วิธีฮิวริสติกสำหรับการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งหลายขนาดบรรทุกและหลายช่องบรรจุสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงหลายชนิด

อดิศร สาดแสงจันทร์[1*], ช่อแก้ว จตุรานนท์[1], สรวิชญ์ เยาว์ยืนยง[2], เจริญชัย โขมพัตราภรณ์[3]

[1, 3] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[2] บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

โทร 0-2470-9175-6 โทรสาร 0-2872-9081

E-mail: *notkungkup@hotmail.com, {[1]chorkaew.jat, [2]sorawit.yao, [3]charoenchai.kho}@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงหลายชนิด ซึ่งเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการหาเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงจากคลังน้ำมันแห่งหนึ่งไปยังลูกค้าหลายราย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด ซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิงที่ลูกค้าต้องการมีหลายชนิด ได้แก่ น้ำมันดีเซล และน้ำมันแก๊สโซฮอลล์ และรถที่ใช้ในการขนส่งมีความสามารถในการบรรทุกที่แตกต่างกัน โดยรถแต่ละคันต้องมีการแบ่งช่องเพื่อบรรจุน้ำมันเชื้อเพลิงออกเป็นหลายช่องบรรจุเพื่อสามารถบรรจุน้ำมันหลายชนิดกันได้โดยไม่ทำให้ปะปนกัน นอกจากนี้ยังต้องบรรจุน้ำมันเชื้อเพลิงให้พอดีกับแป้นวัดระดับซึ่งมีหลายระดับอีกด้วย งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาภายใต้วัตถุประสงค์และข้อจำกัดดังกล่าว และพัฒนาฮิวริสติกเพื่อใช้ในการหาคำตอบ รวมทั้งเปรียบเทียบคำตอบที่ได้กับโปรแกรม LINGO ซึ่งโปรแกรม LINGO ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ภายใต้เงื่อนไขเวลาที่กำหนด ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าวิธีฮิวริสติกสามารถหาคำตอบที่ให้ต้นทุนการขนส่งที่ดีได้รวดเร็ว โดยคำตอบที่ได้มีต้นทุนลดลงลดลงจากเดิมร้อยละ 17 และเวลาในการคำนวนหาคำตอบลดลงจากเดิมประมาณ 1 ชั่วโมง เหลือเพียงไม่ถึง 1 นาที

คำสำคัญ: ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ; น้ำมันเชื้อเพลิงหลายชนิด; รถหลายขนาดบรรทุก; หลายช่องบรรจุ; แบบจำลองคณิตศาสตร์; ฮิวริสติก

1. บทนำ

ต้นทุนการขนส่งสินค้าเป็นต้นทุนที่สำคัญอย่างหนึ่งทางด้านโลจิสติกส์ จากการสำรวจโดยสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ต้นทุนการขนส่งสินค้าถือเป็นหมวดต้นทุนโลจิสติกส์ที่มากที่สุดของประเทศ โดยหมวดรองลงไปคือต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง และต้นทุนการบริหารจัดการตามลำดับ [3] การลดต้นทุนการขนส่งจึงส่งผลต่อการลดต้นทุนทางโลจิสติกส์ขององค์กรดังนั้นผู้ประกอบการจำเป็นต้องหาแนวทางในการลดต้นทุนทางการขนส่งให้ได้มากที่สุด ซึ่งแนวทางที่สามารถดำเนินการได้แนวทางหนึ่งคือการวางแผนจัดเส้นทางขนส่งสินค้าให้มีประสิทธิภาพ ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าถือเป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญและเกิดขึ้นในเกือบทุกกลุ่มอุตสาหกรรม เพราะการขนส่งสินค้านั้นมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการเดินรถเป็นหลัก แต่เมื่อราคาน้ำมันเชื้อเพลิงในตลาดโลกมีการปรับตัวสูงขึ้นอย่าง

ต่อเนื่อง [2] ทำให้กระทบต่อต้นทุนการขนส่งของทั้งภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม เมื่อต้นทุนในการขนส่งสินค้าหรือต้นทุนโลจิสติกส์มีค่าสูงขึ้นส่งผลให้ราคาสินค้าปรับตัวสูงขึ้น และท้ายที่สุดส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ หากผู้ประกอบการสามารถจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้าได้อย่างเหมาะสม จะทำให้สามารถลดต้นทุนการขนส่งลงได้ ตัวอย่างเช่น การจัดเส้นทางเดินรถที่ทำให้ใช้จำนวนรถขนส่งน้อยลง หรือใช้ระยะทางการเดินรถขนส่งสินค้าน้อยลง เป็นต้น

ในแต่ละปี อุตสาหกรรมปิโตรเลียมมีปริมาณในการผลิตและการจำหน่ายผลิตภัณฑ์น้ำมันเชื้อเพลิงสำเร็จรูปประมาณ 15,000 ล้านลิตร [1] โดยมีการขนส่งหลากหลายรูปแบบ (Modes) เช่น การขนส่งทางท่อ ทางเรือ ทางรถไฟ และทางรถขนส่งน้ำมัน ซึ่งการขนส่งทางรถขนส่งน้ำมันเป็นการขนส่งที่ถูกเลือกใช้มากที่สุดเนื่องจากมีลูกค้ากระจายอยู่ทั่วประเทศเป็นจำนวนมากและหลายพื้นที่สามารถเข้าถึงได้ด้วยทางรถขนส่งน้ำมันเท่านั้น ในปัจจุบันการจัดเส้นทางการขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงยังใช้การตัดสินใจแบบอาศัยประสบการณ์ของบุคลากรในการจัดเส้นทางเดินรถเป็นส่วนใหญ่ ส่งผลให้บางเส้นทางยังไม่มีประสิทธิภาพและยังสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ และเนื่องจากจำนวนลูกค้าที่ต้องทำการขนส่งที่มีจำนวนมากทำให้การหาเส้นทางเดินรถที่เหมาะสมมีความซับซ้อน การจัดเส้นทางเดินรถโดยอาศัยประสบการณ์เหมือนเช่นเดิมนั้นไม่สามารถหาเส้นทางเดินรถที่มีต้นทุนที่ต่ำที่สุดได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงให้ได้ต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุดโดยการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และพัฒนาฮิวริสติกเพื่อใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมภายในเวลาอันรวดเร็ว

