

การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งแบบมีกรอบเวลา โดยวิธีการฮิวริสติกส์:

กรณีศึกษาบริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

Solving a Vehicle Routing Problem with Time Window by Heuristics Method:

A Case Study of Automotive Part Manufacturer

จารุพงษ์ บรรเทา^{1*}, นันทพัทธ์ สันติวงษ์¹, วีระชัย ตาลกลาง¹

^{1*} สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

โทร 044-272098 โทรสาร 044-272098 E-mail b.jarupong@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอการประยุกต์ใช้วิธีการฮิวริสติกส์สำหรับการจัดเส้นทางขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ให้กับโรงงานการศึกษา โดยคำนึงถึงจำนวนรถขนส่งที่มีอย่างจำกัด ภายใต้ความต้องการและกรอบเวลาของลูกค้าแต่ละรายที่ไม่เท่ากัน ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการฮิวริสติกส์ที่มีความเหมาะสมกับปัญหาของกรณีศึกษา ในการแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการทดลองด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ 4 วิธีคือ Saving heuristic (SA), Nearest Heuristic (NH), Max-Nearest Heuristic (MNH) และ Earliest Due Date (EDD) ได้ผลสรุปจากการเปรียบเทียบการทดลองพบว่าวิธีการฮิวริสติกส์ 4 วิธี สามารถจัดเส้นทางได้ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โดยพบว่าวิธี MNH ให้ระยะทางการจัดเส้นทางที่สั้นที่สุดคือ 121.94 กิโลเมตร แต่วิธี EDD มีค่าการขนส่งเกินเวลากำหนดน้อยที่สุดคือ 4 ชั่วโมง 18 นาที และยังสามารถลดการจ้างรถจากภายนอกลดลง 30.58%

คำหลัก: ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง; กรอบเวลา; ฮิวริสติกส์; กำหนดส่งมอบเร็วที่สุด

ABSTRACT

This research present heuristics to routes for a case study of automotive manufacturer with regard to number of vehicles is limited. Under the requirements and time window of each customer is different. The main objective to find a heuristic to solve these problem. To solve the problem, the researchers was conducted four heuristics: Saving heuristic (SA), Nearest Heuristic (NH), Max-Nearest Heuristic (MNH) and Earliest Due Date (EDD). The results from comparing all four heuristics found that MNH was the shortest route of 121.94 kilometers. However, EDD was shortened the overtime for 4 hours 18 minutes. Moreover, EDD can reduce the outsources for transport about 30.58%

Keywords: Vehicle Routing Problem; Time Window; Heuristics; Earliest Due Dat

บทนำ

ในปัจจุบันสภาวะการแข่งขันทางธุรกิจมีความเข้มข้นมากขึ้น จึงทำให้องค์กรต่างๆต้องปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ซึ่งระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just In Time: JIT) ที่มีการประยุกต์ใช้กันในปัจจุบัน เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ช่วงเวลาความต้องการสินค้าจัดแบ่งตามการส่งสินค้าตามช่วงเวลาที่กำหนดเพื่อลดการจัดเก็บสินค้า จากการศึกษาปัญหาเบื้องต้นของกรณีศึกษาพบว่า ลูกค้านៃกรณีศึกษามีความต้องการเพิ่มกำลังการผลิตให้สูงขึ้นเพื่อผลิตสินค้าให้ทันต่อความต้องการ ส่งผลให้ต้องใช้พื้นที่ในคลังเพื่อเก็บสินค้าเพิ่มมากขึ้น และไม่มีพื้นที่ในการรองรับวัตถุดิบจำนวนมากๆ ได้ในคราวเดียว ลูกค้านៃกำหนดนโยบายให้ทางกรณีศึกษาทยอยส่งวัตถุดิบเป็นแบบหลายรอบในแต่ละวัน เมื่อมีการปรับเปลี่ยนการขนส่งแบบตรงเวลา กรณีศึกษาจึงต้องการจ้างรถขนส่งจากภายนอก ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งเพิ่มขึ้น จากปัญหาที่กล่าวมาถือได้ว่าเป็นปัญหาด้านการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Window: VRPTW) เพราะจะต้องส่งมอบวัตถุดิบให้แก่ลูกค้าที่มีระบบการผลิตแบบ JIT ซึ่งกรณีศึกษาจะต้องจัดเส้นทางขนส่งวัตถุดิบเพื่อให้เสียค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ในขณะที่เดียวกันต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขเวลาการส่งมอบวัตถุดิบให้แก่ลูกค้า ปัญหา VRPTW เป็นปัญหาที่ขยายมาจากปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าเป็นปัญหาแบบ NP-hard ดังนั้น VRPTW จึงเป็นปัญหาแบบ NP-hard เช่นกัน และมีความยุ่งยากซับซ้อนมากกว่า VRP ทำให้การหาคำตอบโดยใช้วิธีทางฮิวริสติกส์ (Heuristics) เป็นที่นิยมใช้ในการแก้ปัญหา วิธีทางฮิวริสติกส์มีหลายวิธีจึงจำเป็นต้องศึกษาหาวิธีทางฮิวริสติกส์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาดังที่กล่าวมา

