้าสั้นลง อีกทั้งยังพัฒนาการคิดคำนวณน้ำหนักบรรทุกในลักษณะที่สินค้าทั้งหมดที่ได้รับมอบหมายไปจะต้องครอบคลุมระยะทางให้น้อยที่สุดเพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการจัดส่งสินค้า ต่อมาผู้วิจัยได้พัฒนาปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาขึ้นอย่างแพร่หลายและมี

ความซับซ้อนของปัญหามากขึ้น แบ่งประเภทตามลักษณะเฉพาะของตัวปัญหาไว้ดังต่อไปนี้ [3]

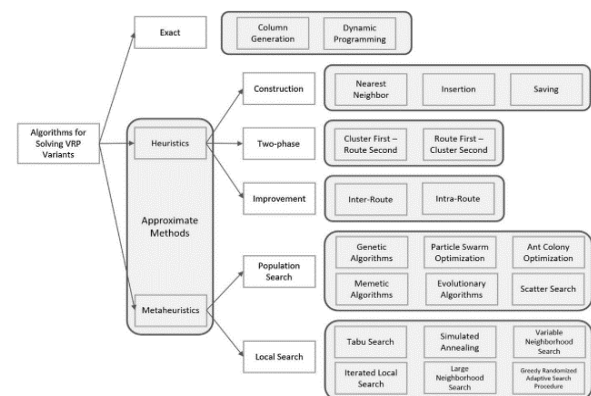
ปัญหาการกำหนดเส้นทางแบบพิจารณาความจุของรถ (The Capacitated VRP: CVRP) เป็นรูปแบบปัญหาที่คำนึงถึงปริมาณสินค้าที่รถบรรทุกสามารถบรรทุกได้ รถบรรทุกสินค้าทุกคันต้องออกจากคลังสินค้าและกลับมายังคลังสินค้าเดิมทุกครั้ง มีเงื่อนไขในการแก้ไขปัญหาคือความสัมพันธ์ระหว่างความจุของรถทุกคันต้องไม่เกินความสามารถในการบรรทุกสูงสุด

ปัญหาการกำหนดเส้นทางที่มีกรอบเวลาในการรับสินค้า (VRP with Time Window: VRPTW) เป็นรูปแบบปัญหาที่เพิ่มเงื่อนไขเกี่ยวกับระยะเวลาที่ลูกค้ากำหนดให้มีการส่งสินค้าภายใต้กรอบเวลา (Time Window) [4]

ปัญหาการกำหนดเส้นทางที่มีการแบ่งรับสินค้าที่ละส่วน (Split Delivery VRP: SDVRP) เป็นรูปแบบปัญหาที่ปลายทางการขนส่งสามารถรับสินค้าได้มากกว่า 1 ครั้งในแต่ละวันเนื่องจากปริมาณสินค้าที่ต้องจัดส่งเกินความจุของรถที่ใช้ทำให้ต้องส่งสินค้ามากกว่า 1 เที่ยวต่อวัน [5]

ปัญหาการกำหนดเส้นทางที่มีการรับและส่งสินค้า (VRP with Pick Up and Delivery: VRPPD) เป็นรูปแบบปัญหาที่เมื่อรถบรรทุกทำการรับสินค้าจากจุดรับแล้ว จะต้องไปส่งสินค้ายังลูกค้าเป้าหมายที่ต้องการที่กำลังบรรทุกอยู่ก่อนที่จะไปรับสินค้าที่ลูกค้ารายอื่นได้โดยปัญหาในการจัดส่งสินค้าครั้งหนึ่ง นอกจากจะระบุถึงจุดรับและจุดส่งสินค้าจำนวนเที่ยวในการรับและส่งสินค้าแล้วอาจจะระบุเวลาในการรับส่งสินค้าอีกด้วย

3.2 วิธีการแก้ปัญหา VRP



รูปที่ 2 การจัดหมวดหมู่อัลกอริทึมสำหรับปัญหา Vehicle Routing Problem (VRP)

Konstantakopoulos et al. [6] อธิบายว่า Lin et al. [7] และ Labadie et al. [8] นำเสนอการจัดหมวดหมู่ อัลกอริทึมที่ถูกนำมาใช้ในปัญหา VRP ดังแสดงในรูปที่ 2

วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Algorithm) เป็น การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แทนปัญหา VRP ที่มี ฟังก์ชันวัตถุประสงค์และเงื่อนไขการขนส่งที่สอดคล้องตาม ปัญหาจริงที่ต้องการแก้ไข จากนั้นเลือกใช้วิธีการหาคำตอบที่ ดีที่สุดที่เหมาะสมกับประเภทของแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์มาทำการแก้ปัญห เนื่องจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ของปัญหา VRP โดยทั่วไปจัดเป็นปัญหา กำหนดการเชิงจำนวนเต็ม (Integer Programming Problems) จึงมีวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด ได้แก่ วิธีการแตก กิ่งและจำกัดขอบเขต (Branch and Bound Algorithm) คอลัมน์เจเนอเรชัน (Column Generation) และไดนามิก โปรแกรมมิ่ง (Dynamic Programming) เป็นต้น แม้ว่าจะ วิธีการนี้จะให้คำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) แต่ วิธีการนี้มีข้อจำกัดด้านเวลาในการหาคำตอบเมื่อปัญหามี ขนาดใหญ่