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเพื่อขนส่งสินค้า หมายถึง การขนส่งสิ่งของจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่ง โดยที่สิ่งของอาจหมายถึง วัตถุดิบหรือสินค้า เป็นต้น และสถานที่อาจหมายถึง โรงงานหรือลูกค้า ซึ่งจุดประสงค์ในการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ คือการกระจายสินค้าที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เช่น การใช้ระยะทางในการขนส่งที่น้อยลง ลดระยะเวลาในการขนส่งเพื่อเพิ่มระดับในการบริการขนส่ง หรือแม้กระทั่งการใช้ยานพาหนะที่น้อยลง จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเพื่อขนส่งสินค้าสามารถแบ่งได้หลายประเภท ดังนี้

1. ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบความสามารถบรรทุกของรถขนส่งมีจำกัด (Capacitated vehicle routing problem, CVRP) [7,10]
2. ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบมีขอบข่ายเวลาในการรับสินค้า (Vehicle routing problem with time windows, VRPTW) [15]
3. ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบมีคลังสินค้าหลายที่ (Multiple-Depot vehicle routing problem, MDVRP) [5]
4. ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบที่มีทั้งการรับและการส่งมอบ (Vehicle routing problem pickup and delivery, VRPPD) [14]
5. ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบมีหลายช่องบรรจุ (Multi-compartment vehicle routing problem, MCVRP) [4,9,11]

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถในงานวิจัยฉบับนี้เป็นปัญหาที่มีลักษณะรวมทั้งประเภท MCVRP, CVRP และมีเงื่อนไขเพิ่มเติมที่ไม่รวมไว้ในประเภทข้างต้น เพราะมีผลิตภัณฑ์น้ำมันเชื้อเพลิงหลายชนิดที่ลูกค้าต้องการ รถขนส่งแต่ละคันสามารถส่งน้ำมันทุกชนิดให้ลูกค้าหลายรายได้ และมีข้อจำกัดของ

ความสามารถในการบรรทุกของรถขนส่งด้วย นอกจากนี้รถขนส่งแต่ละคันส่งยังถูกแบ่งออกเป็นหลายช่องบรรจุเนื่องจากลักษณะของสินค้าเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีหลายชนิด ดังนั้นจำเป็นต้องทำการแยกบรรจุตามช่องโดยห้ามให้สินค้าปะปนกัน

เนื่องจากปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งเป็นปัญหาแบบ NP-สัมบูรณ์ (NP-Complete) ซึ่งส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดไม่เป็นเชิงเส้นตรงกับขนาดของปัญหา ดังนั้นจึงนำวิธีการทางฮิวริสติก (Heuristic) [6, 13] มาใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งวิธีฮิวริสติกที่ดีควรสามารถหาคำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดภายในเวลาที่รวดเร็ว อย่างไรก็ตามวิธีฮิวริสติกโดยมากที่สามารถหาคำตอบสำหรับปัญหาประเภทหนึ่งอาจไม่สามารถนำไปใช้หาคำตอบของปัญหาอีกประเภทหนึ่งได้ดีนัก โดยวิธีฮิวริสติกสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. วิธี Constructive คือ วิธีหาคำตอบอย่างเป็นขั้นเป็นตอน วิธีนี้จะให้คำตอบเมื่อขั้นตอนทั้งหมดถูกกระทำเสร็จสิ้นโดยสมบูรณ์ ตัวอย่างเช่น วิธี Saving และวิธีละโมบ (Greedy Algorithm) เป็นต้น [7]
2. วิธี Neighborhood คือ วิธีที่เริ่มต้นจากการหาคำตอบที่ไม่ขัดแย้งต่อเงื่อนไข แล้วใช้ขั้นตอนกระทำซ้ำเพื่อพยายามหาคำตอบที่ดีกว่าคำตอบที่มีอยู่ เช่น วิธี Neighborhood Search [12]

3. ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิง

บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทจำหน่ายผลิตภัณฑ์น้ำมันปิโตรเลียมที่ใช้ในประเทศทุกชนิด ซึ่งผลิตภัณฑ์น้ำมันปิโตรเลียมนั้นสามารถแบ่งได้เป็นกลุ่มได้ดังนี้

1. กลุ่มน้ำมันใส ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงทั่วไป ได้แก่ น้ำมันดีเซล และน้ำมันแก๊สโซฮอลล์
2. กลุ่มน้ำมันเตา ซึ่งใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่ น้ำมันเตาชนิดต่างๆ
3. กลุ่มน้ำมันเครื่องบิน ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องบินและรถแข่ง ได้แก่ น้ำมัน JET A-1
4. กลุ่มน้ำมัน B100 ได้แก่ น้ำมันไบโอดีเซล

ในจำนวนกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่กล่าวมาข้างต้น ผลิตภัณฑ์กลุ่มน้ำมันใสคือกลุ่มที่มีปริมาณความต้องการใช้มากที่สุด งานวิจัยนี้จึงเลือกการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำมันปิโตรเลียมกลุ่มน้ำมันใสเป็นกรณีศึกษา ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์น้ำมันปิโตรเลียมกลุ่มอื่นๆ ได้ต่อไป

การจัดรถขนส่งน้ำมันนั้น โดยปกติจะต้องจัดรถขนส่งตามกลุ่มผลิตภัณฑ์น้ำมันปิโตรเลียมเท่านั้น จะไม่ใช้ขนส่งน้ำมันหลายกลุ่มร่วมกัน เช่น รถที่ขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำมันปิโตรเลียมกลุ่มน้ำมันใส จะต้องขนส่งกลุ่มน้ำมันใสกลุ่มเดียวเท่านั้น ไม่มีการนำไปขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำมันปิโตรเลียมกลุ่มอื่นๆ แต่รถขนส่งคันเดียวกันสามารถบรรทุกน้ำมันในกลุ่มเดียวกัน เช่น น้ำมันดีเซลและน้ำมันแก๊สโซฮอลล์ สามารถบรรทุกในรถขนส่งคันเดียวกันได้ เป็นต้น แต่ทั้งนี้น้ำมันแต่ละชนิดต้องไม่ปะปนกันจึงต้องทำการแยกเป็นช่องบรรจุเพื่อการขนส่ง

