

<http://journal.rmutp.ac.th/>

การจัดส่งน้ำมันเชื้อเพลิงโดยรถบรรทุกแบบหลายช่องด้วยรูปแบบการขนส่งแบบโครงข่ายการไหล

มานพ ดอนหมื่น และ คมกฤษ ปิติฤกษ์*

ศูนย์วิจัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

123 หมู่ 16 ถนนมิตรภาพ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

รับบทความ 12 กรกฎาคม 2564 แก้ไขบทความ 16 พฤษภาคม 2565 ตอรับบทความ 28 มิถุนายน 2565

บทคัดย่อ

การขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงภายในประเทศไทยยังคงต้องพึ่งพาการขนส่งทางถนนเป็นหลัก เนื่องจากการขนส่งขึ้นพื้นฐานที่มีความสะดวก สามารถเข้าถึงได้ทุกสถานได้ดีกว่ารูปแบบการขนส่งอื่น และสามารถบรรจุตามความต้องการของผู้ใช้บริการอย่างทั่วถึง โดยหากมีเครื่องมือหรือวิธีการที่ช่วยในการวางแผนการจัดการขนส่งน้ำมัน การคำนวณต้นทุนที่ถูกต้องรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพแล้วจะส่งผลให้องค์กรหรือหน่วยงานดังกล่าวสามารถลดต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการวางแผนการขนส่ง ช่วยลดข้อผิดพลาดจากการคำนวณต้นทุน และการวางแผนการขนส่ง อีกทั้งยังช่วยลดเวลาการทำงานของพนักงานลงได้ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาแนวทางแก้ปัญหาการขนส่งน้ำมัน 3 ประเภท ด้วยรถบรรทุกแบบหลายช่อง โดยใช้วิธีการขนส่งในรูปแบบโครงข่ายการไหล จากคลังน้ำมัน 2 แห่ง ส่งไปยังลูกค้าที่มีอยู่ 57 ราย มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอรูปแบบการจัดส่งแบบโครงข่ายการไหล สำหรับขนส่งน้ำมันโดยรถบรรทุกแบบหลายช่อง ให้ต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุด โดยผู้วิจัยได้นำข้อมูลตัวอย่างของบริษัทกรณีศึกษา จำนวน 30 วัน (30 ตัวอย่าง) มาประมวลผลหาคำตอบ เพื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีเดิมที่ใช้กับตัวแบบการขนส่งน้ำมันที่พัฒนาขึ้น ผลการวิจัยพบว่าตัวแบบที่พัฒนาขึ้น มีต้นทุนการขนส่งโดยเฉลี่ย 3.411 ล้านบาทต่อวัน ใช้เวลาในการหาคำตอบเฉลี่ย 433.20 วินาทีต่อตัวอย่าง ในขณะที่วิธีการเดิมมีต้นทุนโดยเฉลี่ย 3.493 ล้านบาทต่อวัน ใช้เวลาในการหาคำตอบเฉลี่ย 4,907.29 วินาทีต่อตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบผลเฉลยพบว่า วิธีที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้ให้ผลเฉลยดีกว่าวิธีปัจจุบันทั้งในด้านต้นทุนการขนส่งและด้านเวลาที่ใช้ในการประมวลผลหาผลเฉลย

คำสำคัญ : รูปแบบโครงข่ายการไหล; การวางแผนการจัดการขนส่งน้ำมัน; การขนส่งด้วยรถบรรทุกแบบหลายช่อง

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +668 5384 9243, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: komkri@kku.ac.th

<http://journal.rmutp.ac.th/>

Multi-compartment Fuel Delivery with Network Flow Model of Transportation

Manop Donmuen and Komkrit Pitirerk*

Supply Chain and Logistic Systems Research Unit, Faculty of Engineering, Khon Kaen University
123 Mitraparb Road, Muang District, Khon Kaen 40000, Thailand

Received 12 July 2021; Revised 16 May 2022; Accepted 28 June 2022

Abstract

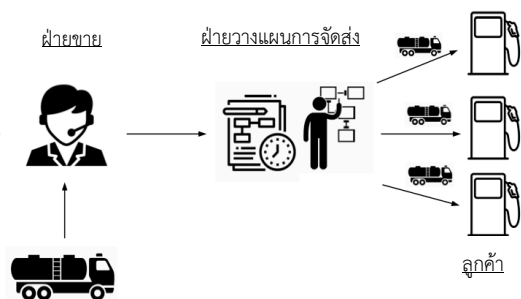
Thailand's fuel transportation business relies mainly on the road because it is a convenient form of transportation. It can deliver all places better than other modes of transport and can meet the needs of customers thoroughly. However, if there are methods that help in planning the fuel delivery management, fast accurate cost calculation and effective as a result, such organizations can reduce the costs incurred from planning the delivery, reduce errors in costing for delivery planning, and the operation time of employees. The research examines the solutions to three types of fuel delivery problems with multi-compartment of trucks. The objective is to propose a network flow model of transportation model for delivering fuel by multi-compartment of trucks, providing the lowest delivery costs. A 30-day sample of the company's data (30 samples) was taken and processed to find an answer to compare it with the current method and the proposed model. The results showed that the proposed model can help to calculate the average cost of 3.411 million baht per day. The average processing time for the solution of 433.20 seconds. While the current method costs an average of 3.493 million baht per day and an average processing time of 4,907.29 seconds. The proposed model provided better results than the current method regarding delivery costs and short processing times.

Keywords : Network Flow Model; Fuel Delivery; Multi Compartment Transportation

* *Corresponding Author. Tel.: +668 5384 9243, E-mail Address: komkri@kku.ac.th*

1. บทนำ

การแข่งขันในภาคธุรกิจการขนส่งน้ำมัน จัดเป็นกิจกรรมช่วงปลายน้ำของห่วงโซ่อุปทานอุตสาหกรรมน้ำมัน นับว่ามีการแข่งขันที่สูง เนื่องจากมีจำนวนความต้องการบริโภคในประเทศที่มาก ส่งผลให้การแข่งขันในภาคธุรกิจการขนส่งน้ำมันที่มากตามมา ซึ่งจากข้อมูลในเดือนมีนาคม 2561 ของสำนักงานนโยบายและแผนกระทรวงพลังงาน พบว่าจำนวนความต้องการบริโภคน้ำมันในประเทศไทยอยู่ที่ 160 ล้านลิตรต่อวัน มีสถานีให้บริการเติมน้ำมัน 27,300 แห่ง และมีบริษัทขนส่งน้ำมัน 3,025 ราย โดยบริษัทขนส่งน้ำมันเหล่านี้ นิยมบริหารจัดการขนส่งน้ำมันทางถนนเป็นหลักเนื่องจากการขนส่งทางถนนเป็นการขนส่งขึ้นพื้นฐานที่มีความสะดวก สามารถเข้าถึงได้ทุกสถานีได้ดีกว่ารูปแบบการขนส่งอื่น เพราะแม้ว่าการใช้รูปแบบการขนส่งแบบอื่น เช่น ทางรถไฟ หรือ ทางท่อ แต่ก็ยังคงจำเป็นต้องเชื่อมต่อการขนส่งทางถนนเพื่อให้การขนส่งได้บรรลุตามความต้องการอย่างทั่วถึง ในทุกพื้นที่ ซึ่งในสภาวะแวดล้อมจริงของการขนส่งน้ำมัน ค่อนข้างมีการผันผวนของปัจจัยหลายอย่าง เช่น ต้นทุนค่าน้ำมันซึ่งต้องอ้างอิงกับราคาตลาดสิงคโปร์ ปริมาณความต้องการของลูกค้าที่ไม่คงที่ ปัจจัยค่าจ้างแรงงาน การขาดแคลนแรงงานขับรถเป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้ล้วนแต่ส่งผลกระทบต่อการวางแผนการดำเนินธุรกิจและส่งผลกระทบต่อต้นทุนของกิจการ