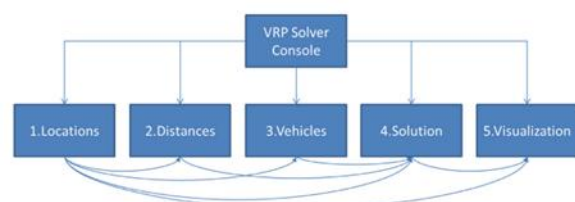
วิธีการฮิวริสติก (Heuristic Algorithm Optimization) ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาขนาดใหญ่และมีความซับซ้อน ซึ่งในบางครั้งปัญหาการตัดสินใจที่กำลัง พิจารณานั้นอาจไม่สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์ได้เพราะว่าปัญหานั้นมีตัวแปรและเงื่อนไขใน การตัดสินใจที่มีความซับซ้อนมาก วิธีการฮิวริสติกสร้างขึ้นเพื่อใช้ ในการหาคำตอบของแต่ละปัญหาเท่านั้น ดังนั้น วิธีการฮิวริสติกที่ สามารถหาคำตอบสำหรับปัญหาหนึ่งจึงไม่สามารถนำไปใช้ หาคำตอบของอีกปัญหาหนึ่ง ในภายหลังวิธีการฮิวริสติกจึงถูก พัฒนาให้มีความยืดหยุ่น รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมาก ยิ่งขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ Construction Two-phase และ Improvement

วิธีเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) เป็นวิธีการที่ นิยมใช้ในการแก้ปัญหาที่ไม่เป็นโพลิโนเมียล เช่น ปัญหาการ เลือกสถานที่ตั้ง ปัญหาการกำหนดเส้นทางการขนส่งและ ปัญหาการจัดตารางการผลิต ซึ่งเป็นการยากที่จะหาคำตอบที่ เหมาะสมที่สุด (NP-hard) โดยเฉพาะถ้าปัญหานั้นมีขนาด ใหญ่ มีอิสระในการออกแบบการแก้ปัญหา และมุ่งเน้น คำตอบที่สามารถยอมรับได้ในเวลาไม่มากนัก แต่จะมีความ

แตกต่างกับวิธีฮิวริสติกในการนำไปใช้เนื่องจากวิธีเมตาฮิวริ สติกนั้นจะเป็นแนวคิดกว้าง ๆ ในการหาคำตอบ

การจัดเส้นทางด้วยวิธี Large Neighborhood Search : LNS เป็นการหาเส้นทางการเดินรถโดยการค้นหา เฉพาะที่ (Local Search) แบบวนซ้ำและใช้ Genetic Algorithm (GA) เป็นกลไกในการค้นหาคำตอบ วิธี LNS ได้มี การเสนอครั้งแรกโดย Shaw [9] ซึ่งใช้วิธีการทำลายและ สร้างใหม่ (Destroy and Repair method) โดยกระบวนการ ทำลายเป็นการแยกจุดรับส่งเดิมออกจากวงรอบที่เคยสร้างไว้ และการซ่อมเป็นการนำจุดดังกล่าวไปรวมกับวงรอบข้างเคียง แล้วทำการประเมินผลลัพธ์ที่จะต้องอยู่ภายใต้ข้อจำกัดที่ กำหนดไว้ โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้ VRP Spreadsheet Solver

โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver เป็น เครื่องมือที่ใช้ใน Excel ที่เปิดเผยโค้ด (Open Source) พัฒนาขึ้นโดย Erdoğan [10] ในปี ค.ศ. 2013 เพื่อแก้ปัญหา VRP ในหลากหลายประเภทวัตถุประสงค์เพื่อนำมา ประยุกต์ใช้กับระบบการเส้นทางการขนส่งในบริษัทขนาด กลางและขนาดเล็ก และต้องการแก้ปัญหาที่การพัฒนา ซอฟต์แวร์ทางวิชาการและบริษัทซอฟต์แวร์ต่าง ๆ มักใช้ ภาษาทางคอมพิวเตอร์ที่ยาก ปกปิดโค้ดเพื่อการตลาดทำให้ บริษัทที่นำไปใช้งานไม่สามารถพัฒนาต่อยอดโปรแกรมให้ สอดคล้องกับเงื่อนไขการขนส่งของบริษัทได้ การติดตั้ง ซอฟต์แวร์มีค่าใช้จ่ายสูง และมีระยะเวลาการใช้งาน โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver สามารถติดตั้งเป็น เครื่องมือ (Add-in tools) ในโปรแกรม Excel ซึ่งจะทำให้การ สร้างแผ่นงาน (Spreadsheet) ขั้นตอนละ 1 แผ่นงาน จำนวน 6 แผ่นงาน ตามขั้นตอนการแก้ปัญหา ดังแสดงในรูป ที่ 3



รูปที่ 3 โครงสร้างแผ่นงานโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver [11]

ขั้นตอนการใช้งานเริ่มต้นจากการกรอกรายละเอียดการขนส่งจากแผ่นงาน VRP Solver Console จากนั้นกดปุ่มสร้างตำแหน่งที่ตั้งของลูกค้าในแผ่นงาน Location ผ่านการกรอกข้อมูลละติจูดลองจิจูดของลูกค้า จากนั้นสร้างแผ่นงานระยะทางระหว่างลูกค้าซึ่งโปรแกรมจะทำการดึงระยะทางจาก Bingmap อัตโนมัติ ขั้นตอนถัดมาคือการสร้างแผ่นงาน Vehicles ซึ่งเป็นแผ่นงานให้กรอกรายละเอียดเกี่ยวกับรถจากนั้น แผ่นงาน Solution จะสร้างขึ้นเพื่อแสดงคำตอบในรูปแบบตารางเวลาการเดินทางและเส้นทางการเดินทางแต่ละคันที่ถูกเลือกใช้ และแสดงผลในรูปแบบแผนที่และเส้นทางการขนส่งในแผ่นงาน Visualization โปรแกรมได้พัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อปรับปรุงการสร้างเงื่อนไขต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับปัญหาจริงมากยิ่งขึ้น โดยในปี ค.ศ. 2017 Erdoğan [11] ได้ทดสอบโปรแกรมผ่านการทดลองใช้กับตัวอย่างข้อมูลจริงและเปรียบเทียบผลการทดลองกับโปรแกรมและอัลกอริทึมต่าง ๆ พร้อมอธิบายวิธีการกรอกข้อมูลและวิธีการใช้งานโปรแกรมนี้อย่างละเอียดจากผลการทดลองพบว่าโปรแกรมมีประสิทธิภาพให้คำตอบที่ดีเทียบเท่ากับวิธีเมตาฮิวริสติกส์ โดยสามารถแก้ปัญหาขนาดลูกค้า 200 ลูกค้าภายในระยะเวลา 1 ชั่วโมง