กล่าวโดยสรุป งานวิจัยนี้เป็นการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงจากคลังน้ำมันไปยังลูกค้ารายย่อยต่างๆ โดยมีน้ำมันที่ต้องขนส่งไปยังลูกค้าหลายชนิด ประเภทของรถขนส่งมีหลายขนาดบรรทุก และมีข้อจำกัดของการขนส่งน้ำมันแต่ละชนิดที่จะปะปนกันไม่ได้ ทำให้รถขนส่งต้องมีช่องบรรจุน้ำมันหลายช่องซึ่งอาจมีขนาดต่างกัน และภายในช่องบรรจุยังมีแป้นวัดระดับน้ำมันสองระดับ โดยต้องบรรจุน้ำมันในปริมาณที่เท่ากับแป้นวัดระดับ (เพื่อความปลอดภัยในการขนส่ง) แต่ใช้ระดับใดก็ได้ในสองระดับนั้น น้ำมันเชื้อเพลิงที่ขนส่งต้องอยู่ในกลุ่มน้ำมันใสซึ่งมี 5 ชนิด ได้แก่ น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว บี5 น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ 91 น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ 95 น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว และน้ำมันแก๊สโซฮอลล์ 95 อี 20

วัตถุประสงค์ของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถนี้ คือ เพื่อต้องการให้ได้ต้นทุนในการขนส่งโดยรวมต่ำที่สุด โดยแบ่งต้นทุนเป็น 2 ส่วน คือ (1) ต้นทุนค่าเช่ารถโดยเหมาจ่ายต่อวันต่อคัน และ (2) ต้นทุนค่าขนส่งโดยคิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อกิโลเมตรของระยะทางที่รถวิ่ง ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลรถขนส่งทั้งหมด ได้แก่ ขนาดบรรทุก จำนวนช่องบรรจุและขนาดบรรทุกของช่องบรรจุนั้น ระดับน้ำมันของแป้นวัดระดับ และค่าเช่ารถ

ตารางที่ 1: ข้อมูลรถขนส่งน้ำมัน

ประเภทรถขนส่ง	จำนวน (คัน)	ขนาดบรรทุก (ลิตร)	จำนวนช่องบรรจุ x ขนาดบรรทุกต่อช่อง (ลิตร)	แป้นวัดระดับน้ำมัน 1 & 2 (ลิตร)	ค่าเช่ารถ (บาท/วัน)
1	4	16,000	4 x 4,000	3,000 & 4,000	1,000
2	3	40,000	5 x 8,000	7,000 & 8,000	1,500
3	3	40,000	2 x 8,000 และ 6 x 4,000	7,000 & 8,000 และ 3,000 & 4,000	1,500
4	2	32,000	2 x 4,000 และ 8 x 3,000	3,000 & 4,000	1,250

4. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

4.1. พารามิเตอร์ (Parameters)

N จำนวนตำแหน่งทั้งหมด (กำหนดให้ ตำแหน่งที่ 1 คือ ตำแหน่งของคลังน้ำมัน และตำแหน่งที่ 2 ถึง N คือ ตำแหน่งของลูกค้า)

P จำนวนชนิดของผลิตภัณฑ์

W จำนวนช่องบรรจุน้ำมัน

K จำนวนรถขนส่งทั้งหมด

$K1$ จำนวนรถขนส่งที่มีขนาดบรรทุก 16,000 ลิตร

$K2$ จำนวนรถขนส่งที่มีขนาดบรรทุก 32,000 ลิตร

$K3$ จำนวนรถขนส่งที่มีขนาดบรรทุก 40,000 ลิตร

D_{jp} ปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์ที่ p ของลูกค้าตำแหน่งที่ j (ลิตร)

Cap_k ความสามารถในการบรรทุกของรถขนส่งคันที่ k

Cap_{kw} ความสามารถในการบรรจุของช่องที่ w ของรถขนส่งคันที่ k

$M1$ ค่าความแตกต่างของแป้นวัดระดับน้ำมัน

U_i ลำดับในการเดินรถของตำแหน่งที่ i

U_j ลำดับในการเดินรถของตำแหน่งที่ j

d_{ij} ระยะทางจากตำแหน่งที่ i ไปตำแหน่งที่ j (กิโลเมตร)

C ค่าขนส่ง (บาท/กิโลเมตร)

F_{K1} ค่าเช่าขนส่งที่มีขนาดบรรทุก 16,000 ลิตร (บาท)

F_{K2} ค่าเช่าขนส่งที่มีขนาดบรรทุก 32,000 ลิตร (บาท)

F_{K3} ค่าเช่าขนส่งที่มีขนาดบรรทุก 40,000 ลิตร (บาท)

$$s_j = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อ } \sum_{p=1}^{P} D_{jp} > 0 \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$$

$$y_{jp} = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อ } D_{jp} = 3,000 \text{ และ } 4,000 \text{ และ } 7,000 \text{ และ } 8,000 \\ 2 & \text{เมื่อ } D_{jp} = 6,000 \text{ และ } 16,000 \\ 3 & \text{เมื่อ } D_{jp} = 9,000 \text{ และ } 12,000 \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$$

4.2. ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

$$z_{kwjp} = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อผลิตภัณฑ์ที่ } p \text{ ของลูกค้าตำแหน่งที่ } j \text{ ถูกบรรจุลงรถขนส่งคันที่ } k \text{ ในช่องบรรจุที่ } w \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$$

$$e_{jk} = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อมีการเดินรถไปตำแหน่งที่ } j \text{ โดยรถขนส่งคันที่ } k \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$$

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อมีการขนส่งจากตำแหน่งที่ } i \text{ ไปตำแหน่งที่ } j \text{ โดยรถขนส่งคันที่ } k \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$$

$$T_k = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อมีการใช้รถขนส่งคันที่ } k \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$$

4.3. สมการเป้าหมายและสมการข้อจำกัด (Objective Function and Constraints)

$$MIN(Z) = C\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{K} d_{ij}x_{ijk} + \sum_{k=1}^{K1} T_k(F_{K1}) + \sum_{k=K1+1}^{K2} T_k(F_{K2}) + \sum_{k=K2+1}^{K3} T_k(F_{K3}) \quad (1)$$

subject to

$$(N-3)x_{jik} + (N-1)x_{ijk} + U_i \le U_j + (N-2) \quad \text{for } i, j = 2,3,...,N; i \ne j; \forall k \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{N} x_{ihk} - \sum_{j=1}^{N} x_{hjk} = 0 \qquad \forall h,k \quad (3)$$