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะทำการศึกษารวบรวมเรื่องการจัดเส้นทางขนส่งยานพาหนะ โดยใช้วิธีการทางฮิวริสติกส์ 4 วิธี ได้แก่ วิธี Saving heuristic (SA), Nearest Heuristic (NH), Max-Nearest Heuristic

(MNH) และ Earliest Due Date (EDD) ศึกษาและวิเคราะห์แก้ไขปัญหาคำตอบในแต่ละวิธีข้างต้นนี้ โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อจัดเส้นทางของปัญหา VRPTW โดยใช้วิธีการฮิวริสติกส์เพื่อทราบว่ามีวิธีการฮิวริสติกส์แบบใดเหมาะสมที่สุดกับปัญหาของบริษัทกรณีศึกษา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลา มีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย โดยจะมีการหาคำตอบโดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถค้นหาคำตอบที่ดีได้อย่างรวดเร็ว วิไลวรรณ แก่นสาร และ สมบัติ สินธุเขาน [1] ได้ศึกษาวิธีการฮิวริสติกส์ สำหรับระบบการจัดการขยะ ซึ่งจัดทำเพื่อแก้ปัญหาในการลดต้นทุน งานวิจัยข้างต้นได้ประยุกต์วิธีการหาคำตอบด้วยวิธีการ Saving Heuristic, Nearest Heuristic และ Max-Nearest เพื่อทำการเปรียบเทียบกัน ผลการทดลองพบว่าวิธี Saving Heuristic ให้คำตอบที่ดีที่สุด และยังมีงานวิจัยของอนันต์ มุ่งวัฒนา และ ธริณี มณีศรี [2] ซึ่งได้เปรียบเทียบวิธีเมต้าฮิวริสติกส์หลายวิธีสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งแบบมีกรอบเวลา กรณีมีรถขนส่งหลายขนาดและแบ่งแยกส่งสินค้าได้ โดยเป็นการเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการเมต้าฮิวริสติกส์ของปัญหา (VRPTW) โดยทำการเปรียบเทียบวิธีที่พัฒนาขึ้น 3 วิธี ด้วยการเปรียบเทียบสมรรถนะด้วยดัชนีบ่งชี้ 2 ตัว คือ คุณภาพของผลเฉลยและเวลาที่ใช้ในการประมวลผล จากการทดลองพบว่าวิธีที่ดีที่สุดคือวิธีที่พัฒนาขึ้นร่วมกันวิธีค้นหาทาบ (FBTS) เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ผลเฉลยที่เหมาะสมโดยใช้เวลาในการประมวลผลน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Sam, R.T. [3] ได้ประยุกต์รูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งแบบมีกรอบเวลาเพื่อลดค่าใช้จ่ายของการขนส่งโดยคำนวณเฉพาะค่าใช้จ่ายจาก

เวลาเดินทางจากลูกค้าหนึ่งไปยังลูกค้าถัดไปในเที่ยวขนส่งหนึ่งๆ เท่านั้น และแยกเวลารอคอยกับเวลาให้บริการแต่ละลูกค้าเป็นเวลาพบปะลูกค้าโดยไม่ได้นำมาคิดเป็นค่าใช้จ่าย นอกจากนี้ยังยอมให้ส่งสินค้าได้ก่อนและหลังเวลาที่กำหนดได้แต่ไปเพิ่มโทษในสมการเป้าหมายแทน ส่วน Landrieu และคณะ [4] ได้ประยุกต์รูปแบบของ VRPTW เพื่อลดต้นทุนการขนส่งแบบ Pickup และ Deliver Time แต่ไม่ยอมให้รถไปถึงช้ากว่ากรอบเวลาที่กำหนด แต่ถ้ามาถึงก่อนเวลาจะต้องรอจนถึงกรอบเวลาที่สามารถส่งมอบได้ ตัวอย่างของงานวิจัยที่คำนึงถึงกรอบเวลาเป็นข้อจำกัดที่ยืดหยุ่นไม่ได้คือ Tan และคณะ [5] ซึ่งกำหนดระยะเวลาที่รถสามารถวิ่งได้สูงสุดต่อหนึ่งเส้นทางทุกคันเป็นเงื่อนไขเพิ่มเติมจากการที่รถแต่ละคันมีความจุจำกัดเพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าใช้จ่ายการขนส่งต่ำลง ดังที่งานวิจัยของ กฤตณภัทร สวาสดี [6] ได้เสนอการจัดเส้นทางแบบพลวัตที่มีข้อจำกัดด้านเวลาและความจุของยานพาหนะ ซึ่งข้อมูลความต้องการการขนส่งจะทยอยเข้ามาในระบบ โดยใช้วิธีการฮิวริสติกส์แบบ Insertion และ GRASP ในการหาคำตอบในการจัดเส้นทาง โดยวิธีการฮิวริสติกส์จะทำงานวนซ้ำ 3 กระบวนการ คือ กระบวนการจัดเตรียมข้อมูล กระบวนการจัดเส้นทาง และกระบวนการกำหนดเวลาออกของยานพาหนะ สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทางแบบต่อเนื่อง ยศศิริ อุดมศักดิ์ [7] ได้ศึกษาปัญหา VRPTW โดยพยายามรวมเที่ยวการส่งสินค้าหลายๆ เที่ยวเข้าด้วยกัน เพื่อให้สามารถบรรทุกได้เต็มคันยานพาหนะ การเดินทางแบบนี้จะมีสถานที่เริ่มต้นและสถานที่ปลายทางหลายแห่ง โดยนำเสนอการพิจารณาความต้องการการขนส่งเป็นรอบการขนส่งโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการก่อกำเนิดสดมภ์เข้าช่วยในการแก้ปัญหา (Exact Column Generation Based Branch-and-bound Algorithm) และนำเสนอวิธีการ