Sindhuchao [12] พิจารณาระบบการรวมกันของสินค้าที่ไม่เหมือนกัน และมีความต้องการที่ไม่คงที่และไม่นั่นนอนของลูกค้าและมีข้อจำกัดด้านความจุของรถประเภทต่าง ๆ รวมถึงระยะทางในการจัดส่งสินค้า ใช้ฮิวริสติกโดยใช้แนวคิด Distance Sum ร่วมกับการใช้ LNS เพื่อปรับปรุงขั้นตอนการคิด เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Greedy randomized adaptive search procedure (GRASP) ที่ไม่ได้นำ LNS มาปรับปรุงคำตอบกับ GRASP ที่นำ LNS มาปรับปรุงคำตอบ ผลการวิจัยพบว่า GRASP ที่มี LNS ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า

งานวิจัยด้านการจัดเส้นทางขนส่งโดยพิจารณาความจุรถหลายขนาดและมีการรับและส่งสินค้ายังมีไม่มาก Belfiore & Yoshizaki [13] ทำการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าแบบแบ่งส่งสินค้าและมีรถหลายขนาดให้กับบริษัทแห่งหนึ่งโดยใช้วิธี Scatter Search โดยสามารถทำการค้นหาคำตอบแบบหลายจุดได้พร้อมกัน และได้คำตอบที่ดีที่สุด

Mungwattana & Manisri [14] ประยุกต์ใช้ขั้นตอนการหาผลเฉลยโดยใช้วิธีการค้นหาแบบทาบู่ ซึ่งวิธีทาบู่สามารถยอมรับคำตอบที่ยังไม่มีการพัฒนา พบว่าเหมาะกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อน นอกจากนี้ Veluwan & Srimungkul [15] ทำการศึกษาเพื่อลดต้นทุนการขนส่งสินค้า ทำการศึกษารูปแบบการจัดเส้นทางของศูนย์กระจายสินค้า โดยในละวันมีคำสั่งซื้อที่ไม่แน่นอนแต่มีการแจ้งยอดล่วงหน้า นำโปรแกรมจัดรถขนส่ง VRP Spreadsheet Solver มาพัฒนาการจัดเส้นทางการเดินทางให้มีประสิทธิภาพและลดต้นทุนการขนส่งโดยมีเป้าหมายในการทำให้ระยะทางในการเดินทางมีจำนวนน้อยลงเพื่อทำให้ต้นทุนในการขนส่งสินค้าถูกลงไป Kunwimol & Jansuwan [16] ศึกษาการจัดเส้นทางเดินทางขนส่งรูปแบบมิลค์รันและการจัดการกำหนดการรับสินค้ากรณีศึกษา การส่งชิ้นส่วนโรงงานประกอบรถยนต์แบบทันเวลาพอดี ABC เป็นการวิเคราะห์และปรับปรุงการขนส่งรูปแบบมิลค์รันของโรงงานประกอบรถยนต์แบบทันเวลาพอดีที่ เพื่อลดต้นทุนจากค่าขนส่งที่มาจากกรับสินค้าจากผู้ผลิตชิ้นส่วนจำนวน 35 แห่ง ไปยังโรงงานประกอบรถยนต์วิเคราะห์จากข้อมูลความต้องการชิ้นส่วนเพื่อการผลิตรถยนต์รายวันมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณสินค้าที่ต้องขนส่งและออกแบบเส้นทางขนส่งโดยใช้หลักการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (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 ร้อยละ 41.6 ขณะที่วิธี Metaheuristics สามารถลดต้นทุนร้อยละ 45.28 ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถลดต้นทุนได้มากที่สุด

ในงานวิจัยนี้มีขนาดของปัญหา 69 ปัญหาจึงใช้วิธีการแก้ไขปัญหาโดยวิธี Heuristic แบบ Cluster First Route Second ใช้วิธีการแบ่งกลุ่มการจัดส่งตามปริมาตรของสินค้าที่ต้องเข้ารับที่โรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนและจัดส่งไปยังอุตสาหกรรมยานยนต์นำมาจัดเส้นทางขนส่งโดยวิธี

Large Neighborhood Search ด้วยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver

4. วิธีการวิจัย

4.1 เก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งของบริษัท ได้แก่ ข้อมูลปริมาณการขนส่ง ที่ตั้งโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วน ที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ ช่วงเวลาเข้ารับและส่งสินค้า โดยข้อมูลการขนส่งจะเป็นรายไตรมาส

4.1.1 ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมด 4 ไตรมาส จำนวน 12 เดือน ของเขตพื้นที่การขนส่งที่ 1 เนื่องจากเป็นเขตพื้นที่ที่มีการขนส่งสินค้ามากที่สุดของบริษัทกรณีศึกษา

4.1.2 เก็บรวบรวมข้อมูลที่จัดรับส่งสินค้าที่อยู่ในเขตพื้นที่การขนส่งที่ 1 ทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยที่ตั้งของโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนซึ่งจะเป็นจุดไปรับสินค้าจำนวน 69 ราย และ โรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ซึ่งจะเป็นจุดส่งสินค้าจำนวน 4 ราย

4.1.3 ปริมาณสินค้า คำนวณปริมาณสินค้าที่ต้องส่งไปยังโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์เป็นรายวัน โดยนำข้อมูลปริมาณสินค้าแต่ละไตรมาส หารด้วยจำนวนวันทำงาน

4.1.4 การขนส่งแบ่งช่วงเวลาเป็น 4 ช่วงเวลา ดังตารางที่ 1 และเวลาในการโหลดสินค้าขึ้นลง 30 นาที

ตารางที่ 1 ช่วงเวลาในการเข้าส่งสินค้า

ช่วงเวลา	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
เช้า	07.00 น.	12.59 น.
กลางวัน	13.00 น.	18.59 น.
เย็น	19.00 น.	23.59 น.
กลางคืน	00.00 น.	06.59 น.