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i\ne j}}^{N} x_{ijk} = e_{jk} \qquad \forall j,k \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^{K}\sum_{w=1}^{W} z_{kwjp} = y_{jp} \qquad \forall j,p \quad (5)$$

$$\sum_{k=1}^{K} e_{jk} = s_j \qquad \forall j \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^{N}\sum_{p=1}^{P} z_{kwjp} \le 1 \qquad \forall k,w \quad (7)$$

$$z_{kwjp} \le e_{jk} \qquad \forall k,w,j,p \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^{N}\sum_{w=1}^{W}\sum_{p=1}^{P} z_{kwjp} \cdot D_{jp} \le Cap_k \qquad \forall k \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^{N}\sum_{p=1}^{P} z_{kwjp} \cdot D_{jp} \le Cap_{kw} \qquad \forall k, w \qquad (10)$$

$$z_{kwjp} \cdot D_{jp} \ge z_{kwjp} \cdot (Cap_{kw} - M1) \qquad \forall k, w, j, p \qquad (11)$$

$$T_k = e_{jk} \qquad \forall j, k \qquad (12)$$

$$x_{ijk}, T_k, e_{jk}, z_{kwjp} \in \{0,1\} \qquad \forall i, j, k, w \qquad (13)$$

สมการที่ (1) คือ เป้าหมายของปัญหา นั่นคือการหาค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดในการขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิง
สมการที่ (2) คือ การป้องกันไม่ให้เกิดเส้นทางเดินรถย่อย (Subtour) บนเส้นทางเดินรถหลัก (Tour) [8]
สมการที่ (3) คือ การกำหนดว่า ณ ตำแหน่งใดๆ รถขนส่งที่วิ่งเข้าตำแหน่งนั้นจะต้องมีการวิ่งออก
สมการที่ (4) คือ การกำหนดว่า ณ ตำแหน่งลูกค้าใดๆ จะต้องมีรถขนส่งผ่านได้เพียงหนึ่งคันเท่านั้น
สมการที่ (5) คือ การกำหนดจำนวนช่องบรรจุที่ขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการ
สมการที่ (6) คือ การกำหนดเงื่อนไขว่าถ้ามีความต้องการที่ตำแหน่งใด จะต้องมีรถขนส่งผ่านตำแหน่งนั้น
สมการที่ (7) และ (8) คือ การกำหนดว่า ณ ตำแหน่งลูกค้าใดๆ ให้มีการส่งน้ำมันแค่ครั้งเดียวเท่านั้น
สมการที่ (9) คือ การกำหนดว่าปริมาณความต้องการน้ำมันของลูกค้าทั้งหมดที่ถูกบรรจุลงรถขนส่งแต่ละคันจะต้องไม่เกินความสามารถในการบรรทุกของรถขนส่งคันนั้นๆ
สมการที่ (10) คือ การกำหนดว่าปริมาณความต้องการน้ำมันของลูกค้าทั้งหมดที่ถูกบรรจุลงแต่ละช่องจะต้องไม่เกินความสามารถการบรรจุหรือแป้นวัดระดับบนของช่อบรรจุนั้นๆ
สมการที่ (11) คือ การกำหนดว่าปริมาณความต้องการน้ำมันของลูกค้าทั้งหมดที่ถูกบรรจุลงแต่ละช่องจะต้องไม่ต่ำกว่าแป้นวัดระดับล่างของช่องบรรจุนั้นๆ
สมการที่ (12) คือ การกำหนดว่าถ้าเป็นตำแหน่งที่ต้องมีการส่งน้ำมัน ตำแหน่งนั้นจะต้องมีรถขนส่งผ่านเพียงหนึ่งคันเท่านั้น
สมการที่ (13) คือ การกำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจเป็นเลขฐานสิบที่มีค่าเป็น 0 หรือ 1 เท่านั้น

5. วิธีฮิวริสติก

เนื่องจากปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงนี้เป็นปัญหาแบบ NP ซึ่งเมื่อตัวแปรและข้อจำกัดของปัญหาเพิ่มมากขึ้นจะทำให้เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดเพิ่มขึ้นแบบเอ็กโปแนนเชียล จึงประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกในการหาคำตอบเพื่อหาคำตอบที่ดีภายในเวลาอันรวดเร็ว โดยที่ฮิวริสติกที่นำเสนอในบทความวิจัยนี้เป็นประเภท Neighborhood Search ซึ่งมีหลักการในการหาคำตอบคือการสุ่มตำแหน่งของลูกค้าขึ้นมา 2 ตำแหน่ง นำตำแหน่งมาสลับกันแล้วคำนวณค่าสมการเป้าหมายใหม่ จากนั้นนำค่าสมการเป้าหมายที่ได้ใหม่มาเปรียบเทียบกับค่าสมการเป้าหมายเริ่มต้น หากค่าสมการเป้าหมายใหม่ดีกว่าจะบันทึกตำแหน่งใหม่ของลูกค้านี้ไว้และค่าสมการเป้าหมายใหม่ที่ได้นี้เป็นค่าเริ่มต้นในรอบการคำนวนต่อไปแทน ในทางกลับกันหากค่าสมการเป้าหมายใหม่ที่ได้ไม่ดีกว่าค่าเริ่มต้นให้ทำการสลับตำแหน่งลูกค้าคืน และกลับไปเริ่มต้นสุ่มตำแหน่งลูกค้าใหม่ ฮิวริสติกนี้มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำลูกค้ามาเรียงลำดับอย่างสุ่ม ตั้งแต่ 1, 2, …, N

ขั้นตอนที่ 2 นำปริมาณความต้องการน้ำมันของลูกค้าลำดับที่ 1 มาทำการเลือกบรรจุลงรถขนส่ง โดยทำการตรวจสอบปริมาณความต้องการของน้ำมันทุกชนิดกับความสามารถในการบรรทุกของรถขนส่งคันที่ 1 ว่าเพียงพอหรือไม่ เช่น หากลูกค้าลำดับที่ 1 มีความต้องการน้ำมัน 3

ชนิดรวมกันเท่ากับ 12,000 ลิตร และรถขนส่งคันที่ 1 มีความสามารถในการบรรทุก 16,000 ลิตร นั่นหมายความว่าความต้องการของลูกค้าลำดับที่ 1 นี้สามารถบรรจุลงรถขนส่งคันที่ 1 ได้