ฮิวริสติกส์เพื่อการสร้างแบบจำลองลดขนาด (Reduced Size Problem) โดยหากผลที่ได้ไม่ใช่ผลเฉลยที่ดีที่สุดก็จะเพิ่มตัวแปรที่สามารถให้ผลเฉลยที่ดีขึ้นได้ ขณะที่ Nag และคณะ [8] ทำการวิจัยการจัดเส้นทางโดยมีการใช้ยานพาหนะหลายขนาดและมีเงื่อนไขของเขตการส่งที่ส่งผลต่อการเลือกใช้ประเภทของยานพาหนะ โดยใช้ First-cut Algorithm เป็นวิธีการเลือกยานพาหนะที่เหมาะสมก่อน และใช้เทคนิค Sweep เป็นวิธีการในการจัดเส้นทาง และใช้เทคนิค 2-opt เป็นวิธีการในการปรับปรุงเส้นทาง นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ได้ประยุกต์ใช้วิธีการฮิวริสติกต่างๆ เพื่อแก้ปัญหา VRPTW เช่น อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (Genetics Algorithm: GA) อัลกอริทึม Simulated Annealing (SA) และวิธี Branch and Bound เป็นต้น

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 การศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งแบบมีกรอบเวลา

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของ VRPTW จากงานวิจัยของ สวานลิณี อุดมสมบัติมีชัย [9] เป็นตัวแบบที่จะนำมากำหนดกรอบปัญหาของกรณีศึกษา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ การเดินทางของรถบรรทุก k โดยที่ $k = \{1, \dots, K\}$ ที่มีน้ำหนักบรรทุกสูงสุด d_k โดยเดินทางขนส่งไปยังจุดขนส่งที่อยู่บนกราฟ G โดย $G = (V, A)$ เซต $V = \{1, \dots, n\}$ เป็นเซตของจุดขนส่ง (Delivery point) ที่มีจำนวน n ตำแหน่ง น้ำหนักที่ต้องการบรรทุก d_k เซต $A = \{(i, j) : i \in V, j \in V, i \neq j\}$ เป็นเซตของอาร์ค (Arcs) แต่ละจุดขนส่ง i มีน้ำหนักบรรทุก d_k โดยการเดินทางขนส่งต้องมาถึงจุดขนส่งก่อนเวลา b_i แต่ถ้ามาถึงก่อนเวลา a_i จะต้องรอคอยจนถึงเวลา a_i จึงจะเริ่มส่งมอบ ในแต่ละตำแหน่งมีเวลาในการ

ให้บริการเท่ากับ o_i ให้ c_{ij} เป็นระยะทางการขนส่งจากจุดขนส่ง i ไป j ให้ t_{ij} เป็นระยะเวลาการขนส่งจากจุดขนส่ง i ไป j จะได้ความสัมพันธ์ $t_{ij} + a_i + o_i \leq b_j$ ทุกคู่ลำดับ (i, j) ให้ S_{ik} เป็นระยะเวลาที่รถขนส่ง k มาถึงจุดขนส่ง i

ดังนั้นตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหา VRPTW ให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดมีรายละเอียดดังแสดงข้างล่างนี้ (โดยให้จุดขนส่ง 1 และสร้างจุดขนส่งเทียม $n+1$ เป็นคลังสินค้า โดยจุดขนส่งเทียม $n+1$ มีตำแหน่งเดียวกับจุดขนส่ง 1 กำหนดจำนวนรถบรรทุกเท่ากับ k)