4.1.5 เก็บรวบรวมข้อมูลรถขนส่งและปริมาตรความจุรถขนส่งแต่ละประเภทของกรณีศึกษา ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาตรความจุรถขนส่งแต่ละประเภท

ประเภทรถ	สัญลักษณ์	จำนวนรถ (คัน)	ปริมาตร (ลบ.ม.)
รถ 4 ล้อ	4W	4	2.46
รถ 6 ล้อ	6W	35	29.48
รถ 6 ล้อ ช่วงยาว	6W-LWS	6	34.39

ประเภทรถ	สัญลักษณ์	จำนวนรถ (คัน)	ปริมาตร (ลบ.ม.)
รถ 10 ล้อ	10W	10	29.48
รถพ่วงแม่-ลูก	FTL	8	58.95
รถหัวลากตู้คอนเทนเนอร์	STL	1	49.13

4.1.6 ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าแบ่งออกเป็น ค่าใช้จ่ายคงที่ ซึ่งคำนวณจาก ค่ารถขนส่งสินค้า ค่าผู้ขนส่งสินค้า ค่าทางพ่วงตู้สินค้า ค่า GPS ติดตามรถ ค่าประกันภัยรถ ค่าประกันภัยสินค้าและ ค่าใช้จ่ายผันแปร ประกอบด้วย ค่าน้ำมันต่อกิโลเมตรของรถแต่ละประเภท ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า

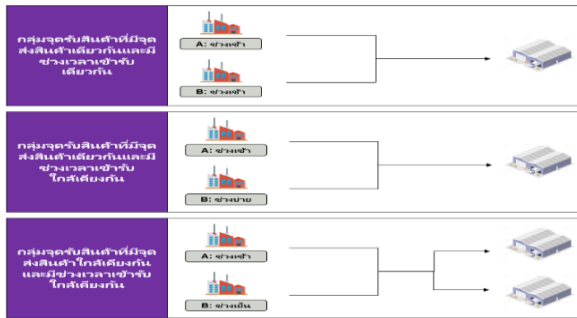
ประเภทรถ	ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท/รอบ)	ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาท/กม.)
รถ 4 ล้อ	809.78	7.19
รถ 6 ล้อ	2,505.25	6.45
รถ 6 ล้อ ช่วงยาว	3,072.90	6.71
รถ 10 ล้อ	3,422.04	10.91
รถพ่วงแม่-ลูก	3,343.23	7.21
รถหัวลากตู้คอนเทนเนอร์	3,894.94	7.21

แนวทางการจัดส่งสินค้าในงานวิจัยนี้จะเป็นการพิจารณาการจัดกลุ่มจุดรับและจุดส่งที่แตกต่างกัน เงื่อนไขที่นำมาพิจารณาในการจัดกลุ่ม คือ ช่วงเวลาในการรับ-ส่งสินค้า อ้างอิงจากช่วงเวลาเดิมของบริษัท ดังตารางที่ 1 และที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ (จุดส่งสินค้า)

จุดส่งสินค้า	จังหวัดที่ตั้ง
G	ฉะเชิงเทรา
K	ระยอง
I	กรุงเทพฯ
S	สมุทรปราการ

เมื่อนำมาพัฒนาแนวทางในการจัดส่งสินค้าออกเป็น 3 แนวทาง แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แนวทางการจัดส่งสินค้า

แนวทางที่ 1 จัดกลุ่มจุดรับสินค้าที่มีจุดส่งสินค้าเดียวกันและมีช่วงเวลาเข้ารับเดียวกัน โดยแบ่งช่วงเวลาเป็น 4 ช่วงเวลา ตามตารางที่ 1

แนวทางที่ 2 จัดกลุ่มจุดรับสินค้าที่มีจุดส่งสินค้าเดียวกันและมีช่วงเวลาเข้ารับใกล้เคียงกัน โดยจัดกลุ่มช่วงเวลาใกล้เคียงกันในการไปรับสินค้าเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเช้า-บ่าย และ ช่วงเย็น-กลางคืน เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวสามารถเข้าส่งสินค้าได้ในทันทีโดยไม่ต้องมีเวลารอคอยการจัดส่งสินค้า

แนวทางที่ 3 จัดกลุ่มจุดรับสินค้าที่มีจุดส่งสินค้าใกล้เคียงกันและมีช่วงเวลาเข้ารับใกล้เคียงกัน โดยจัดกลุ่มแบ่งช่วงเวลาใกล้เคียงกันในการไปรับสินค้าเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเช้าและเย็น และ ช่วงบ่ายและกลางคืน อีกทั้งจัดกลุ่มจุดส่งใกล้เคียงกันตามตำแหน่งที่ตั้งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 โรงงาน G กับ โรงงาน K และ กลุ่มที่ 2 โรงงาน I กับ โรงงาน S เนื่องจากช่วงระยะเวลาในการรอคอยสามารถนำมาเป็นเวลาในการเดินทางไปยังจุดถัดไปได้ ทำให้ไม่เกิดการรอคอยเกิดขึ้น

4.2 การประยุกต์ใช้โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver สำหรับปัญหา HFCVRPPD