ขั้นตอนที่ 3 ทำการตรวจสอบปริมาณความต้องการของลูกค้ากับความสามารถในการบรรทุกของรถขนส่ง โดยพิจารณาปริมาณน้ำมันแต่ละชนิดกับขนาดของช่องบรรจุของรถขนส่งแต่ละคัน เช่น ถ้าลูกค้าลำดับที่ 1 มีความต้องการน้ำมันชนิดที่ 1 เท่ากับ 8,000 ลิตร และชนิดที่ 2 เท่ากับ 4,000 ลิตร และรถขนส่งคันที่ 1 เป็นรถประเภท 40,000 ลิตร มีจำนวนช่องบรรจุทั้งหมด 5 ช่องแต่ละช่องมีขนาดบรรทุกเท่ากับ 8,000 ลิตร เนื่องจากลูกค้าลำดับที่ 1 นั้นมีความต้องการน้ำมันชนิดที่ 1 จำนวน 8,000 ลิตรซึ่งสามารถใส่ในช่องบรรจุใดก็ได้ของรถขนส่งคันที่ 1 แต่สำหรับน้ำมันชนิดที่ 2 นั้นมีจำนวน 4,000 ลิตรซึ่งไม่สามารถใส่ในช่องบรรจุใดได้เลย ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้รถขนส่งคันที่ 1 บรรทุกความต้องการของลูกค้าลำดับที่ 1 ได้ จึงเปลี่ยนไปพิจารณารถขนส่งคันที่ 2 และคันอื่นๆ ต่อไปจนกว่าจะได้รถขนส่งคันที่สามารถบรรทุกความต้องการของลูกค้าลำดับที่ 1 ซึ่งการตรวจสอบรถขนส่งคันอื่นๆ นั้นมีวิธีการและขั้นตอนการตรวจสอบเหมือนกับรถขนส่งคันที่ 1

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบความสามารถบรรทุกที่เหลือของรถขนส่งคันที่ถูกเลือกเพื่อใช้ในการบรรทุกความต้องการของลูกค้าลำดับที่กำลังพิจารณา จะต้องนำความสามารถในการบรรทุกของรถคันนั้นลบออกด้วยความต้องการของลูกค้า เช่น หากความต้องการของลูกค้าลำดับที่ 1 มีความต้องการรวมเท่ากับ 12,000 ลิตรและรถคันที่ 1 มีความสามารถในการบรรทุกเท่ากับ 16,000 ลิตร ดังนั้นจะเหลือความสามารถในการบรรทุกของรถคันที่ 1 เป็นค่าใหม่ซึ่งเท่ากับ 4,000 ลิตร สำหรับลูกค้ารายอื่น

ขั้นตอนที่ 5 พิจารณาลูกค้าในลำดับถัดไปโดยกลับไปทำขั้นตอนที่ 2 และ 3 ซ้ำ และใช้ขั้นตอนที่ 4 เป็นข้อจำกัดเมื่อจะเพิ่มลูกค้ารายอื่นๆ ในรถขนส่งคันเดียวกัน ไปจนกว่าจะจัดความต้องการน้ำมันของลูกค้าลงรถขนส่งได้ครบทุกลำดับ

ขั้นตอนที่ 6 ทำการคำนวณระยะทางที่รถขนส่งแต่ละคันจะต้องวิ่ง โดยคำนวณระยะทางจากตำแหน่งที่ 1 ซึ่งเป็นคลังน้ำมันไปยังตำแหน่งของลูกค้าทุกรายที่รถขนส่งคันนั้นต้องไปตามลำดับของลูกค้า และคำนวณระยะทางจากตำแหน่งสุดท้ายกลับมายังตำแหน่งที่ 1 ซึ่งจะได้ระยะทางทางรวมทั้งหมด ทำการคำนวนสำหรับรถทุกคัน กำหนดให้รูปแบบการเรียงลำดับลูกค้าเข้ารถขนส่งทั้งหมดนี้เป็นรูปแบบ A

หากเป็นรอบการคำนวนครั้งแรก กำหนดให้รูปแบบการเรียงลำดับลูกค้าเข้ารถขนส่งรูปแบบ A เป็นรูปแบบการเรียงลำดับที่ดีที่สุด S ด้วย และข้ามไปขั้นตอนที่ 7

หากไม่ใช่รอบการคำนวนครั้งแรก ให้เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของการเรียงลำดับลูกค้ารูปแบบ A กับค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของการเรียงลูกค้าในแบบที่ดีที่สุด S หากค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของการเรียงลำดับลูกค้าในแบบ A มากกว่าหรือเท่ากับค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของการเรียงลำดับลูกค้าในแบบ S หมายความว่าการเรียงลำดับลูกค้าในแบบ A นั้นไม่ดีพอ จึงให้ใช้การเรียงลำดับลูกค้าแบบ S ในรอบการคำนวณถัดไป แต่ถ้าค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของการเรียงลำดับลูกค้าในแบบ A น้อยกว่าค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของการเรียงลำดับลูกค้าในแบบ S หมายความว่าการเรียงลำดับลูกค้าในแบบ A นั้นดีกว่าการ

เรียงลำดับลูกค้าในแบบ S จึงกำหนดให้การเรียงลำดับลูกค้าในแบบ A แทนที่รูปแบบการเรียงลำดับที่ดีที่สุด S และใช้เป็นรูปแบบเปรียบเทียบสำหรับรอบการคำนวนถัดไป

ขั้นตอนที่ 7 ทำการตรวจสอบจำนวนรอบการคำนวนซ้ำ หากครบตามรอบการคำนวนซ้ำที่กำหนดไว้แล้วให้หยุดการคำนวน และใช้รูปแบบการเรียงลำดับลูกค้ารูปแบบ S เป็นคำตอบ แต่หากยังไม่ครบรอบการคำนวนซ้ำตามค่าที่ตั้งไว้ ทำการสุ่มตำแหน่งลูกค้า (ยกเว้นตำแหน่งที่ 1) จากตำแหน่งที่เคยใช้เพื่อให้ได้รูปแบบ S มา 2 รายและสลับลำดับกัน จากนั้นกลับไปขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนการหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติกทั้งหมดตามที่กล่าวมา สามารถเขียนเป็นแผนผังดังแสดงในรูปที่ 1 จากขั้นตอนข้างต้นจะสังเกตว่าคำตอบที่ได้ขึ้นกับลำดับตั้งต้นของลูกค้า ซึ่งการเปลี่ยนลำดับของลูกค้าขึ้นอยู่กับขั้นตอนที่ 7 ในการทดลองในหัวข้อที่ 6 ได้สุ่มลำดับลูกค้าที่จะสลับจากการสุ่มแบบ Purely Random