กำหนดให้

i = ลูกค้าตำแหน่งที่ i

j = ลูกค้าตำแหน่งที่ j

k = รถคันที่ k

d_i = ปริมาณความต้องการของลูกค้า ตำแหน่งที่ i

a_i = เวลาเร็วที่สุดที่สามารถส่งสินค้าได้ของลูกค้าตำแหน่งที่ i

b_i = เวลาช้าที่สุดที่สามารถส่งสินค้าได้ ของลูกค้าตำแหน่งที่ i

o_i = เวลาที่ใช้ในการส่งมอบสินค้าของลูกค้าตำแหน่งที่ i

c_{ij} = ระยะทางในการขนส่งจากจุดขนส่ง i ไป j

t_{ij} = ระยะเวลาในการขนส่งจากจุดขนส่ง i ไป j

s_{ij} = ตัวแปรที่มีค่าเป็นระยะเวลาที่มาถึงจุดขนส่ง i โดยรถคันที่ k

x_{ijk} = ตัวแปรตัดสินใจที่มีค่า $\{0,1\}$ มีค่าเท่ากับ 1 จากจุด i ไปจุด j โดยรถ k

Minimize

$$\min \sum_{k=1}^k \sum_{i=1}^{n+1} \sum_{j=1}^{n+1} c_{ijk} x_{ijk}$$

Subject To

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=2}^n d_j x_{ijk} \leq D_k, \forall k \quad (2)$$

$$\sum_{j=2}^n x_{1jk} = 1, \forall k \quad (3)$$

$$\sum_{i=2}^n x_{in+1k} = 1, \forall k \quad (4)$$

$$\sum_{j=2}^n x_{1jk} = 0, \forall k \quad (5)$$

$$\sum_{i=2}^n x_{in+1k} = 0, \forall k \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ihk} - \sum_{j=2}^{n+1} x_{hjk} = 0, \forall h : 1 < h < n+1 \quad (7)$$

$$\sum_{j=2}^n \sum_{k=1}^K x_{ijk} = 1, \forall i : 1 < i < n+1 \quad (8)$$

$$s_{ik} + t_{ij} - M \times (1 - x_{ijk}) + r_i \leq s_{jk}, \forall i, \forall j, \forall k \quad (9)$$

$$s_{ik} \geq a_i, \forall i, \forall k \quad (10)$$

$$s_{ik} \leq b_i, \forall i, \forall k \quad (11)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\}, \forall i, \forall j, \forall k \quad (12)$$

เงื่อนไขที่ (1) เงื่อนไขเป้าหมายเพื่อหาระยะเวลาในการเดินทางน้อยที่สุด เงื่อนไขที่ (2) เงื่อนไขกำหนดความจุรวมไม่เกินกว่าความจุของรถ เงื่อนไขที่ (3) เงื่อนไขกำหนดให้รถทุกคันต้องเริ่มออกจากจุดที่ 1 (คลังสินค้า) เสมอ เงื่อนไขที่ (4) เงื่อนไขกำหนดให้รถทุกคันต้องกลับมาจุดที่ $n+1$ (คลังสินค้า) เสมอ เงื่อนไขที่ (5) เงื่อนไขกำหนดให้รถทุกคันต้องไม่ออกจากจุดที่ $n+1$ เสมอ เงื่อนไขที่ (6) เงื่อนไขกำหนดให้รถทุกคันต้องไม่

กลับมาจุดที่ 1 เสมอ เงื่อนไขที่ (7) เงื่อนไขกำหนดให้จุดทุกจุดต้องมีการเข้าและออกเสมอ เงื่อนไขที่ (8) เงื่อนไขกำหนดให้รถแต่ละคันไม่สามารถเลือกจุดที่ซ้ำกันได้ เงื่อนไขที่ (9) เงื่อนไขกำหนดให้เวลาที่รถออกจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ไม่เกินกว่าเวลาจุดใหม่ เงื่อนไขที่ (10) เงื่อนไขกำหนดให้เวลาเข้าต้องไม่ต่ำกว่า a_i เงื่อนไขที่ (11) เงื่อนไขกำหนดให้เวลาออกต้องไม่เกินกว่า b_i เงื่อนไขที่ (12) เงื่อนไขค่า ต้องเป็นค่า 0,1 เท่านั้น จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหา VRPTW สามารถอธิบายได้ดังนี้ เงื่อนไขที่ (1) – (12) นี้ในกรณีที่ไม่ทราบจำนวน จะต้องทดลองแทนค่า จนได้ค่า ที่ให้คำตอบที่เป็นไปได้ เงื่อนไขที่ (1) – (12) เงื่อนไขค่า x_{ijk} ต้องเป็นค่า 0,1 เท่านั้น จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ VRPTW สามารถอธิบายได้ดังนี้ เงื่อนไขที่ (1) – (12) นี้ในกรณีที่ไม่ทราบจำนวน จะต้องทดลองแทนค่า จนได้ค่า ที่ให้คำตอบที่เป็นไปได้ เงื่อนไขที่ (1) – (12) นี้อาจจะใช้เวลาในการแก้ปัญหา นานมาก เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้จำนวนตัวแปรที่จะทำการแตกกิ่งมีจำนวนมากขึ้นตาม ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการหาคำตอบที่ค่าใกล้เคียงกับค่าเหมาะสม โดยวิธีการฮิวริสติกส์