เนื่องจากโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver พัฒนาขึ้นเพื่อใช้กับปัญหา Heterogenous Fleet CVRP ซึ่งมีการนำขนาดความจุรถหลายขนาดมาพิจารณา โดยรถจะเดินทางออกจากจุดเริ่มต้นไปรับหรือส่งสินค้าที่จุดต่าง ๆ แล้วเดินทางกลับมาที่จุดเริ่มต้นอีกครั้งหนึ่งโดยไม่ต้องพิจารณาเงื่อนไขลำดับที่จะต้องไปรับสินค้าตามที่กำหนดก่อนที่จะไป

ส่งที่จุดส่งสินค้าได้ แต่การขนส่งแบบ HFCVRPPD รถขนส่งจะไปรับสินค้าที่จุดต่าง ๆ เพื่อไปยังจุดปลายทางที่ถูกระบุไว้ให้เรียบร้อยแล้วกลับสู่จุดเริ่มต้น ดังนั้นในการใส่ข้อมูลในโปรแกรมจึงมีการดัดแปลงให้สอดคล้องกับเงื่อนไขดังนี้

แนวทางที่ 1 จัดกลุ่มจุดรับสินค้าที่มีจุดส่งสินค้าเดียวกันและมีช่วงเวลาเข้ารับเดียวกัน ในส่วนของการเข้ารับสินค้า จุดเริ่มต้นคือบริษัทการศึกษา โดยมีจุดเข้ารับสินค้าที่มีช่วงเวลาเดียวกันทั้งหมด และหลังจากได้เส้นทางการเข้ารับสินค้าแล้ว ทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจุดเริ่มต้นเป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนสุดท้ายที่เข้ารับสินค้า และคำนวณเส้นทางการส่งไปยังโรงงานอุตสาหกรรมอีกครั้ง

แนวทางที่ 2 จัดกลุ่มจุดรับสินค้าที่มีจุดส่งสินค้าเดียวกันและมีช่วงเวลาเข้ารับใกล้เคียงกัน ในส่วนของการเข้ารับสินค้า จุดเริ่มต้นคือบริษัทการศึกษา โดยมีจุดเข้ารับสินค้าช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันในการไปรับสินค้า และหลังจากได้เส้นทางการเข้ารับสินค้าแล้ว ทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจุดเริ่มต้นเป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนสุดท้ายที่เข้ารับสินค้า และคำนวณเส้นทางการส่งไปยังโรงงานอุตสาหกรรมอีกครั้ง

แนวทางที่ 3 จัดกลุ่มจุดรับสินค้าที่มีจุดส่งสินค้าใกล้เคียงกันและมีช่วงเวลาเข้ารับใกล้เคียงกัน จุดเริ่มต้นคือบริษัทการศึกษา โดยจุดเข้ารับสินค้าจะถูกกลุ่มในช่วงเช้าและเย็น และ ช่วงบ่ายและกลางคืน และหลังจากได้เส้นทางการเข้ารับสินค้าแล้ว ทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลโดยจุดเริ่มต้นเป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนสุดท้ายที่เข้ารับสินค้า และคำนวณเส้นทางการส่งไปยังโรงงานอุตสาหกรรมอีกครั้ง โดยจุดส่งสินค้าเป็น 2 เส้นทาง

ในการกำหนดค่าต่าง ๆ สำหรับโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver จะกำหนดให้ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และข้อจำกัดในการขนส่งของบริษัท กำหนดจำนวนลูกค้าเท่ากับ 69 ราย และเลือกไปรับสินค้าตามรอบการขนส่งที่พิจารณา ระยะทางกำหนดเป็นระยะทางจริงที่ได้จาก Bing Map เลือกใช้เส้นทางที่สั้นที่สุดเพื่อให้ต้นทุนผันแปรที่แปรผันตามระยะทางการเดินทางมีค่าน้อยที่สุด เลือกใช้ความเร็วรถเฉลี่ย ที่ 80 กม.ต่อชั่วโมง เนื่องจากเป็นความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางที่กำหนดสำหรับทางหลวงชนบทและเป็นข้อกำหนดของบริษัทการศึกษา ระยะเวลาในการขับรถของ

พนักงานไม่เกิน 8 ชั่วโมงต่อวันไม่รวมช่วงเวลาพักเบรก และระยะทางต่อรอบของการเข้ารับและส่งสินค้าไม่เกิน 560 กิโลเมตรต่อเส้นทางการเดินทาง เนื่องจากเป็นข้อกำหนดของด้านความปลอดภัยของบริษัทประกันภัยศึกษา ซึ่งบริษัทประกันภัยศึกษาที่มีรถทั้งหมด 6 ประเภท แต่ละประเภทมีจำนวนแตกต่างกันดังตารางที่ 2 ในแต่ละรอบการขนส่งไม่จำเป็นต้องใช้รถทั้งหมด และรถไม่จำเป็นต้องกลับมาที่บริษัทเพื่อให้จุดสิ้นสุดการขนส่งคือจุดสุดท้ายในรับชิ้นส่วน ก่อนจะนำระยะทางจากจุดรับชิ้นส่วนสุดท้ายไปยังจุดส่งชิ้นส่วนมารวมในภายหลัง โรงงานผลิตชิ้นส่วนไม่ได้กำหนดกรอบเวลาในการรับสินค้าที่เข้มงวด เพียงแต่ต้องแจ้งเวลาที่จะเข้าไปรับสินค้าล่วงหน้า 1 วัน ดังนั้นเลือก จึงเลือก Time window type แบบ Soft เวลาเริ่มงาน คือ 00.00 น. เนื่องจากเวลาการทำงานของโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนมีเวลาเป็น 24 ชั่วโมง โดยในการกำหนดค่าต่าง ๆ แสดงได้ดังรูปที่ 5