รูปที่ 1 ลักษณะการวางแผนการจัดส่งน้ำมันของบริษัท

ตัวอย่าง

ลักษณะปัญหาการจัดส่งของบริษัทน้ำมันกรณีศึกษา มีโครงข่ายการขนส่งน้ำมันจากคลังน้ำมันจำนวน 2 แห่ง ไปยังลูกค้าหรือสถานีให้บริการน้ำมันจำนวน 57 สถานี มีน้ำมันอยู่ 3 ประเภท วิธีการวางแผนจัดส่งน้ำมันไปยังลูกค้า จะประกอบด้วย 2 หน่วยงาน ที่ทำงานร่วมกัน แสดงดังรูปที่ 1 ได้แก่ 1) ฝ่ายขาย มีหน้าที่รับคำสั่งซื้อจากลูกค้าในแต่ละวันเริ่มตั้งแต่ 8.00 น. และสิ้นสุดการรับคำสั่งในเวลา 17.00 น. หลังจากได้รับคำสั่งซื้อ ฝ่ายขายจะเริ่มวางแผนภาพรวมการขนส่งจากคลังน้ำมันไปยังลูกค้า กล่าวคือ ระบุลูกค้าแต่ละรายส่งน้ำมันแต่ละชนิดใดบ้าง ปริมาณที่บรรจุลงช่องของรถบรรทุกทุกน้ำมัน และการเลือกใช้รถบรรทุกที่เหมาะสมแล้วคำนวณต้นทุนการใช้รถสำหรับขนส่ง 2) ฝ่ายวางแผนการจัดส่ง หลังจากฝ่ายขายดำเนินการแล้วเสร็จตามขั้นตอนข้างต้นแล้ว ฝ่ายวางแผนการจัดส่งจะเป็นผู้วางแผนเส้นทางขนส่งไปยังลูกค้าแต่ละแห่ง กำหนดเวลาเริ่มขนส่ง เวลาส่งมอบ และเวลาแล้วเสร็จ อย่างไรก็ตาม หากรถทุกคันไม่สามารถจัดส่งตามคำสั่งซื้อน้ำมันจากลูกค้าได้ภายใน 1 วัน บริษัทต้องนำส่งในวันถัดไป จากการสำรวจข้อมูลพบว่า ปัญหาการจัดส่งของบริษัทน้ำมันกรณีศึกษา เนื่องจากการแบ่งฝ่ายขายและฝ่ายวางแผนแยกจากกัน ทำให้เกิดการทำงาน 2 ขั้นตอน ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการดำเนินการ การใช้เวลาในการคำนวณต้นทุนการขนส่งที่ล่าช้า และไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งหากบริษัทสามารถบริหารจัดการโครงข่ายการขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิง มีการวางแผนที่เหมาะสมอย่างมีประสิทธิภาพ จะทำให้เกิดข้อได้เปรียบที่สำคัญของการดำเนินงานของธุรกิจ ดังนั้นการจัดการโครงข่ายการจัดส่งน้ำมันเชื้อเพลิง จึงถือเป็นหนึ่งในภารกิจที่สำคัญ และท้าทายที่สุดสำหรับผู้จัดการ นักวิจัย และผู้ปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อองค์กรในขณะที่สามารถตอบสนองต่อลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นไปที่การหาวิธีการจัดการโครงข่ายการขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิง มีหลายวิธีการที่นิยม

ประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งวิธีการที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย คือการแก้ปัญหาแบบ Vehicle Routing Problem (VRP) เช่น S. Martins et al. [1] E. Fernández et al. [2] และ S. W. Hwang et al. [3] ที่ใช้วิธีในการแก้ปัญหาโดยสร้างรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ในรูปโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer Programming) หรือ โปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Programming) แล้วนำมาหาผลเฉลยด้วยโปรแกรม LINGO [4] อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวมักจะไม่นิยมใช้กับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ประเภท NP-Hard [5] เนื่องจากใช้เวลาในการหาผลเฉลยที่ยาวนานหลายวัน จึงมีนักวิจัยใช้เครื่องมือวิธีการทาง Exact และ ฮิวริสติกมาแก้ปัญหาลดเวลาในการหาผลเฉลย เช่น L. Wang et al. [6] ใช้วิธี Adaptive Large Neighborhood Search (ALNS) หรือ M. Ji et al. [7] ใช้วิธี Genetic Algorithm (GA) ในขณะที่ N. Kasamtaranan และ H. Tiewtong [8] ใช้วิธี Saving algorithm นอกจากนี้ N. Koohatongsumrit [9] ใช้วิธีวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ในการเลือกเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสม นอกเหนือจากวิธีที่กล่าวข้างต้น ยังมีวิธีรูปแบบการไหล (Network flow model ; NFM) ซึ่งนิยมนำมาใช้แก้ปัญหาต่างๆ เช่น การกำหนดบุคลากร การจัดตารางโครงการ และยังสามารถประยุกต์ใช้สำหรับแก้ปัญหการวางแผนการขนส่ง (Network Flow Model Transportation ; NFMT) ได้เช่นกัน เช่น M. Ji et al. [7] ศึกษาการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบหลายขนาด ในรูปแบบโครงข่าย Hub และ Spoke ในประเทศจีนเพื่อลดต้นทุนโดยรวม นอกจากนี้ C. Kavirathna et al. [10] ได้พัฒนากอบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกพอร์ตฮับของสายการบินเรือ เพื่อประเมินความสามารถในการแข่งขันสำหรับการแก้ปัญหการขนส่งน้ำมันแบบหลายชนิดเพื่อให้เกิดกำไรสูงสุด M. Donmuen และ K. Pitiruek [11] ได้นำวิธี NFMT มาใช้เช่นเดียวกัน