3.2 ข้อมูลงานวิจัย

การเก็บข้อมูลงานวิจัยนี้ มีส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องดังนี้ ตำแหน่งที่ตั้งของโรงงาน (Location of Plant), ตำแหน่งที่ตั้งของลูกค้าลูกค้า (Location of Customers), จำนวนสินค้าที่ต้องส่งให้ลูกค้าแต่ละราย (Demand), ระยะเวลาการรับ-ส่งสินค้าหรือรอบเวลา (Time Windows) โดยมีรายละเอียดของข้อมูลดังนี้

3.2.1 ตัวแปรต้น (Independent Variables)

ในงานวิจัยนี้มีตัวแปรต้น คือ จำนวนความต้องการและกรอบเวลา โดยจำนวนความต้องการของลูกค้ามีหน่วยเป็นจำนวนภาค เพื่อที่จะใช้คำนวณหากรอบการส่งสินค้าไปยังลูกค้า โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1 ส่วนข้อมูลกรอบเวลา ประกอบด้วย เวลาเริ่ม และเวลาสิ้นสุด โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ความต้องการของลูกค้า

ลูกค้า	ความต้องการ	ลูกค้า	ความต้องการ
ลูกค้า รายที่ 1	80	ลูกค้า รายที่ 10	90
ลูกค้า รายที่ 2	200	ลูกค้า รายที่ 11	120
ลูกค้า รายที่ 3	60	ลูกค้า รายที่ 12	190
ลูกค้า รายที่ 4	130	ลูกค้า รายที่ 13	100
ลูกค้า รายที่ 5	170	ลูกค้า รายที่ 14	320
ลูกค้า รายที่ 6	100	ลูกค้า รายที่ 15	160
ลูกค้า รายที่ 7	220	ลูกค้า รายที่ 16	210
ลูกค้า รายที่ 8	160	ลูกค้า รายที่ 17	100
ลูกค้า รายที่ 9	300		

3.2.3 ตัวแปรตาม (Dependent Variables)

ปรตาม คือ เส้นทางการทำงานวิจัยนี้มีตัวแปรขนส่งสินค้า,ระยะทางการขนส่งสินค้า, เวลาในการขนส่ง และค่าความแตกต่างระหว่างเวลากำหนดส่งสินค้าและเวลาส่งสินค้า ซึ่งตัวแปรตามนั้นจะมี

เปลี่ยนแปลงเมื่อชุดข้อมูลตัวแปรต้นเปลี่ยนไป

ตารางที่ 2 กรอบเวลา (Time Windows) ของ
กรณีศึกษาทั้ง 5 รูปแบบ

ลูกค้า 1	กรอบเวลาที่ 1 (นาฬิกา)		กรอบเวลาที่ 2 (นาฬิกา)		กรอบเวลาที่ 3 (นาฬิกา)		กรอบเวลาที่ 4 (นาฬิกา)		กรอบเวลาที่ 5 (นาฬิกา)	
	เวลา เริ่ม	เวลา สิ้นสุด	เวลา เริ่ม	เวลาเริ่ม	เวลา เริ่ม	เวลา เริ่ม	เวลา เริ่ม	เวลา สิ้นสุด	เวลา เริ่ม	เวลา สิ้นสุด
1	8:15	8:30	10:00	8:15	8:15	8:45	8:15	8:30	8:15	8:30
2	8:20	8:30	10:00	8:20	8:20	9:15	13:00	13:30	8:20	8:50
3	9:55	10:15	10:00	9:55	9:55	9:45	9:00	9:45	9:30	10:40
4	11:30	12:10	10:00	11:30	11:30	10:15	14:00	15:00	10:00	11:00
5	11:30	12:10	12:00	11:30	11:30	10:45	10:00	10:15	10:30	10:45
6	11:50	12:30	12:00	11:50	11:50	11:15	15:00	15:30	9:55	10:25
7	9:45	10:15	12:00	9:45	9:45	11:45	11:00	11:45	11:30	12:15
8	9:45	10:05	12:00	9:45	9:45	12:15	16:00	17:00	12:00	13:00
9	9:50	10:10	14:00	9:50	9:50	12:45	8:30	8:45	12:30	12:45
10	9:45	10:15	14:00	9:45	9:45	13:15	13:15	13:45	13:00	13:30
11	11:35	12:20	14:00	11:35	11:35	13:45	9:15	10:00	13:30	14:15
12	14:40	15:25	14:00	14:40	14:40	14:15	14:15	15:15	14:00	15:00
13	11:40	12:15	16:00	11:40	11:40	14:45	10:15	10:30	14:00	14:15
14	14:30	15:20	16:00	14:30	14:30	15:15	15:15	15:45	16:00	16:30
15	14:35	15:20	16:00	14:35	14:35	15:45	11:15	12:00	16:00	16:45
16	14:50	15:30	16:00	14:50	14:50	16:15	14:15	15:15	14:50	15:50
17	14:30	15:10	16:00	14:30	14:30	16:45	16:15	17:30	16:15	17:30