Sequence	Parameter	Value	Remarks
0.Optional - GIS License			
	Bing Maps Key		https://www.bingmapsportal.com/ You can get a free key at https://www.bingmapsportal.com/
1.Locations			
	Number of customers	35	[10,200]
	Pickup / Delivery?	Pickup	
2.Distances			
	Distance / duration computation	Bing Maps	The distance unit is km for 'Geodesic Approximation' and 'Bing Maps'
	Bing Maps route type	Shortest	Recommendation: use Fastest
	Average vehicle speed	50	Not used for the 'Bing Maps' option
3.Vehicles			
	Number of vehicle types	6	Heterogeneous VRP if greater than 1
4.Solution			
	All vehicles must be used?	No	Flexible fleet / fleet mix if 'No'
	Vehicles must return to the depot?	Yes	Open VRP if no return
	Time window type	Soft	
	Work start time	0:00	[00:00,23:59]
	Driving time limit	8:00	
	Working time limit	10:00	
	Distance limit	560	Positive
5.Optional - Visualization			
	Visualization background	Bing Maps	
	Location labels	Location (Id)	
6.Solver			
	Warm start?	Yes	
	CPU time limit (seconds)	60	Recommendation: At least 60 seconds.
	LNS minimum removal rate	1%	[5%, 50%]
	LNS maximum removal rate	40%	[5%, 50%]
	LNS candidate list size	7	[1, 5]
	Random number seed	123456789	[1,2147483647]

รูปที่ 5 ค่าที่กำหนด VRP Spreadsheet Solver

4.3 ตั้งค่าพารามิเตอร์ของวิธี LNS ในโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver

พารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อคุณภาพคำตอบของวิธี LNS ที่นำมาพิจารณา มี 2 พารามิเตอร์ ได้แก่

1. จำนวนจุดรับส่งที่จะถูกปรับเปลี่ยนให้เข้าและออกจากกลุ่มรถแต่ละคัน ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ในกระบวนการทำลายและรับเข้าในกระบวนการสร้างใหม่
2. จำนวนกลุ่มลูกค้า ซึ่งเป็นบริเวณย่านใกล้เคียงที่จะนำมาพิจารณา โดยจะทำการปรับเปลี่ยนจุดลูกค้าไต่ระดับจากค่าต่ำสุดของพารามิเตอร์ไปยังค่าสูงสุดของพารามิเตอร์

วนซ้ำจนกว่าจะครบทุกระดับของพารามิเตอร์ที่ตั้งค่าไว้หรือถึงกำหนดระยะเวลาการคำนวณที่กำหนดไว้

ทำการตั้งค่าระดับพารามิเตอร์ของวิธี LNS ในโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver โดยตั้งระดับต่ำสุดและสูงของพารามิเตอร์ที่ 1 ที่ค่า Minimum Removal Rate และ Maximum Removal Rate ตั้งค่าพารามิเตอร์ 2 ที่ Candidate List Size เพื่อตรวจสอบผลกระทบของค่าพารามิเตอร์ต่อคุณภาพคำตอบ จึงทำการทดลองปรับตั้งระดับของค่า Minimum Removal Rate ตั้งแต่ร้อยละ 5 ถึงร้อยละ 50 ค่า Maximum Removal Rate ตั้งแต่ร้อยละ 5 ถึงร้อยละ 50 โดยแต่ละระดับห่างกันร้อยละ 5 และ ค่า Candidate List Size ตั้งแต่ 1 – 5 โดยแต่ละระดับห่างกัน 1 ทดลองกับ ปัญหาจริงที่สุ่มเลือกมา 3 ปัญหาที่มีจุดรับสินค้า 35 จุด จุดส่งสินค้า 1 จุด พบว่าคำตอบเหมือนเดิมทุกการทดลอง แต่ใช้เวลาในการหาคำตอบเพิ่มมากขึ้นเมื่อตั้งค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวสูงขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกตั้งค่า Minimum Removal Rate (%), Maximum Removal Rate (%) และ Candidate List Size ที่ร้อยละ 10, 40 และ 2 ตามลำดับ เนื่องจากเป็นค่าสูงสุดของพารามิเตอร์ที่ใช้เวลาคำนวณหาคำตอบได้ในช่วงเวลาที่ยอมรับได้ คือ 10 นาที

4.4 ทำการทดลอง

ในขั้นตอนนี้จะทำการทดลองใช้วิธี LNS ผ่านโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver วางแผนการขนส่งกับข้อมูล จำนวน 4 ชุดข้อมูลจาก 4 ไตรมาส ภายใต้แนวทาง 3 แนวทางที่นำเสนอ จากนั้นเก็บรวบรวมผลลัพธ์และนำมาวิเคราะห์ผล

5. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลจากการทดลองใช้วิธี LNS ในการแก้ปัญหาการขนส่งตามแนวทางที่ 1 ถึง 3 โดยทดลองกับข้อมูลการขนส่งจริงรายไตรมาสจำนวน 4 ไตรมาส ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2565 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ.2566 มีดังนี้

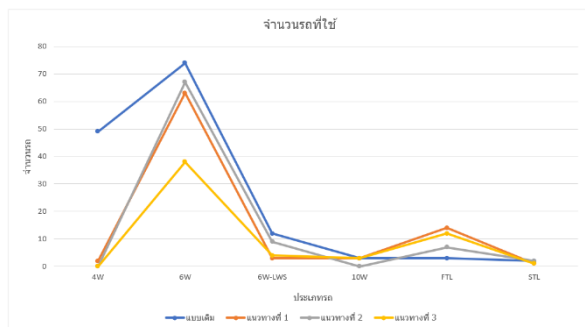
5.1 การเปรียบเทียบต้นทุนโลจิสติกส์

ต้นทุนโลจิสติกส์ซึ่งประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายคงที่และค่าใช้จ่ายผันแปรของแต่ละแนวทางการจัดการขนส่งเมื่อเปรียบเทียบกับจัดการขนส่งแบบเดิมของบริษัทสรุปได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ต้นทุนโลจิสติกส์เฉลี่ย 4 ไตรมาส