6. ตัวอย่างปัญหา

6.1. ข้อมูลที่ใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถ

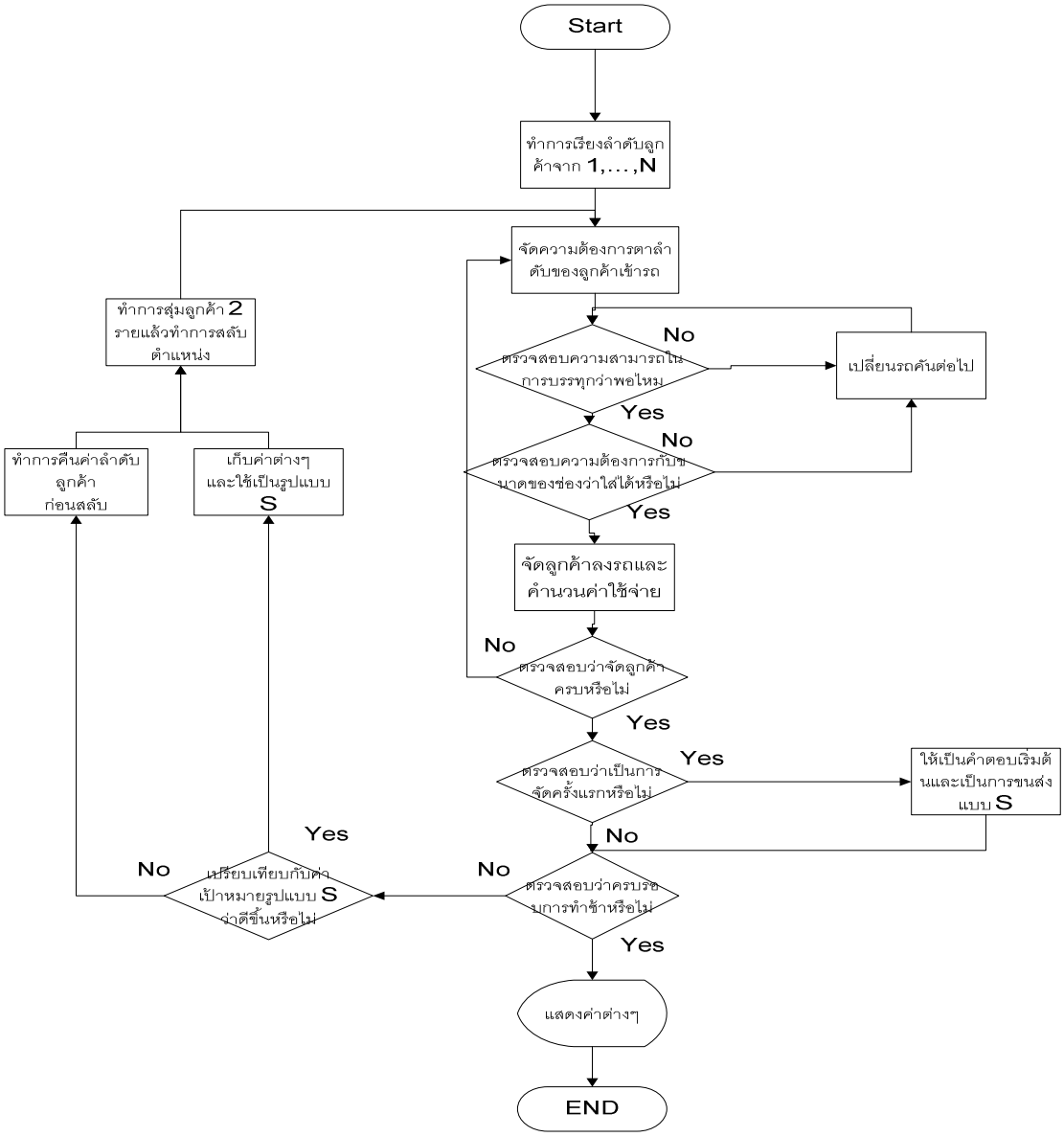
เพื่อเป็นตัวอย่างการประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติก กำหนดให้มีลูกค้าที่ต้องการน้ำมันอยู่ 18 ราย ซึ่งมีตำแหน่งที่ตั้งแตกต่างกัน (กำหนดให้เป็นตำแหน่งที่ 2 ถึง 19) น้ำมันเชื้อเพลิงที่ลูกค้าต้องการมีทั้งหมด 5 ชนิด และมีรถขนส่งที่มีขนาดบรรทุกแตกต่างกันทั้งหมด 12 คัน รถขนส่งทุกขนาดบรรทุกมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งเท่ากันอยู่ที่ 2 บาท/กิโลเมตร รถขนส่งแต่ละคันมีขนาดบรรทุก จำนวนช่องบรรจุน้ำมัน ขนาดของช่องบรรจุ แป้นวัดระดับ และค่าเช่ารถที่ไม่เท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 1 ตารางที่ 2 แสดงความต้องการน้ำมันแต่ละชนิดของลูกค้าแต่ละราย (ซึ่งความต้องการน้ำมันนั้น ลูกค้าสามารถที่จะสั่งได้ในปริมาณ 3,000 4,000 6,000 7,000 8,000 9,000 12,000 หรือ 16,000 ลิตร) และตารางที่ 3 แสดงระยะทางระหว่างตำแหน่งใดๆ

6.2. การจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธีปัจจุบัน

บริษัทกรณีศึกษาได้ทำการจัดเส้นทางเดินรถจากข้อมูลในหัวข้อ 6.1 โดยใช้ความรู้และประสบการณ์ของพนักงานผู้รับผิดชอบในการจัดเส้นทาง ซึ่งได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 2: ความต้องการน้ำมันแต่ละชนิดของลูกค้าในตำแหน่งต่างๆ (หน่วย: พันลิตร)

ชนิดน้ำมัน	ตำแหน่งที่																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ดีเซลหมุนเร็ว บี5	0	16	16	16	6	6	7	8	3	3	12	3	16	8	9	4	12	4	12
แก๊สโซฮอลล์ 91	0	0	0	0	0	0	0	0	4	7	0	3	0	0	0	0	0	0	0
แก๊สโซฮอลล์ 95	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0
ดีเซลหมุนเร็ว	0	0	0	0	0	0	0	0	8	7	4	6	0	0	0	0	0	0	0
แก๊สโซฮอลล์ 95 อี20	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	0	3	0	4	0	0	0	0	0



รูปที่ 1: ขั้นตอนการหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติก

จากตารางที่ 4 ระยะทางเดินรถรวมทั้งหมดเท่ากับ 7,479 กิโลเมตร คิดเป็นค่าขนส่งทั้งหมดเท่ากับ 14,958 บาท และมีการใช้รถขนส่งทั้งหมด 9 คัน คิดเป็นค่าเช่ารถทั้งหมดเท่ากับ 11,250 บาท ดังนั้นต้นทุนค่าขนส่งรวมเท่ากับ 26,208 บาท ซึ่งพนักงานใช้เวลาในการจัดเส้นทางประมาณ 1 ชั่วโมง