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ได้กล่าวมานั้น ยังขาดเงื่อนไขบางด้าน เช่น การกำหนดน้ำหนักบรรทุกที่ไม่เกินกฎหมายกำหนด ไม่ได้กำหนดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันเพื่ออ้างอิงกับน้ำหนักในการบรรทุก การกำหนดค่าการบรรทุกขั้นต่ำของน้ำมันเชื้อเพลิงในแต่ละช่องแบ่งของรถบรรทุก หรือการใช้รถบรรทุกขนส่งประเภทเดียวในการจัดการ และโดยส่วนมากจะเป็นการขนส่งแบบ VRP ในขณะที่การจัดส่งน้ำมันเชื้อเพลิงโดยรถบรรทุกแบบหลายช่องด้วยรูปแบบการขนส่งแบบโครงข่ายการไหล พบว่า ไม่มีงานวิจัยใดที่เสนอด้วยวิธีการนี้ในการแก้ปัญหาต้นทุนต่ำที่สุด แต่ในงานวิจัยนี้จะนำวิธีการการขนส่งด้วยโครงข่ายการไหลพร้อมทั้งนำปัจจัย หรือเงื่อนไขดังกล่าวมาพิจารณาร่วมด้วย ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเสนอรูปแบบการขนส่งแบบโครงข่ายการไหลสำหรับจัดส่งน้ำมันโดยรถบรรทุกน้ำมันแบบหลายช่องให้มีต้นทุนต่ำที่สุด เพื่อหาแนวทางแก้ปัญหการขนส่งน้ำมัน 3 ประเภท ได้แก่ แก๊สโซฮอล์ 91 (E91) แก๊สโซฮอล์ 95 (E95) และ ดีเซล (Diesel) ด้วยรถบรรทุกแบบหลายช่อง โดยใช้วิธีการขนส่งในรูปแบบโครงข่ายการไหล จากคลังน้ำมัน 2 แห่งส่งไปยังลูกค้าที่มีอยู่ 57 ราย ผู้วิจัยนำข้อมูลตัวอย่างของบริษัท จำนวน 30 วัน (30 ตัวอย่าง) มาหาผลเฉลยแล้วเปรียบเทียบกับรูปแบบการจัดส่งน้ำมันที่พัฒนาขึ้น เพื่อช่วยในตัดสินใจแก่ผู้ประกอบการ สำหรับบริหารจัดการโครงข่ายโลจิสติกการจัดส่งน้ำมันเชื้อเพลิง ให้เกิดต้นทุนจากการขนส่งมีค่าต่ำที่สุด

2. ระเบียบวิธีวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อเสนอรูปแบบการขนส่งแบบโครงข่ายการไหลสำหรับจัดส่งน้ำมันโดยรถบรรทุกน้ำมันแบบหลายช่องให้ต้นทุนต่ำที่สุด ระเบียบวิธีวิจัย เริ่มตั้งแต่ขั้นแรก ผู้วิจัยดำเนินการสำรวจข้อมูลปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา ได้แก่ ศึกษาการวางแผนการจัดส่งน้ำมันรูปแบบวิธีปัจจุบัน ข้อมูล

ลูกค้า คลังน้ำมัน ข้อมูลรถบรรทุกน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการขนส่ง (หัวข้อ 2.1-2.3) ขั้นตอนถัดมา ผู้วิจัยจะกล่าวถึงรูปแบบการขนส่งแบบโครงข่ายการไหล (หัวข้อ 2.4) จากนั้นผู้วิจัยจะเสนอการพัฒนาแบบวิธีการทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการวางแผนการจัดส่งน้ำมัน (หัวข้อ 2.5) ท้ายสุด ผู้วิจัยจะกล่าวถึงการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของรูปแบบที่พัฒนาขึ้นเทียบกับวิธีปัจจุบัน (หัวข้อ 2.6)

2.1 ศึกษาการวางแผนการจัดส่งน้ำมันรูปแบบวิธีปัจจุบัน

ลักษณะการวางแผนการจัดส่งน้ำมันของบริษัทกรณีศึกษา เริ่มตั้งแต่ฝ่ายขายทำหน้าที่รับคำสั่งซื้อจากลูกค้าในแต่ละวัน จากนั้นจะตรวจสอบข้อมูลความพร้อมของรถ แล้ววางแผนการจัดส่ง ปริมาณความต้องการ ชนิดของน้ำมัน ไปยังฝ่ายวางแผนการจัดส่ง จากนั้นฝ่ายวางแผนจะเป็นคนกำหนดเวลาการเดินทางและเส้นทางการเดินทาง เพื่อจัดส่งไปยังลูกค้า โดยการวางแผนการส่งน้ำมัน ในปัจจุบันใช้ Spreadsheet software วางแผนโดยอาศัยประสบการณ์การทำงานของพนักงานฝ่ายขาย และฝ่ายวางแผนการจัดส่ง ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องตรวจสอบว่ารถคันไหนว่าง เป็นรถประเภทอะไร มีจำนวนก็ช่อง เหมาะสมที่จะนำมาบรรทุกน้ำมันตามคำสั่งซื้อลูกค้าหรือไม่ จากนั้นเจ้าหน้าที่ฝ่ายขายจึงจัดรถบรรทุก และชนิดของน้ำมันลงช่องของรถบรรทุก แล้วกำหนดเส้นทางการขนส่งให้กับพนักงานขับรถ เพื่อดำเนินการขนส่งไปยังลูกค้าเป็นลำดับถัดไป สำหรับแนวคิดการจัดเส้นทางการขนส่งของบริษัทกรณีศึกษา สามารถอธิบายได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณค่าสัดส่วน $\{D_{ip}/l_{ij}\} \forall(i)$ แล้วเลือกค่าที่มากที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 เลือกค่า $\{c_k\} \forall(k)$ ที่มีค่าน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดความต้องการน้ำมันของลูกค้า D_{ip} ใส่ในช่องบรรทุก k โดยใช้วิธี PutDemand (PD)

ของ M. Furkan Uzar และ B. Çatay [12]

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบช่องบรรทุก k ที่เหลือแล้วกลับไปขั้นตอนที่ 1

ขั้นตอนที่ 5 ค้นหาลูกค้าที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้า ที่มี $\{l_{ij}\}$ ที่สั้นที่สุด แล้วดำเนินการจัดส่ง จากนั้นเลือกเส้นทาง $\{l_{ij}\}$ ที่สั้นที่สุดจัดส่งเป็นลำดับถัดไปจนครบ จากนั้นทำขั้นตอนที่ 1-4 ให้ครบทุกความต้องการของลูกค้า

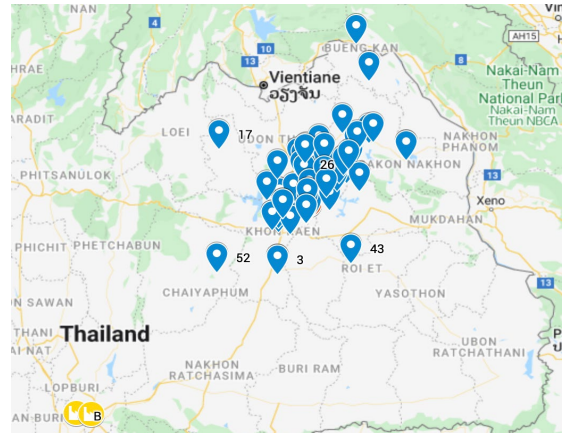
ขั้นตอนที่ 6 สิ้นสุดการจัดส่ง

กำหนดให้

D_{ip} คือ ปริมาณความต้องการ ของลูกค้า i สำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงชนิด p (x1000 ลิตร)

l_{ij} คือ ระยะทางจากโหนด i ไปยังโหนด j ของเส้นทางที่เป็นไปได้ที่เชื่อมต่อกันของแต่ละโหนด (กม.)

c_k คือ ค่าใช้จ่ายรวมของรถขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยรถบรรทุกคันที่ k (บาท/กม.)