ตารางที่ 3 พิกัดที่ตั้งโรงงานและบริษัทของลูกค้า

ตำแหน่ง	ละติจูด	ลองจิจูด	ตำแหน่ง	ละติจูด	ลองจิจูด
โรงงาน	13.0881	100.8998	ลูกค้ารายที่ 10	13.1140	100.9597
ลูกค้ารายที่ 1	13.0911	100.9028	ลูกค้ารายที่ 11	13.1195	100.9933
ลูกค้ารายที่ 2	13.0760	100.9150	ลูกค้ารายที่ 12	13.1163	101.0041
ลูกค้ารายที่ 3	13.0884	100.9604	ลูกค้ารายที่ 13	13.1293	100.9880
ลูกค้ารายที่ 4	13.1105	100.9768	ลูกค้ารายที่ 14	13.1445	100.9862
ลูกค้ารายที่ 5	13.1244	100.9805	ลูกค้ารายที่ 15	13.1465	100.9522
ลูกค้ารายที่ 6	13.1333	100.9407	ลูกค้ารายที่ 16	13.1485	100.9467
ลูกค้ารายที่ 7	13.0921	100.9595	ลูกค้ารายที่ 17	13.1586	100.9494
ลูกค้ารายที่ 8	13.0940	100.9549			
ลูกค้ารายที่ 9	13.0952	100.9676			

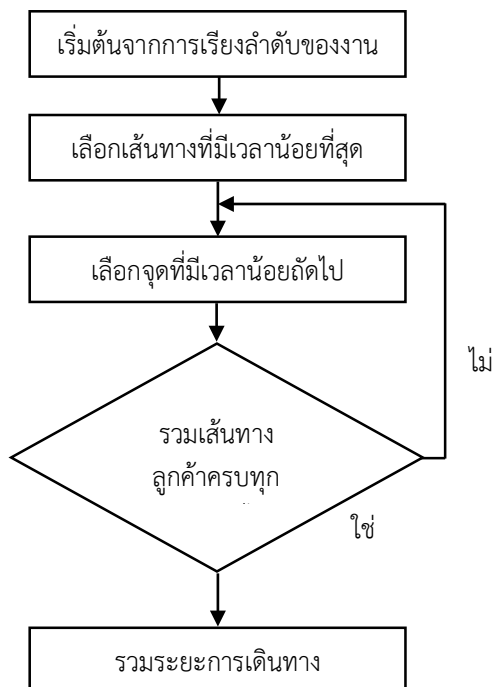
3.2.3 พิกัดที่ตั้งของกรณีศึกษาและลูกค้าของกรณีศึกษา

ตำแหน่งที่ตั้งต่าง ๆ นั้น จะนำข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinates) โดยเก็บข้อมูลมาได้เป็นพิกัดละติจูด (Latitude) และลองจิจูด (Longitude) ดังตารางที่ 3

3.3 การแก้ไขปัญหาโดยใช้วิธี Earliest Due Date (EDD)

ในงานวิจัยนี้ได้ทดลองจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ EDD เพื่อเปรียบเทียบผลกับวิธี Saving heuristic (SA), Nearest Heuristic (NH), Max-Nearest Heuristic (MNH) ซึ่งเป็นวิธีการฮิวริสติกที่นิยมใช้ โดยวิธีการฮิวริสติกส์ EDD ปารเมศ ชูติมา[10] กล่าวว่า แนวทางหนึ่งของการจัดตารางการผลิต เพื่อให้งานสามารถส่งมอบทันตามกำหนดคือ การจัดลำดับของงานตามค่าของตัววัดความเร่งด่วนบางประการ ซึ่งหนึ่งในตัววัดที่กล่าวถึงนี้ คือ เวลาที่เหลือก่อนจะถึงกำหนดส่งมอบ เรียกว่า วิธีกำหนดส่งมอบเร็วที่สุด (Earliest Due Date: EDD) จะทำให้เวลาสายมากที่สุดของงานในตารางมีค่าน้อยที่สุด

ขั้นตอนในการหาลำดับของงานที่ดีที่สุดสามารถสร้างได้โดยใช้ขั้นตอนดัง ภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังขั้นตอนของวิธี EDD

ผลการวิจัย

การดำเนินงานการจัดเส้นทางขนส่งแบบมีกรอบเวลา ภายใต้เงื่อนไขคือ การเดินทางขนส่งสินค้าจากกรณีศึกษาไปยังลูกค้าจำนวน 17 ราย โดยความสามารถในการบรรจุสินค้าของรถเท่ากับ 500 ถาดต่อรอบ และใช้ความเร็วเฉลี่ยรถในขนส่งคือ 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งได้ผลการทดสอบการจัดเส้นทางขนส่งด้วยวิธี EDD ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวในการจัดเส้นทาง โดยเส้นทางจะเปลี่ยนไปตามกรอบเวลาที่กำหนดไว้ จากนั้นจึงนำมาหาค่าความแตกต่างระหว่างเวลากำหนดส่งสินค้าและเวลาส่งสินค้า ซึ่งแสดงรายละเอียดของผลการทดสอบดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการจัดเส้นทางของวิธี EDD