6.3. การจัดเส้นทางเดินรถโดยใช้โปรแกรม LINGO

นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในหัวข้อที่ 4 มาหาคำตอบโดยใช้โปรแกรม LINGO (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 3: ระยะทางระหว่างตำแหน่งใดๆ (หน่วย: กิโลเมตร)

ตำแหน่ง	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0	340	338	390	390	380	450	450	430	350	440	350	338	350	314	386	410	440	410
2	340	0	3	70	110	170	140	150	110	19	75	15	90	12	19	60	65	100	75
3	338	3	0	71	108	165	139	148	108	17	72	14	89	10	19	59	62	89	70
4	390	70	71	0	180	240	230	220	138	66	110	64	65	46	88	102	111	68	131
5	390	110	108	180	0	77	42	55	180	130	50	126	201	105	130	150	151	66	78
6	380	170	165	240	77	0	90	22	231	189	98	185	260	145	190	210	212	56	68
7	450	140	139	230	42	90	0	94	177	140	53	135	217	123	163	159	160	75	92
8	450	150	148	220	55	22	94	0	221	168	92	164	240	133	168	188	190	104	116
9	430	110	108	138	180	231	177	221	0	114	131	120	141	108	146	94	73	202	173
10	350	19	17	66	130	189	140	168	114	0	73	10	83	7	37	43	53	95	106
11	440	75	72	110	50	98	53	92	131	73	0	78	160	70	85	75	79	10	22
12	350	15	14	64	126	185	135	164	120	10	78	0	84	1	32	48	58	123	135
13	338	90	89	65	201	260	217	240	141	83	160	84	0	80	110	122	131	170	181
14	350	12	10	46	105	145	123	133	108	7	70	1	80	0	27	30	44	89	100
15	314	19	19	88	130	190	163	168	146	37	85	32	110	27	0	73	83	115	126
16	386	60	59	102	150	210	159	188	94	43	75	48	122	30	73	0	34	111	123
17	410	65	62	111	151	212	160	190	73	53	79	58	131	44	83	34	0	130	142
18	440	100	89	68	66	56	75	104	202	95	10	123	170	89	115	111	130	0	13
19	410	75	70	131	78	68	92	116	173	106	22	135	181	100	126	123	142	13	0

ตารางที่ 4: ผลการจัดเส้นทางเดินรถของบริษัทกรณีศึกษาในปัจจุบัน

รถคันที่	ความสามารถบรรทุก (ลิตร)	ตำแหน่งของลูกค้า (ตามลำดับการส่ง)	ค่าเช่ารถ (บาท)	ค่าขนส่ง (บาท)
1	16,000	18-19	1,000	1,726
2	16,000	4	1,000	1,560
3	16,000	11	1,000	1,760
4	16,000	13	1,000	1,352
5	32,000	12-10	1,250	1,420
6	40,000	2-3	1,500	1,362
7	40,000	5-6-7-8	1,500	2,202
8	40,000	9-10	1,500	1,788
9	40,000	14-15-16-17	1,500	1,788
ต้นทุนค่าขนส่งรวม (บาท)			11,250	14,958

ตารางที่ 5: ผลการจัดเส้นทางเดินรถโดยใช้โปรแกรม LINGO

รถคันที่	ความสามารถบรรทุก (ลิตร)	ตำแหน่งของลูกค้า (ตามลำดับการส่ง)	ค่าเช่ารถ (บาท)	ค่าขนส่ง (บาท)
1	16,000	11	1,000	1,760
2	16,000	19	1,000	1,640
3	32,000	12-15	1,250	1,392
4	40,000	9-16	1,500	1,820
5	40,000	10-17	1,500	1,626
6	40,000	4-13	1,500	1,586
7	40,000	7-3-2	1,500	1,864
8	40,000	14-5-8-6-18	1,500	2,056
ต้นทุนค่าขนส่งรวม (บาท)			10,750	13,744

ผลการจัดเส้นทางเดินรถโดยใช้โปรแกรม LINGO มีระยะทางเดินรถรวมเท่ากับ 6,872 กิโลเมตร คิดเป็นค่าขนส่งทั้งหมดเท่ากับ 13,744 บาท มีการใช้รถขนส่งทั้งหมด 8 คัน คิดเป็นค่าเช่ารถทั้งหมดเท่ากับ 10,750 บาท ดังนั้นต้นทุนค่าขนส่งรวมเท่ากับ 24,494 บาท และ LINGO ใช้เวลาในการหาคำตอบประมาณ 40 นาที (หมายเหตุ: ในความเป็นจริง LINGO ยังไม่หยุดการคำนวณเมื่อเวลาผ่านไป 10 ชั่วโมง แต่คำตอบที่ได้นั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากคำตอบที่กล่าวมาตั้งแต่ 40 นาทีแรก ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้คำตอบที่ได้ใน 40 นาทีแรกเป็นค่าอ้างอิง)

6.4. การจัดเส้นทางเดินรถโดยใช้วิธีฮิวริสติก

นำวิธีฮิวริสติกที่ได้นำเสนอในหัวข้อที่ 5 มาทำการหาเส้นทางเดินรถที่เหมาะสม โดยนำขั้นตอนการหาคำตอบของฮิวริสติกมาเขียนเป็นภาษาคอมพิวเตอร์โดยใช้ภาษา VBA (Visual Basic for Application) ใน Microsoft Excel หลังจากนั้นทำการหาคำตอบโดยการใช้ข้อมูลเดียวกันในหัวข้อที่ 6.1 ซึ่งได้ผลดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6: ผลการจัดเส้นทางเดินรถโดยใช้วิธีฮิวริสติก

รถคันที่	ความสามารถบรรทุก (ลิตร)	ตำแหน่งของลูกค้า (ตามลำดับการส่ง)	ค่าเช่ารถ (บาท)	ค่าขนส่ง (บาท)
1	32,000	12-15	1,250	1,392
2	40,000	11-7-8-6	1,500	1,978
3	40,000	4-13	1,500	1,586
4	40,000	9-16-14	1,500	1,808
5	40,000	2-3	1,500	1,362
6	40,000	17-10	1,500	1,626
7	40,000	19-18-5	1,500	1,758
ต้นทุนค่าขนส่งรวม (บาท)			10,250	11,510