การจัดการขนส่ง	ต้นทุนคงที่	ต้นทุนผันแปร	ต้นทุนโลจิสติกส์	ต้นทุนลดลง (%)
แบบเดิม	290,028.21	304,473.94	594,502.15	-
แนวทางที่ 1	229,635.29	92,875.12	322,510.41	45.75
แนวทางที่ 2	226,700.34	72,685.78	299,386.12	49.64
แนวทางที่ 3	161,770.92	84,855.65	246,626.57	58.52

จากตารางที่ 5 สรุปได้ว่าแนวทางการขนส่งที่นำเสนอทั้ง 3 แนวทางสามารถลดต้นทุนโลจิสติกส์ของบริษัทลงได้ โดยแนวทางที่ 3 ที่มีการรวมช่วงเวลา รับสินค้าและรวมจุดส่งสินค้าที่ใกล้เคียงกัน สามารถลดต้นทุนโลจิสติกส์ได้มากที่สุดที่ร้อยละ 58.52 รองลงมา คือ แนวทางที่ 2 ซึ่งมีการรวมช่วงเวลาการรับสินค้าแต่แยกจุดส่งสินค้าตามโรงงานปลายทาง และ แนวทางที่ 1 ที่แบ่งช่วงเวลาในการรับสินค้าแบบเดิมและแยกจุดส่งสินค้าตามโรงงานปลายทาง โดยสามารถลดต้นทุนโลจิสติกส์ที่ร้อยละ 49.64 และ ร้อยละ 45.75 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการเลือกใช้รถแต่ละประเภทของแต่ละแนวคิดพบว่าเป็นไปดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบจำนวนรถแต่ละประเภทที่ถูกเลือกใช้

แนวทางที่ 3 มีต้นทุนคงที่ต่ำที่สุด ซึ่งเป็นผลมาจากการรวมช่วงเวลาการรับสินค้าและจุดส่งสินค้าทำให้สามารถรวบรวมปริมาณสินค้าในการขนส่งแต่ละรอบได้มากขึ้น ส่งผลให้การแบ่งปันทรัพยากรขนส่งทำได้มากขึ้น จึงมี

แนวโน้มให้เลือกใช้รถที่มีขนาดใหญ่ทำการขนส่งน้อยรอบ แทนการใช้รถที่มีขนาดเล็กขนส่งหลายรอบ ในขณะที่แนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 1 เน้นการใช้รถขนาดกลาง (6 ล้อ และ 6 ล้อช่วงยาว) แทนการใช้รถขนาดเล็กแบบที่บริษัทเลือกใช้เดิมซึ่งส่งผลให้ต้นทุนคงที่ลดลง ในขณะที่ต้นทุนผันแปรของแนวทางที่ 3 สูงกว่าแนวทางที่ 2 เล็กน้อยเนื่องจากรถขนาดใหญ่มีค่าใช้จ่ายผันแปรมากกว่าแม้ว่าจะเดินทางในระยะทางใกล้เคียงกัน

5.2 ประสิทธิภาพการใช้ความจุรถขนส่ง

ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้ความจุรถขนส่งในการจัดการขนส่งสินค้าแบบเดิมและแนวทางที่พัฒนาขึ้นสรุปได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพการใช้ความจุรถขนส่งของแต่ละแนวทางการจัดการขนส่ง

แนวทางการจัดส่ง	ประสิทธิภาพการใช้ความจุรถขนส่ง (%)	ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น (%)
การจัดส่งแบบเดิม	58.07	-
แนวทางที่ 1	79.83	37.48
แนวทางที่ 2	72.40	24.68
แนวทางที่ 3	92.60	59.46

จากตารางที่ 6 สรุปได้ว่าประสิทธิภาพการใช้ความจุรถขนส่งของทั้งสามแนวทางที่นำเสนอสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ความจุรถขนส่งจากการจัดการขนส่งแบบเดิม แนวทางที่ 3 มีประสิทธิภาพการใช้ความจุรถขนส่งมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 92.60 ของความจุรถที่ใช้ รองลงมา คือ แนวทางที่ 1 และ แนวทางที่ 2 เพิ่มขึ้นจากการจัดการขนส่งสินค้าแบบเดิมเป็นร้อยละ 79.83 คิดเป็นร้อยละ 72.40 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์สาเหตุที่แนวทางที่ 2 ซึ่งรวมช่วงเวลาการส่งของทำให้ปริมาณสินค้าที่จะไปรับเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณสินค้าที่มากเกินไปกว่าจะใช้รถคันเล็กและไม่มากพอที่ใส่ในรถคันใหญ่ให้เต็มจึงทำให้ประสิทธิภาพการใช้ความจุน้อยกว่าแนวทางที่ 1

6. สรุปผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ วิเคราะห์และพัฒนาแนวทางการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าที่พิจารณาความจุรถหลายขนาดและมีการรับและส่งสินค้า (HFCVRPPD) 3 แนวทาง ได้แก่ แนวทางที่ 1 จัดกลุ่มจุดรับสินค้าที่มีจุดส่งสินค้าเดียวกันและมีช่วงเวลาเข้ารับเดียวกัน 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงเช้า ช่วงกลางวัน ช่วงเย็น และช่วงกลางคืน แนวทางที่ 2 จัดกลุ่มจุดรับสินค้าที่มีจุดส่งสินค้าเดียวกันและมีช่วงเวลาเข้ารับใกล้เคียงกัน โดยจัดกลุ่มช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันในการไปรับสินค้าเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเช้า-บ่าย และ ช่วงเย็น-กลางคืน และแนวทางที่ 3 จัดกลุ่มจุดรับสินค้าที่มีจุดส่งสินค้าใกล้เคียงกันและมีช่วงเวลาเข้ารับใกล้เคียงกัน โดยจัดกลุ่มช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันในการไปรับสินค้าเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเช้า-บ่าย และ ช่วงเย็น-กลางคืน และจัดกลุ่มจุดส่งใกล้เคียงกันตามตำแหน่งที่ตั้งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 โรงงาน G กับ โรงงาน K และ กลุ่มที่ 2 โรงงาน I กับ โรงงาน S พบว่า แนวทางที่นำเสนอทั้งสามแนวทางสามารถลดต้นทุนโลจิสติกส์ให้กับบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเดิมบริษัทกรณีศึกษามีแนวทางการจัดเส้นทางการเข้ารับและส่งสินค้าคือพิจารณาจุดรับสินค้าจากโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนล่วงหน้านับจากวันกำหนดส่งสินค้าของโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ 1 วัน จากนั้นเรียงลำดับจุดรับสินค้า จากกำหนดเวลาการรับสินค้าเร็วที่สุดไปยังช้าที่สุด และทำการจองรถเข้ารับสินค้าตามกำหนด เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้ความจุรถขนส่งและต้นทุนโลจิสติกส์แนวทางที่ 3 เป็นแนวทางที่ลดต้นทุนการขนส่งได้มากที่สุดจากเดิม 594,502.15 บาท เป็น 246,626.57 บาท หรือร้อยละ 59 และมีประสิทธิภาพการใช้ความจุรถสูงที่สุดคือร้อยละ 93 หรือเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 60 ซึ่งเป็นแนวทางมีทางเลือกในการแบ่งปันทรัพยากรรถขนส่งได้มากกว่าแนวทางอื่น จึงเป็นแนวทางที่แนะนำให้กับบริษัทกรณีศึกษา ในทางปฏิบัติการนำแนวทางที่ 3 ไปประยุกต์ใช้อย่างมีประสิทธิภาพจะต้องปรับเปลี่ยนแนวทางการบริหารจัดการการขนส่ง เช่น การจัดวางชิ้นส่วนและระบุโรงงานปลายทางของแต่ละชิ้นส่วนให้ชัดเจนขึ้น เป็นต้น

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] G. B. Dantzig and J.H. Ramser, "The truck dispatching problem," *Management Science.*, vol. 6, no. 1, pp. 80-91, 1959.
- [2] G. Clarke and J. W. Wright, "Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points," *Operations Research.*, vol. 12, no. 4, pp. 568-581, 1964.
- [3] K. Braekers, K. Ramaekers and I. V. Nieuwenhuysse, "The vehicle routing problem: State of the art classification and review," *Computers & Industrial Engineering.*, vol 99, pp. 300-313, 2016.
- [4] O. Bräysy and M. Gendreau, "Vehicle routing problem with time windows Part I: route construction and local search algorithms," *Transportation Science.*, vol 39, no. 1, pp. 104-118, 2005.
- [5] M. Dror, G. Laporte and P. Trudeau, "Vehicle routing problem with split Deliveries," *Discrete Applied Mathematics.*, vol 50, pp. 239-254, 1994.
- [6] G. D. Konstantakopoulos, S. P. Gayialis and E. P. Kechagias, "Vehicle routing problem and related algorithms for logistics distribution: a literature review and classification," *Operational Research.*, vol 22, pp. 2033-2062, 2022.
- [7] C. Lin, K. L. Choy, G. T. S. Ho, S. H. Chung and H. Y. Lam, "Survey of green vehicle routing problem: past and future trends," *Expert Systems with Applications.*, vol 41, no. 4, pp. 1118-1138, 2014.
- [8] N. Labadie, C. Prins and C. Prodhon, *Metaheuristics for Vehicle Routing Problems*, New Jersey: Wiley, 2016.

- [9] P. Shaw, "Using Constraint Programming and Local Search Methods to Solve Vehicle Routing Problems," in *4th International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming*, Pisa, Italy, 1998.
- [10] G. Erdoğan, "VRP Spreadsheet Solver," [Online]. Available: <http://verolog.deis.unibo.it/vrp-spreadsheet-solver>.
- [11] G. Erdoğan, "An open source spreadsheet solver for vehicle routing problems," *Computers & Operations Research*, vol. 84, pp. 62-72, 2017.
- [12] S. Sindhuchao, "A Very Large Scale Neighborhood (VLSN) Search Algorithm for An Inventory-Routing Problem," in *International Conference on the Operations Research Network of Thailand*, Chiangmai, Thailand, 2006.
- [13] P. Belfiore, and H. T. Y. Yoshizaki, "Scatter search for a real-life heterogeneous fleet vehicle routing problem with time windows and split delivery in Brazil," *European Journal of Operational Research*, vol. 199, no. 3, pp. 750-758, 2009.
- [14] A. Mungwattana and T. Manisri, "MetaHeuristic Algorithms Comparison for Heterogeneous Fleet and Split Delivery of Vehicle Routing Problem with Time Windows," in *Conference on Industrial Engineering Network Conference 2012*, Cha-am, Thailand, pp. 121-127, 2012.
- [15] P. Veluwan and P. Srimungkul, "Increasing Efficiency of Vehicle Routing by Using VRP Spreadsheet Solver: A Case Study of Distribution Center in Khon Kaen," in *International Conference of Kalasin University 2019: Recent Innovation of Sciences and Social Sciences for Sustainability*, Kalasin University, pp. 120-128, 2019.
- [16] P. Kunwimol and S. Jansuwan, "The study of milk-run vehicle routing problem and receiving schedule adjustment a case study of just-in-time automobile factory ABC," *Thai Journal of Operations Research*, vol 9, no 2, pp. 1-11, 2021.