การจัดเส้นทางโดยวิธี EDD กรอบเวลาที่ 1			
เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ค่าความแตกต่างระหว่างเวลากำหนดส่งสินค้าและเวลาส่งสินค้า (ชั่วโมง:นาที)	
		ก่อน	หลัง
0 - 1 - 2 - 8 - 0 - 7 - 10 - 0 - 9 - 3 - 4 - 0 - 5 - 11 - 13 - 6 - 0 - 17 - 14 - 0 - 15 - 12 - 0 - 16 - 0	130.56	2:33	7:01

ตารางที่ 4 ผลการจัดเส้นทางของวิธี EDD (ต่อ) การจัดเส้นทางโดยวิธี EDD กรอบเวลาที่ 2			
เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ค่าความแตกต่าง ระหว่างเวลา กำหนดส่งสินค้า และเวลาส่งสินค้า (ชั่วโมง:นาที)	
		ก่อน	หลัง
0 - 4 - 3 - 2 - 1 - 0 - 7 - 6 - 5 - 0 - 8 - 9 - 0 - 10 - 11 - 12 - 13 - 0 - 14 - 15 - 0 - 16 - 17 - 0	116.66	1:45	0:05

การจัดเส้นทางโดยวิธี EDD กรอบเวลาที่ 3			
เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ค่าความแตกต่าง ระหว่างเวลากำหนด ส่งสินค้าและเวลาส่ง สินค้า (ชั่วโมง:นาที)	
		ก่อน	หลัง
0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 0 - 5 - 7 - 6 - 0 - 8 - 9 - 0 - 10 - 11 - 12 - 13 - 0 - 14 - 15 - 0 - 16 - 17 - 0	116.54	2:21	4:11
การจัดเส้นทางโดยวิธี EDD กรอบเวลาที่ 4			
เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ค่าความแตกต่าง ระหว่างเวลากำหนด	

		ส่งสินค้าและเวลาส่ง สินค้า (ชั่วโมง:นาที)	
		ก่อน	หลัง
0 - 1 - 9 - 3 - 0 - 11 - 5 - 13 - 0 - 7 - 15 - 0 - 2 - 10 - 4 - 0 - 12 - 16 - 6 - 0 - 14 - 8 - 0 - 17 - 0	136.88	1:48	0:22
การจัดเส้นทางโดยวิธี EDD กรอบเวลาที่ 5			
เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ค่าความแตกต่าง ระหว่างเวลากำหนด ส่งสินค้าและเวลาส่ง สินค้า (ชั่วโมง:นาที)	
		ก่อน	หลัง
0 - 1 - 2 - 3 - 6 - 0 - 4 - 5 - 0 - 7 - 8 - 0 - 9 - 10 - 0 - 11 - 13 - 12 - 0 - 16 - 0 - 14 - 15 - 0 - 17 - 0	141.73	1:06	0:22

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลของวิธี Earliest Due Date (EDD) ดังที่กล่าวมา คณะผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระยะทาง และค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างระหว่างเวลากำหนดส่งสินค้าและเวลาส่งสินค้า กับวิธีฮิวริสติกส์อีก 3 วิธี คือ 1) Saving Algorithm (SA) ซึ่งพิจารณาระยะทางประหยัดที่สุด 2) Nearest Heuristic (NH) ซึ่งจะพิจารณาการจัด

เส้นทางไปยังลูกค้าที่ใกล้ที่สุดเป็นลำดับแรก และ 3) Max-Nearest Heuristic (MNH) ซึ่งจะพิจารณาลูกค้าที่มีระยะทางที่ใกล้ที่สุดเป็นลำดับแรก ดังแสดงในตารางที่ 5 ดังนี้

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบผลของวิธีฮิวริสติกส์

วิธีการ	ค่าเฉลี่ยระยะทาง (กม.)	ค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างระหว่างเวลากำหนดส่งสินค้าและเวลาส่งสินค้า (ชั่วโมง: นาที)	
		ก่อน	หลัง
Earliest Due Date	128.47	1:54	2:24
Saving Algorithm	135.83	22:29	32:33
Nearest Heuristic	125.91	19:05	17:14
Max-Nearest Heuristic	121.94	19:59	29:12

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าวิธี EDD มีค่าเฉลี่ยระยะทางมากกว่าวิธี MNH และ NH อยู่ที่ 5.36% และ 2.03% และมีค่าเฉลี่ยระยะทางน้อยกว่าวิธี SA อยู่ที่ 5.73% แต่วิธี EDD มีค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างระหว่างเวลากำหนดส่งสินค้าและเวลาส่งสินค้าดีที่สุด ซึ่งดีกว่าวิธี NH มีค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างระหว่างเวลากำหนดส่งสินค้าและเวลาส่งสินค้า (ก่อน) เท่ากับ 17 ชั่วโมง 11 นาที และมีค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างระหว่างเวลากำหนดส่งสินค้าและเวลาส่งสินค้า (หลัง) เท่ากับ 14 ชั่วโมง 50 นาที