ผลการจัดเส้นทางเดินรถโดยใช้วิธีฮิวริสติก มีระยะทางเดินรถรวมเท่ากับ 5,755 กิโลเมตร คิดเป็นค่าขนส่งทั้งหมดเท่ากับ 11,510 บาท มีการใช้รถขนส่งทั้งหมด 7 คัน คิดเป็นค่าเช่ารถทั้งหมดเท่ากับ 10,250 บาท ดังนั้นต้นทุนค่าขนส่งรวมเท่ากับ 21,760 บาท และใช้เวลาในการหาคำตอบประมาณ 1 นาที (โดยการทำซ้ำ 1,000 รอบ)

6.5. เปรียบเทียบผลการจัดเส้นทางเดินรถ

ตารางที่ 7 และ 8 แสดงการสรุปผลและการเปรียบเทียบการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงโดยเส้นทางที่ได้มาจากการใช้วิธีการหาคำตอบสามวิธีที่แตกต่างกันดังที่กล่าวมาในหัวข้อที่ 6.2-6.4

ตารางที่ 7: สรุปผลการจัดเส้นทางเดินรถ

หัวข้อเปรียบเทียบ	วิธีการ		
	ประสบการณ์ของพนักงาน	LINGO	วิธีฮิวริสติก
ระยะทางเดินรถรวม	7,479 กิโลเมตร	6,872 กิโลเมตร	5,755 กิโลเมตร
จำนวนรถขนส่ง	9 คัน	8 คัน	7 คัน
ต้นทุนค่าขนส่งรวม	26,208 บาท	24,494 บาท	21,760 บาท
เวลาในการจัดเส้นทาง	1 ชั่วโมง	40 นาที	1 นาที

ตารางที่ 8: เปรียบเทียบการจัดเส้นทางเดินรถ

หัวข้อเปรียบเทียบ	เปรียบเทียบวิธีการ	
	ประสบการณ์ของพนักงาน กับ LINGO	ประสบการณ์ของพนักงาน กับ วิธีฮิวริสติก
ระยะทางเดินรถรวม	ลดลง 8%	ลดลง 23%
จำนวนรถขนส่ง	ลดลง 12%	ลดลง 22%
ต้นทุนค่าขนส่งรวม	ลดลง 7%	ลดลง 17%
เวลาในการจัดเส้นทาง	ลดลง 33%	ลดลง 98%

7. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงหลายชนิด โดยรถขนส่งมีหลายขนาดบรรทุก ซึ่งรถขนส่งแต่ละคันยังมีการแบ่งช่องบรรจุน้ำมันเป็นหลายขนาด อีกทั้งยังมีแป้นวัดระดับน้ำมันในแต่ละช่องบรรจุอีกสองระดับ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหานี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยต้องการค่าใช้จ่ายในการขนส่งโดยรวมต่ำที่สุด และมีการพัฒนาวิธีฮิวริสติกโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณหาคำตอบ วิธีฮิวริสติกนี้สามารถหาเส้นทางเดินรถที่มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันทั้งในด้านของระยะทางเดินรถขนส่งโดยรวม จำนวนรถที่ใช้ ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนในการขนส่งทั้งหมดมีค่าต่ำกว่า รวมไปถึงเวลาที่ใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถที่ใช้เวลาในการหาคำตอบที่รวดเร็วขึ้นกว่าเดิมมาก วิธีฮิวริสติกนี้มีความยืดหยุ่นในการหาคำตอบที่ดีเพียงพอภายในเวลาอันรวดเร็วหากปัญหานี้มีขนาดใหญ่ขึ้น เช่น จำนวนที่มากขึ้นของลูกค้า รถขนส่ง หรือชนิดของน้ำมัน ซึ่งมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้โปรแกรม LINGO เพราะเวลาในการหาคำตอบจะทวีคูณขึ้นไปหากขนาดของปัญหาใหญ่ขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สัญญาเลขที่ MLSC 535009 และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือสำหรับความอนุเคราะห์โปรแกรม LINGO ในการวิจัยครั้งนี้

บรรณานุกรม

[1] กระทรวงพลังงาน, 2552, [Online] www.energy.go.th

[2] ปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) 2551, [Online] http://www.pttplc.com/TH/news-energy-fact-oil-price-bangkok.aspx#

[3] ส่วนงานยุทธศาสตร์โลจิสติกส์ สำนักวิเคราะห์โครงการลงทุนภาครัฐ, 2551, [Online] http://www.nesdb.go.th/Portals/0/tasks/dev_logis/report/data_1451200110.pdf

[4] Fallahi, A.E., Prins, C. and Calvo, R.W., 2008, “A memetic algorithm and a tabu search for the multi-compartment vehicle routing problem”, Computers & Operations Research, 35: 1725-1741

[5] Gillett, B. and Johnson, J., 1976, “Multi-terminal vehicle-dispatch algorithm”, Omega, 4: 711-718

[6] Golden, B.L. and Assad, A.A., 1988, “Vehicle Routing: Methods and Studies”, North-Holland, Amsterdam.

[7] Clarke, G. and Wright, J.W., 1964, “Scheduling of Vehicle from a Central Depot to a Number of Delivery Points”, Operations Research, 12: 568-581

[8] Desrochers, M., Laporte, G., 1991. “Improvements to the Miller-Tucker-Zemlin subtour elimination constraints”, Operations Research Letter, 10: 27-36

[9] Cornillier, F., Fayez, F.B., Laporte, G. and Renaud, J., 2008, “A heuristic for the multi-period petrol station replenishment problem”, European Journal of Operational Research, 191: 295-305

[10] Laporte, G. and Nobert, Y., 1987, “Exact algorithms for the vehicle routing problem” Annals of Discrete Mathematics, 31: 147-184

[11] Mendoza, J.E., Castanier, B., Guéret, C., Medaglia, A. and Velasco, N., 2009, “A memetic algorithm for the multi-compartment vehicle routing problem with stochastic demands”, Computers & Operations Research, 37: 1886-1898

[12] Lourenco, H.R, Martin, O.C. and Stutzle, T., 2002, “Iterated local search”, Handbook of Metaheuristics, Ed. F. Glover and G. Kochenberger, ISORMS 57, Kluwer: 321-353

[13] Fisher, M.L., Ball, M.O., Magnanti, T.L. and Monma, C.L., “Network Routing”, 1995, Handbooks in Operations Research and Management Science 8, North-Holland, Amsterdam: 1-33

[14] Savelsbergh, M.W.P. and Sol, M., 1995, “The general pickup and delivery problem”, Transportation Science, 29: 17-29

[15] Solomon, M.M., 1987, “Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problem with Time Windows Constraints”, Operations Research, 35(2): 245-265