รูปที่ 2 ตำแหน่งคลังน้ำมัน และสถานีน้ำมันลูกค้า

2.2 ข้อมูลลูกค้า และคลังน้ำมัน

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลลูกค้า หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สถานีให้บริการน้ำมัน ของบริษัทจำนวน 57 สถานี และคลังน้ำมัน 2 แห่ง รวมตำแหน่งของพิกัดข้อมูลจำนวน 59 แห่ง มีการกำหนดชื่อเป็นรหัส ตั้งแต่ 01 ถึง 59 เพื่อใช้ในการเรียก และการอ่านค่าผลคำตอบ โดย

รหัส 01-02 จะเรียกแทนคลังน้ำมันทั้งสองแห่ง และรหัส 03-59 เรียกแทนลูกค้า หรือสถานีน้ำมัน จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลพิกัดต่างๆ ของแต่ละตำแหน่ง แล้วระบุพิกัดลงบนแผนที่ออนไลน์ Google Map ซึ่งสามารถเข้าถึงได้จากเว็บไซต์ <https://maps.google.com> แสดงดังรูปที่ 2

จากนั้นทางผู้วิจัยได้นำพิกัดข้อมูลมาจัดทำเป็นตารางระยะทางระหว่างแต่ละจุด ขนาด 59 x 59 ช่อง เพื่อหาระยะทางระหว่างตำแหน่งต่างๆ ของแต่ละจุด แล้วนำข้อมูลมากำหนดเส้นทางที่เป็นไปได้ของตำแหน่งที่สามารถเชื่อมต่อกันของแต่ละตำแหน่ง เพื่อนำไปใช้กำหนดเส้นทางการขนส่งในลำดับถัดไป

2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับรถบรรทุกน้ำมันเชื้อเพลิง

ในการบริหารจัดการเส้นทางการขนส่งรถบรรทุกน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับน้ำมันหลายชนิด ได้แก่ E91 E95 และ Diesel รถบรรทุกน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง คือ รถบรรทุกพ่วง 22 ล้อ (Trailer) จำนวน 5 คัน มีขนาดช่องแบ่ง (Compartment) ที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยได้กำหนดรหัส เก็บข้อมูลจำนวนช่อง ปริมาณความจุที่รับได้ น้ำหนักของตัวรถบรรทุก และปริมาตรที่บรรจุได้ในแต่ละช่องแบ่ง โดยรถบรรทุก รหัส T01-T05 จะประจำอยู่ตามคลังน้ำมัน บรรทุกน้ำมัน ส่งจากคลังไปยังลูกค้าภายใต้เขตการดูแลของบริษัท โดยข้อมูลต่างๆ ของรถบรรทุกน้ำมันที่ใช้ในงานวิจัยเป็นข้อมูลที่เก็บค่าจากบริษัทกรณีศึกษา แสดงดังตารางที่ 1

สำหรับต้นทุนการใช้รถบรรทุกน้ำมันเชื้อเพลิงแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2 ประกอบด้วย ต้นทุนค่าบริหารจัดการ 0.65 สตางค์ต่อลิตร โดยนำไปคิดรวมกับต้นทุนซื้อราคาน้ำมันแต่ละชนิด ต้นทุนค่าแรงคนขับรถ ต้นทุนค่าสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแต่ละคัน และต้นทุนค่าซ่อมบำรุงรถบรรทุก อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยไม่ได้พิจารณาต้นทุนค่าล้างช่องบรรทุก ในกรณีที่มีการเปลี่ยนชนิดการเติมของน้ำมันในช่องนั้นเป็นชนิดอื่น ในการบรรจุรอบถัดไป เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษาไม่ได้มีการเก็บบันทึกข้อมูลในส่วนนี้ไว้

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของรถบรรทุกน้ำมันเชื้อเพลิง

รหัสรถ	ปริมาณความจุแต่ละช่อง (X1,000 ลิตร)	น้ำหนักตัวรถบรรทุก (กก.)	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (กก.)
T01	9/8/7/7/7/7	18,430	50,500
T02	9/8/7/7/7/7	18,430	50,500
T03	9/6/6/6/6/6/8	19,250	50,500
T04	8/6/4/4/4/6/8	18,600	50,500
T05	8/6/4/4/4/6/8	18,600	50,500

ตารางที่ 2 ข้อมูลต้นทุนการใช้รถบรรทุกน้ำมันเชื้อเพลิง

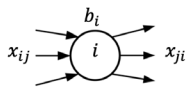
รหัสรถ	ค่าแรงคนขับ(บาท/วัน),ค่าซ่อมบำรุง และ ค่าสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/กก.)
T01	600/10/8.06
T02	600/10/7.14
T03	600/10/7.81
T04	600/10/7.35
T05	600/10/7.14

2.4 รูปแบบการขนส่งแบบโครงข่ายการไหล

งานวิจัยนี้จะเสนอรูปแบบการวางแผนการขนส่งน้ำมันโดยนำวิธี NFMT มาประยุกต์ใช้การแก้ปัญหาการจัดส่งน้ำมันเชื้อเพลิงโดยรถบรรทุกแบบหลายช่อง ทฤษฎีปัญหาโครงข่ายการไหลอยู่ในรูปแบบของการเชื่อมต่อกันระหว่างโหนด ตั้งแต่ 2 โหนดขึ้นไป สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาต่างๆ เช่น กระบวนการขนส่ง การกำหนดบุคลากร การจัดตารางโครงการ เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ เช่นเดียวกับปัญหาทางคณิตศาสตร์เชิงการจัด (Combinatorics) สามารถแก้ปัญหาด้วยการเขียนโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ ทฤษฎีกราฟ หรืออัลกอริธึมการไหล มักมีวัตถุประสงค์สำหรับหาคำตอบของเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest Path) หรือต้นทุนการไหลที่ต่ำที่สุด (Minimum Cost Flow) โครงข่ายจะประกอบด้วยเซตของจุด และเซตของการเชื่อมต่อของจุด จุดที่เรียกว่าโหนด (Nodes) จะมีอยู่ 3 ลักษณะ ได้แก่ จุดต้นทาง (Original nodes) จุดปลายทาง (Destination Nodes) and และ จุดโอนถ่าย

(Transshipment Nodes) โดยมีเส้นที่เชื่อมต่อกันในแต่ละโหนดจะเรียกว่าอาร์ค (Arcs) หรือ ลิงค์ (Link) ซึ่งบางโหนดอาจจะไม่เชื่อมต่อกันก็ได้ ผลรวมการไหลเข้ามายังโหนด i ลบด้วยผลรวมการไหลที่ออกจากโหนด i จะต้องเท่ากับปริมาณความต้องการของโหนด i ดังสมการที่ 1 โดยแสดงได้ตามรูปที่ 3 เมื่อพิจารณาค่า b_{ij} ที่โหนด i หากมีค่ามากกว่า 0 จะทำหน้าที่เป็นอุปทาน มีค่าน้อยกว่า 0 เป็นอุปสงค์ มีค่าเท่ากับ 0 ทำหน้าที่ส่งผ่านหรือหน้าที่อื่นๆ สำหรับปัญหาการขนส่งนี้จะเรียกเส้นทางการเชื่อมต่อกันว่า เส้นทางที่เป็นไปได้ (Possible path)

$$\left(\sum_i x_{ij} - \sum_j x_{ji} = b_i ; \forall i \right) \quad (1)$$



รูปที่ 3 แสดงการไหลเข้า และออกของโหนด i

2.5 การพัฒนารูปแบบวิธีการทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการวางแผนการจัดส่งน้ำมัน

การพัฒนารูปแบบวิธีการทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งรถบรรทุกน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับน้ำมันหลายชนิด มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้เกิดต้นทุนการขนที่ต่ำที่สุด เป้าหมายของผลเฉลยเพื่อต้องการทราบคำตอบอยู่ 4 ด้าน คือ 1) รถบรรทุกคันใดบ้างที่จะนำมาใช้งานในการขนส่งน้ำมัน 2) น้ำมันแต่ละชนิดจะถูกบรรจุลงในแต่ละช่องของรถบรรทุกช่องใดบ้าง และเป็นปริมาณเท่าใด 3) มีลูกค้าใดบ้างที่รถต้องวิ่งไปส่ง และ 4) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นสำหรับการขนส่งมีค่าเท่าไร ซึ่งรูปแบบวิธีการทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว แสดงดังต่อไปนี้

2.5.1 ดัชนี

$I = \{1, 2, 3, \dots, 59\}$ เซตของคลังน้ำมัน สถานีน้ำมัน หรือลูกค้าหรือตำแหน่งปลายทางของโครงข่าย

การขนส่งของลูกค้า

$K = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ เซตของรถบรรทุกทั้งหมดของบริษัท สำหรับใช้การขนส่งน้ำมัน

$C = \{6, 7\}$ เซตของช่องบรรจุน้ำมันของรถบรรทุกน้ำมันเชื้อเพลิง

$P = \{D, E91, E95\}$ เซตชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง

2.5.2 พารามิเตอร์

c_p ค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนการซื้อน้ำมันเชื้อเพลิง p เพื่อส่งจำหน่ายให้แก่ลูกค้า (บาทต่อลิตร)

$c_k^{[f]}$ ต้นทุนคงที่การใช้งานรถบรรทุก (บาทต่อรอบการขนส่ง)

c_u ค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพื่อนำมาใช้งานในการขนส่ง (บาทต่อกม.)

$c_k^{[m]}$ ค่าใช้จ่ายด้านบริหารจัดการขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยรถบรรทุกคันที่ k (บาทต่อลิตร)

ds_p ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดที่ p

D_{ip} ปริมาณความต้องการ ของลูกค้า i สำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงชนิด p (x1000 ลิตร)

l_{ij} ระยะทางจากโหนด i ไปยังโหนด j ของเส้นทางที่เป็นไปได้ที่เชื่อมต่อกันของแต่ละโหนดในเซต I (กม.)

Q_{kc}^{max} ปริมาตรความจุมากที่สุดของช่องถังน้ำมันที่ c ของรถบรรทุกคันที่ k ที่สามารถบรรจุน้ำมันได้

C_k จำนวนช่องของรถบรรทุกคันที่ k

R_k^w น้ำหนักขณะยังไม่มีรถบรรทุกน้ำมันเชื้อเพลิงของรถบรรทุกคันที่ k

R_k^{max} น้ำหนักบรรทุกรวมสูงสุดที่สามารถบรรทุกน้ำมันเชื้อเพลิงได้ ของรถบรรทุกคันที่ k

2.5.3 ตัวแปรตัดสินใจ

x_{ijkcp} ปริมาณการขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงจากโหนด i ไปยัง โหนด j โดยรถคันที่ k ในช่องถังน้ำมันที่ c ส่งน้ำมันชนิดที่ p

y_{kcp} ตัวแปรตัดสินใจ มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อ รถบรรทุกคันที่ k ข่องบรรจุที่ c ได้บรรจุน้ำมันเชื้อเพลิงชนิด p ลงในช่องถังน้ำมันที่ c

z_{ijk} ตัวแปรตัดสินใจ มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อ โหนด i, j กำหนดให้รถคันที่ k มีการใช้งาน

2.5.4 รูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์

1) สมการเป้าหมาย

$$\text{Min } Z = \quad (2)$$

$$\sum_{(i,j),k,c,p} (c_p + c_k^{[m]}) x_{ijkcp} y_{kcp}$$

$$+ \sum_{(i,j),k} c_{ulij} z_{ijk} + \sum_{(i,j),k} c_{fk}^f z_{ijk} ;$$

$$\forall (i,j) \in I, i \neq j, \forall (k,c,p) \in K,C,P$$

2) สมการข้อจำกัด

$$\sum_{(i,j),k,p,c} x_{ijkcp} - \sum_{i,j,k,p,c} x_{jikcp} = D_{ip} ; \quad (3)$$

$$\forall (i,j) \in I, i \neq j, \forall (k,c,p) \in K,C,P$$

$$\sum_j z_{ijk} \leq 1 ; \quad i,j \in I, i \neq j, \forall (k) \quad (4)$$

$$\sum_i z_{ijk} \leq 1 ; \quad i,j \in I, i \neq j, \forall (k) \quad (5)$$

$$(x_{ijkcp} - Q_{kc}^{max}) * y_{kcp} \leq 0 ; \forall (i,j,k,c,p) \quad (6)$$

$$\sum_p y_{kcp} \leq 1 ; \quad p \in P, \forall (k,c) \quad (7)$$

$$R_k^w + \sum_{(i,j),p,c} x_{ijkcp} ds_p \leq R_k^{max} ; \quad (8)$$

$$i,j \in I, i \neq j, p \in P, c \in C, \forall (k)$$

$$(x_{ijpkc} - Q_{kc}^{max}) * z_{ijk} \leq 0 ; \forall (i,j,p,k,c), i \neq j \quad (9)$$

$$\sum_{i,j} z_{ijk} - \sum_{j,i} z_{ijk} \geq 0 ; \quad i,j \in I, i \neq j, \forall (k) \quad (10)$$

$$x_{ijkcp} \begin{cases} > 0, x_{ijkcp} = \text{Depot (supplier)} \\ = 0, x_{ijkcp} = \text{Transshipment point} \\ < 0, x_{ijkcp} = \text{Customers demand} \end{cases} \quad (11)$$

$$x_{ijkcp} \geq 0, \epsilon \{Integer\} \quad \forall (i,j,k,c,p) \quad (12)$$

$$y_{kcp} \in \{0,1\} \quad \forall (k,c,p) \quad (13)$$

$$z_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j,k) \quad (14)$$

รูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ของปัญหามีวัตถุประสงค์เพื่อให้ต้นทุนค่าขนส่งโดยรวมต่อเที่ยวต่ำที่สุดในการขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงผ่านเครือข่ายการไหลเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าตามที่กำหนด มีรูปแบบดังนี้ (2) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ต้นทุนการขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงผ่านเครือข่ายการขนส่งน้ำมันเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าตามที่กำหนดต่ำที่สุด (3) ผลรวมปริมาณน้ำมันที่ออกจากโหนด ลบด้วยผลรวมน้ำมันที่เข้ามายังโหนด จะต้องเท่ากับปริมาณความต้องการน้ำมันโหนด i (4) และ (5) รถบรรทุกทุกคันจะต้องเริ่มรับสินค้าที่คลังน้ำมัน (6) กำหนดให้รถบรรทุกบรรจุน้ำมันเชื้อเพลิงลงในช่อง (7) กำหนดให้ช่องน้ำมันในรถบรรทุก 1 ช่อง จะบรรจุน้ำมันเชื้อเพลิงได้เพียง 1 ชนิดเท่านั้น (8) น้ำหนักบรรทุกรวมสูงสุดของรถบรรทุกคันที่ k ที่สามารถบรรทุกน้ำมันเชื้อเพลิงได้ ต้องไม่เกินน้ำหนักตามที่กฎหมายกำหนด (9) กำหนดให้รถคันที่ k มีการใช้งานที่โหนด i (10) รถที่ออกจากโหนด i ต้องมีจำนวนไม่เกินรถคันที่เข้ามายังโหนด i (11) และ (12) มีค่าเป็นบวกเมื่อทำหน้าที่เป็นการส่งน้ำมันเชื้อเพลิง มีค่าเท่ากับ 0 เมื่อทำหน้าที่ส่งผ่านหรือโหนดการถ่ายเท มีค่าลบเมื่อทำหน้าที่เป็นจุดรับน้ำมันเชื้อเพลิง และเป็นจำนวนเต็ม (13) และ (14) กำหนดให้เป็นตัวแปรไบนารีมีค่าเท่ากับ 0 หรือ 1 เท่านั้น