จากผลการเปรียบเทียบจะเห็นว่าผลของระยะทางของวิธี EDD นั้นด้อยกว่า MNH และ NH ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กรณศึกษายอมรับได้ แต่ค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างระหว่างเวลากำหนดส่งสินค้าและเวลาส่งสินค้า ทั้งก่อนและหลัง ของวิธี EDD ให้ค่าที่ต่ำกว่าทั้ง 3 วิธี

สรุปผลงานวิจัย

จากการทดสอบตามปัจจัยที่ออกแบบไว้โดยแต่ละกรอบเวลาของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลทดสอบซ้ำกันด้วยวิธีฮิวริสติกส์ทั้ง 4 วิธี ได้แก่ SA, NH, M-NH และ EDD เพื่อหาค่าเฉลี่ยของระยะทางการขนส่งจากการคำนวณการจัดเส้นทางและค่าล่วงเวลาในการขนส่ง พบว่าวิธีฮิวริสติกส์ที่ให้ผลของระยะทางที่ดีที่สุดของงานวิจัยนี้คือวิธี M-NH ส่วนวิธีฮิวริสติกส์ที่ให้ค่าล่วงเวลาน้อยที่สุดของงานวิจัยนี้คือวิธี EDD ผู้วิจัยได้ทำการเลือกวิธี EDD มาประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษา เพราะจากผลการทดสอบของวิธีฮิวริสติกส์ทั้ง 4 วิธี จะเห็นได้ว่าวิธี EDD ให้ค่าเวลาที่เกินกรอบเวลาน้อยที่สุด ซึ่งเหมาะสมกับปัญหาของกรณีศึกษา ในการนำมาประยุกต์ใช้นั้นผู้วิจัยได้ใช้ระยะทางจริงโดยวัดระยะทางจากแผนที่กูเกิล (Google Maps) ซึ่งได้ผลในด้านระยะทางคือ 222.79 กิโลเมตร และมีค่าเกินกรอบเวลาของลูกค้า 1 ราย เท่ากับ 0.15 ชั่วโมง ซึ่งกรณีศึกษาจะต้องจ้างรถจากภายนอกเพื่อทดแทนการขนส่งสินค้าเกินกรอบเวลาเท่ากับ 29.41% จากการนำวิธี EDD ไปประยุกต์ใช้กับบริษัทกรณีศึกษาพบว่า อัตราการจ้างรถจากภายนอกมีอัตราส่วนที่ลดลง จากเดิมมีอัตราการจ้างรถอยู่ที่ 59.99% ลดลงเหลือ 29.41% คิดเป็นลดลง 30.58% ซึ่งส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งลดลงตามไปด้วย ในขณะที่ตัวกันอัตราการจ้างรถภายในบริษัทกรณีศึกษาซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่ามีค่าสูงขึ้น ซึ่งจะเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] กฤตธนภัทร สวาสดิ์. การกำหนดเส้นทางเดินรถแบบพลวัต. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ;2549
- [2] ปารเมศ ชูติมา. เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย;2546.
- [3] ยศศิริ อดุลยศักดิ์. แบบจำลองและขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งแบบเต็มคันยานพาหนะอย่างต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ;2549.
- [4] วิไลวรรณ แก่นสาร และ สมบัติ สินธุเชาน์. “การเปรียบเทียบวิธีการฮิวริสติกส์ สำหรับระบบการจัดการขยะ”. วารสารวิชาการ Thai VCML. ธันวาคม 2556; 6,2.
- [5] สวานลินี อุดมสมบัติมีชัย. การประยุกต์วิธีศึกษาสำนึกสำหรับการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลา. วิทยานิพนธ์บัณฑิต วิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.2548.
- [6] อนันต์ มุ่งวัฒนา และ ธริณี มณีศรี. “การเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีเมต้าฮิวริสติกส์ สำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งแบบมีกรอบเวลา กรณีมีรถขนส่งหลายขนาดและแบ่งแยกส่งสินค้าได้” การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม. ตุลาคม 2555.
- [7] Landrieu, A., Mati, Y., and Binder, Z. 2001. A Tabu Search Heuristic for the Single Vehicle Pickup and Delivery Problem with Time Windows. *Journal of Intelligent Manufacturing*. 12:497-508.
- [8] Nag, B. L. Golden, and A. A. Assad. Vehicle Routing with Site Dependencies. *Vehicle Routing: Methods and Studies*, B. L. Golden and A. A. Assad, Eds. North Holland, Amsterdam: 1988; pp. 149-159.
- [9] Sam, R.T. Vehicle Routing with Time Windows using Genetic Algorithms, submitted to the book on Application Handbook of Genetic Algorithms. New Frontiers: 1995; 253-277.
- [10] Tan, K.C., Lee, L.H., Zhu, Q.L. and Ou, K. Heuristic Methods for Vehicle Routing with Time Windows. *Artificial Intelligence in Engineering*. 2001; 15:281 – 295.