2.6 การทดสอบหาประสิทธิภาพของรูปแบบที่พัฒนา

การทดสอบหาผลเฉลยของวิธีที่พัฒนาขึ้น มีวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนการขนส่งน้ำมันต่อเที่ยวต่ำที่สุด และด้านเวลาที่ใช้ประมวลผล โดยนำข้อมูลตัวอย่างของบริษัท จำนวน 30 วัน (30 ตัวอย่าง) เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีปัจจุบัน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวถูกแก้ปัญหาโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์สำเร็จรูป LINGO 16.0 โดยใช้คอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลกลาง Intel Core I7 2.6GHz หน่วยความจำ 8 GB

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างผลการทดสอบแก้ปัญหาการจัดการขนส่งรถบรรทุกน้ำมันสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงหลายชนิด สำหรับตัวอย่างที่ 1 แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลปริมาณความต้องการลูกค้า และต้นทุนราคาน้ำมัน ของตัวอย่างที่ 1

รหัสลูกค้า	ความต้องการน้ำมันของลูกค้า (ลิตร)
06	Diesel=3,000 E91=6,000 E95=20,000
09	Diesel=4,000
14	Diesel=8,000
20	Diesel=8,000
22	Diesel=4,000
25	Diesel=4,000
29	Diesel=22,000
34	Diesel=4,000
37	Diesel=4,000
43	E91=4,000
44	Diesel=4,000
46	E91=3,000
รวม 12 ราย	65,000
ราคาน้ำมัน (บาทต่อลิตร)	
คลังที่ 1 Diesel=23.79, E91=20.84, E95=22.35	
คลังที่ 2 Diesel=20.19, E91=21.75, E95=21.48	

ข้อมูล จากตารางที่ 3 มีปริมาณความต้องการของลูกค้าโดยรวมจำนวน 12 ราย มีความต้องการน้ำมันดีเซล 65,000 ลิตร น้ำมัน E91 ปริมาณ 13,000 ลิตร และ น้ำมัน E95 ปริมาณ 20,000 ลิตร และ รายละเอียดข้อมูลรถบรรทุกจำนวน 5 คัน ดังตารางที่ 1 และ 2 ผลการหาผลเฉลยของปัญหาพบว่า วิธีการที่พัฒนาขึ้น ใช้รถบรรทุกขนส่งจำนวน 3 คัน สามารถแสดงผลคำตอบดังตารางที่ 4 และแสดงเส้นทางการเดินรถดังรูปที่ 4 โดยมีรายละเอียดการขนส่ง ดังนี้

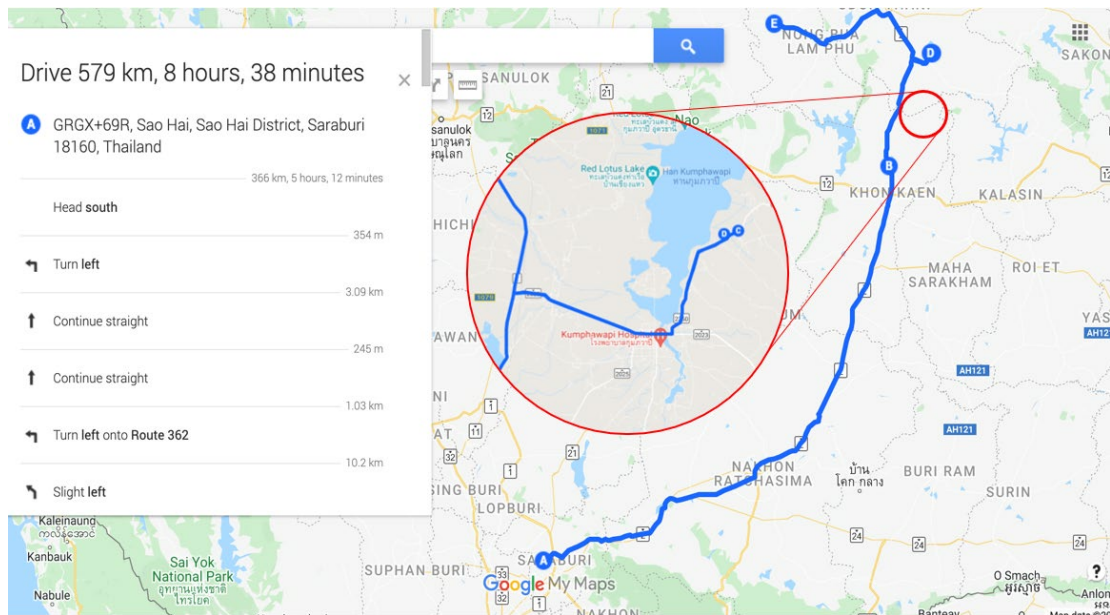
■ รถคันที่ 1 รหัส T01 เริ่มจากคลังน้ำมัน 02 (จุด A) วิ่งส่งลูกค้ารหัส 20-29-22-44 (จุด B-C-D-E) รวมระยะทางขนส่ง 579 กม. การใช้งานช่องของรถบรรทุกช่องที่ 1 ถึงช่องที่ 5 (c1, c2, c3, c4, และ c5) บรรทุกน้ำมัน Diesel โดยบรรทุกในช่อง c1=9,000 ลิตร ช่อง c2=8,000 ลิตร ช่อง c3=7,000 ลิตร ช่อง c4=7,000 ลิตร และช่อง c5=7,000 ลิตร (ไม่มีการบรรทุกน้ำมัน E91 และ E95)

■ รถคันที่ 2 รหัส T02 เริ่มจากคลังน้ำมัน 02 วิ่งส่งลูกค้ารหัส 09-14-34 รวมระยะทางขนส่ง 510 กม. การใช้งานช่องของรถบรรทุก ในช่องที่ c2, c3, c5, และ c6 บรรทุกน้ำมัน Diesel โดยบรรทุกในช่อง c2=6,000 ลิตร ช่อง c3=4,000 ลิตร ช่อง c5=2,000 ลิตร และช่อง c6=4,000 ลิตร (ไม่มีการบรรทุกน้ำมัน E91 และ E95)

■ รถคันที่ 3 รหัส T03 เริ่มจากคลังน้ำมัน 02 วิ่งส่งลูกค้ารหัส 25-46-06-43-37 รวมระยะทางขนส่ง 478 กม. มีการบรรทุกน้ำมัน Diesel ในช่องที่ c4 และ c6 โดยที่ c4=5,000 ลิตร ช่อง c6=6,000 บรรทุกน้ำมัน E91 ในช่องที่ 1 และ 5 โดยที่ c1=7,000 ลิตร ช่อง c5=6,000 บรรทุกน้ำมัน E95 ในช่อง c2,c3 และ c7 โดยที่ c2=6,000 ลิตร ช่อง c3=6,000 ลิตร และช่อง c7=8,000 ลิตร

รายละเอียดในตารางที่ 5 แสดงถึงผลการทดลองประมวลผลโปรแกรมเปรียบเทียบกับวิธีการปัจจุบัน ที่วางแผนด้วยประสิทธิภาพของพนักงานจำนวน 30 วัน (30 ตัวอย่าง) มีจำนวนลูกค้าที่ต้องการน้ำมันเชื้อเพลิงโดยเฉลี่ย 10.208 รายต่อวัน มีปริมาณความต้องการน้ำมันโดยเฉลี่ย 126,020 ลิตรต่อวัน

ผลการเปรียบเทียบผลเฉลยค่าใช้จ่ายการขนส่งรถบรรทุกน้ำมันสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงหลายชนิดสำหรับวิธีการที่พัฒนาขึ้น ให้ผลคำตอบในด้านต้นทุนการขนส่งที่ดีกว่าวิธีการปัจจุบัน



รูปที่ 4 ผลเฉลยตัวอย่างที่ 1 สำหรับเส้นทางเดินรถคันที่ T01

ตารางที่ 4 ผลเฉลยของตัวอย่างที่ 1 ตัว

ผลเฉลย		การใช้งานรถ		
ต้นทุนรวม	2.589	T01 วิ่งเส้นทาง 02-20-29-22-44	T02 วิ่งเส้นทาง 02-09-14-34	T03 วิ่งเส้นทาง 02-25-46-06-43-
เส้นทาง	ระยะทาง 579 กม.	ระยะทาง 510 กม.	37 ระยะทาง 478 กม.	
การใช้งานช่องของ	Diesel = c1,c2,c3,c4,c5	Diesel = c2,c3,c5,c6	Diesel = c4,c6	
รถบรรทุก	E91 = 0	E91 = 0	E91 = c1,c5	
	E95 = 0	E95 = 0	E95 = c2,c3,c7	
ปริมาณน้ำมัน	c1=9,c2=8,c3=7,c4=7,c5=7	c2=6,c3=4,c5=2,c6=4	c1=7,c2=6,c3=6,c4=5,c5=6,c6=	
(x1000 ลิตร)	รวมปริมาณน้ำมัน = 38	รวมปริมาณน้ำมัน = 16	6,c7=8 รวมปริมาณน้ำมัน = 44	

ตารางที่ 5 ผลเฉลยจำนวน 30 ตัวอย่างตัว

ตัวอย่างที่ 1-30 (Customer,demand)	ต้นทุน (x ล้านบาท)			เวลาประมวลผล (วินาที)		
	วิธีการ ปัจจุบัน	วิธีการที่ พัฒนาขึ้น	ผลต่าง	วิธีการ ปัจจุบัน	วิธีการที่ พัฒนาขึ้น	ผลต่าง
ค่าเฉลี่ย (10.208,12,6020)	3.493	3.411	-0.082	4,907.29	433.20	-4551.63
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (3.428,52513)	0.983	0.973	0.016	2,150.16	355.66	2034.00

โดยมีต้นทุนการขนส่งน้ำมันเฉลี่ย 3.411 ล้านบาทวัน ในขณะที่วิธีปัจจุบัน ให้ผลเฉลยด้านต้นทุนการขนส่งน้ำมันเฉลี่ย 3.493 ล้านบาทต่อวัน เมื่อพิจารณา

ด้านเวลาการประมวลผลเพื่อหาผลเฉลย พบว่าความเร็วการหาผลเฉลย สำหรับวิธีการที่พัฒนาขึ้นสามารถหาคำตอบได้เร็วกว่าวิธีปัจจุบัน โดยใช้เวลาเฉลี่ย 433.20

วินาทีต่อตัวอย่างการทดสอบ ในขณะที่วิธีปัจจุบัน ใช้เวลาเฉลี่ย 4,907.29 วินาทีต่อตัวอย่างการทดสอบ

4. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอตัวแบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อประเมินเครือข่ายการขนส่งในธุรกิจการขนส่งน้ำมัน โดยสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาวางแผนการขนส่งรถบรรทุกน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหลายช่องสำหรับน้ำมันหลายชนิด ขนส่งจากคลังน้ำมันสำเร็จรูปไปยังสถานีให้บริการน้ำมันหรือลูกค้า มีเป้าหมายเพื่อให้ต้นทุนจากการขนส่งมีค่าต่ำที่สุด ผู้วิจัยนำวิธี NFMT มาประยุกต์ใช้การสำหรับสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ จากนั้นรวบรวมข้อมูลจริงของบริษัทกรณีศึกษา ได้แก่ จุดรับน้ำมันที่คลังน้ำมัน จำนวน 2 แห่ง ลูกค้าหรือสถานีให้บริการน้ำมัน จำนวน 57 แห่ง รถสำหรับขนส่งจำนวน 5 คัน และต้นทุนต่างๆที่เกิดขึ้นจากการบริหารจัดการขนส่ง

การทดสอบการแก้ปัญหาการจัดการขนส่งรถบรรทุกน้ำมันสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงหลายชนิดโดยวิธีการพัฒนารูปแบบทางคณิตศาสตร์ ที่จำนวนตัวอย่าง 30 ตัวอย่าง พิจารณาหาผลเฉลยเป็นแบบรายวันเพื่อต้องการทราบผลคำตอบอยู่ 4 ด้าน คือ 1) รถบรรทุกคันใดบ้างที่จะนำมาใช้งานในการขนส่งน้ำมัน 2) น้ำมันแต่ละชนิดจะถูกบรรจุลงในแต่ช่องของรถบรรทุกช่องใดบ้าง และเป็นปริมาณเท่าไร 3) ต้องส่งน้ำมันไปตำแหน่งใดบ้าง และ 4) ต้นทุนเกิดขึ้นสำหรับการขนส่งน้ำมันมีค่าเท่าไร ซึ่งผลเฉลยดังกล่าวจะถูกแก้ปัญหาโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์สำเร็จรูป LINGO 16.0 โดยใช้คอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลกลาง Intel Core i7 2.6GHz หน่วยความจำ 8 GB

ผลการวิจัยพบว่า วิธีการที่พัฒนาขึ้น ให้ผลคำตอบในด้านต้นทุนการขนส่งน้ำมันเฉลี่ย 3.411 ล้านบาทต่อวัน ในขณะที่วิธีปัจจุบันให้ผลคำตอบในด้านต้นทุนการขนส่งน้ำมันเฉลี่ย 3.493 ล้านบาทต่อวัน

ในขณะที่ด้านเวลาในการประมวลผลเพื่อหาผลเฉลยพบว่า วิธีการที่พัฒนาขึ้นใช้เวลาเฉลี่ย 433.20 วินาทีต่อตัวอย่าง ในขณะที่วิธีปัจจุบัน ใช้เวลาเฉลี่ย 4,907.29 วินาทีต่อตัวอย่าง

แนวความคิดการแก้ปัญหาเครือข่ายการขนส่งในธุรกิจการขนส่งน้ำมัน ที่พัฒนาวิธีการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาวิธีการจัดเส้นทางขนส่งรถบรรทุกน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหลายช่องสำหรับน้ำมันหลายชนิด ถือว่าเป็นวิธีที่นิยมเป็นอย่างแพร่หลายอีกวิธีหนึ่ง สำหรับงานวิจัยนี้ได้สร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์โดยอาศัยใช้แนวความคิดการขนส่งแบบโครงข่ายการไหล ซึ่งถือว่าเป็นอีกหนึ่งวิธีที่นิยมใช้ในการแก้ปัญหาการขนส่งเนื่องจากใช้เวลาในการประมวลผลเพื่อหาผลเฉลยได้รวดเร็วกว่าวิธีแบบ VRP หรือ Travelling Salesman Problem (TSP) ทั้งนี้พบว่าใช้เวลาในการหาผลเฉลยที่ดีที่สุดได้รวดเร็ว เกิดจากรูปแบบการระบุเส้นทางที่เป็นไปได้ลงในตัวแบบของปัญหา จึงทำให้เกิดการจัดเส้นทางที่ไม่เหมาะสมออกจากกระบวนการค้นหาคำตอบ จึงส่งผลให้แนวคิดนี้ใช้เวลาการหาผลเฉลยที่รวดเร็วกว่าวิธีที่กล่าวข้างต้น

สำหรับรูปแบบปัญหาในโจทย์วิจัย ผู้วิจัยได้ระบุสมการข้อจำกัดขึ้นภายใต้สภาวะรูปแบบการขนส่งที่ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด จากผลการวิจัยพบว่าแนวทางการพัฒนารูปแบบการขนส่งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสภาวะรูปแบบการขนส่งในลักษณะอื่นๆ ที่ใกล้เคียงกัน โดยเพิ่มเงื่อนไขต่างๆ เพื่อให้เกิดความเหมาะสม เช่น เงื่อนไขการแบ่งกลุ่มของลูกค้า [13], [14] เพื่อแบ่งกลุ่มของปัญหาให้มีขนาดเล็กลง โดยอาจแบ่งตามเขตพื้นที่รับผิดชอบ พื้นที่ใกล้เคียง หรือสามารถพัฒนาเขตพื้นที่ของการจัดส่ง เพื่อสร้างเส้นทางที่เป็นไปได้หลายๆ รูปแบบ เช่น การจัดเส้นทางที่ไม่ย้อนกลับเป็นต้น ทั้งนี้ก็เพื่อให้เกิดความง่าย และสะดวกในการบริหารจัดการรถขนส่ง นอกจากประเด็นที่กล่าวมานั้นแล้ว ด้านต้นทุนค่าล้างช่องบรรทุก ในกรณีที่มีการ

เปลี่ยนชนิดการเติมของน้ำมันในช่องเป็นชนิดอื่นในรอบบรรทุกถัดไป ควรถูกนำมาพิจารณาร่วมด้วย อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ผู้วิจัยไม่ได้สร้างและทดสอบข้อมูลในหลายๆ ระดับของแต่ละปัจจัย ก่อนที่จะนำมาใช้ในการทดสอบกับข้อมูลของปัญหาจริง [15] เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือของวิธีการที่พัฒนาขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม จากการทดสอบกับปัญหาจริง จำนวน 30 ตัวอย่างสามารถให้ผลเฉลี่ยที่ดีกว่าวิธีการปัจจุบัน ทั้งในด้านต้นทุนรวมการขนส่ง และด้านเวลาในการคำนวณหาผลเฉลี่ย ซึ่งแนวทางดังกล่าวนี้ สามารถนำไปต่อยอดงานวิจัยได้ในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัทกรณีศึกษา ที่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณศูนย์วิจัยโลจิสติกส์ และซัพพลายเชน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (SCLS) ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Martins, M. Ostermeier, P. Amorim, A. Hübner, and B. Almada-Lobo, "Product-oriented time window assignment for a multi-compartment vehicle routing problem," *European Journal of Operational Research*, vol. 276, no. 3, pp. 893–909, 2019.
- [2] E. Fernández, H. Andersson, K. Fagerholt, and G. Laporte, "Computers & Operations Research Vessel routing with pickups and deliveries : An application to the supply of off shore oil platforms," vol. 79, no. March 2016, pp. 140–147, 2017.
- [3] S. W. Hwang, S. J. Kweon, and J. A. Ventura, "Locating Alternative-Fuel Refueling Stations on a Multi-Class Vehicle Transportation Network," *European Journal of Operational Research*, vol. 261, no. 3, pp. 941–957, 2017.
- [4] Z. Li and C. Jiang, "Study on the Transportation Problem of Petrol Secondary Distribution with Considering Shortage Cost," *Open J. Model. Simulation*, vol. 4, no. 2, pp. 34–40, Apr. 2016.
- [5] S. Fazayeli, A. Eydi, and I. N. Kamalabadi, "Location-routing problem in multimodal transportation network with time windows and fuzzy demands: Presenting a two-part genetic algorithm," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 119, pp. 233–246, May 2018.
- [6] L. Wang, J. Kinable, and T. van Woensel, "The fuel replenishment problem: A split-delivery multi-compartment vehicle routing problem with multiple trips," *Comput. Oper. Res.*, vol. 118, 2020.
- [7] M. Ji, L. Shen, B. Shi, Y. Xue, and F. Wang, "Routing optimization for multi-type containerships in a hub-and-spoke network," *J. Traffic Transp. Eng. (English Ed.)*, vol. 2, no. 5, pp. 362–372, 2015.
- [8] N. Kasamtaranan and H. Tiewtong, "Routing for gasoline transportation : A Case Study of Gasoline Transport Service Company," *Interdiscip. Sripatum Chonburi J.*, vol. 6, no. 2, pp. 91–98, 2020.

- [9] Nitidetch Koohatongsumrit, “Optimal route selecting by multi-criteria decision making analysis,” *RMUTP Res. J.*, vol. 11, no. 1, pp. 137–150, 2017.
- [10] C. Kavirathna, T. Kawasaki, S. Hanaoka, and T. Matsuda, “Transshipment hub port selection criteria by shipping lines: the case of hub ports around the bay of Bengal,” *J. Shipp. Trade*, vol. 3, no. 1, pp. 1–25, 2018.
- [11] M. Donmuen and K. Pitiruek, “Network Model Approach for Fuel Transportation Business,” *IEEE Int. Conf. Ind. Eng. Eng. Manag.*, pp. 1370–1373, 2019.
- [12] M. Furkan Uzar and B. Çatay, “Distribution planning of bulk lubricants at BP Turkey,” *Omega*, vol. 40, no. 6, pp. 870–881, 2012.
- [13] S. S. Mohri, S. Mortazavi, and N. Nassir, “A clustering method for measuring accessibility and equity in public transportation service: Case study of Melbourne,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 74, p. 103241, 2021.
- [14] M. A. Islam, Y. Gajpal, and T. Y. ElMekkawy, “Mixed fleet based green clustered logistics problem under carbon emission cap,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 72, p. 103074, Sep. 2021.
- [15] K. Heßler, “Exact algorithms for the multi-compartment vehicle routing problem with flexible compartment sizes,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 294, no. 1, pp. 188–205, 2021.