

การปรับปรุงวิธีอาณานิคมสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าแบบมีขอบเขตเวลาและแบ่งส่งสินค้า

A Modified Ant Colony Algorithm for the Split-Delivery Vehicle Routing Problem with Time Windows

ปวิธ ไกรสรนุเคราะห์, รามิดายู อยู่สุข และ นราภรณ์ เกาประเสริฐ

Pawit Kraisoranukhor Ramidayu Yousuk and Naraphorn Paoprasert

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการแข่งขันสูงในด้านธุรกิจ จนเป็นเหตุให้ผู้ประกอบการหลายรายต้องหาวิธีการลดต้นทุนในธุรกิจของตนเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์และการขนส่ง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการจัดการห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าแบบมีขอบเขตเวลาและแบ่งส่งสินค้า (The Split-Delivery Vehicle Routing Problem with Time Windows: SDVRPTW) โดยใช้วิธีการอาณานิคม (Ant Colony Optimization: ACO) ในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า โดยทดสอบกับปัญหาตัวอย่างลูกค้า 10 ราย เทียบกับผลคำตอบด้วยวิธีการแม่นยำ (Exact Method) ผลที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการอาณานิคมสามารถนำมาแก้ไข SDVRPTW ได้ โดยจัดเส้นทางให้รถส่งทันตามกรอบเวลา และของที่บรรทุกไม่เกินความจุของรถ

คำสำคัญ: อาณานิคม ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ แบ่งส่งสินค้า ขอบเขตเวลา

Abstract

Presenting the competition in the business field to participate in many ways to reduce the cost of business by reducing the cost dramatically. This research study The Split-Delivery Vehicle Routing Problem with Time Windows (SDVRPTW) by modified Ant Colony Optimization (ACO) for product delivery routing by testing with 10 customer sample problems versus search Exact method results. The results of the experiment show that ACO can solve SDVRPTW routing in time windows and not exceeding the capacity of the car.

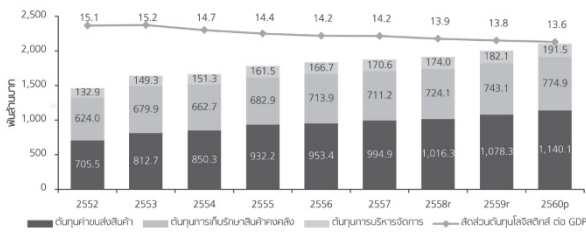
Keywords: Ant colony optimization, Vehicle routing problems, Split-delivery, Time windows

1. บทนำ

ปัจจุบันมีการแข่งขันสูงในด้านธุรกิจ จนเป็นเหตุให้ผู้ประกอบการหลายรายต้องหาวิธีการลดต้นทุนในธุรกิจของตนเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์และการขนส่ง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการจัดการห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่ต้นน้ำอย่างการจัดการวัตถุดิบ การลำเลียงสินค้าในกระบวนการผลิต จนถึงปลายน้ำอย่างการจัดส่งสินค้าไปสู่ศูนย์กระจายสินค้า หรือการส่งถึงลูกค้ารายย่อย โดยข้อมูลของสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (1) ได้ระบุว่า ต้นทุนค่าขนส่งสินค้าในแต่ละปีมีอัตราที่สูงขึ้น ซึ่งสาเหตุมาจากโครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์ ที่สูงขึ้น ประกอบไปด้วย ปริมาณการขนส่งสินค้าที่เพิ่มขึ้น ราคาปัจจัยการผลิตเพื่อการขนส่งที่เพิ่มขึ้น และจากข้อมูลภาพรวมต้นทุนโลจิสติกส์ตั้งแต่ปี 2552

ถึง 2560 พบว่าต้นทุนโลจิสติกส์ของประเทศไทยในแต่ละปีมีต้นทุนที่สูงขึ้น แสดงดังรูปที่ 1 จึงเป็นเหตุให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะหาวิธีการในการลดต้นทุนการขนส่งสินค้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแข่งขันทางธุรกิจ

การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าแบบมีขอบเขตเวลาและแบ่งส่งสินค้า (The split delivery vehicle routing problem with time windows : SDVRPTW) เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนแบบ NP-Hard problem เป็นการหาเส้นทางขนส่ง (Transport Routes) ที่มีเงื่อนไขความจุของรถแต่ละคัน มีขอบเขตเวลาการให้บริการลูกค้าแต่ละรายตามที่กำหนด และสามารถแบ่งส่งสินค้าได้ กล่าวคือลูกค้าแต่ละรายไม่จำเป็นต้องรับสินค้าตามที่สั่ง (Order Demand) ภายในครั้งเดียว เพื่อทำให้เกิดต้นทุนการขนส่งหรือระยะทางรวมต่ำที่สุด ซึ่งการหาผลเฉลยด้วยวิธีแม่นยำ (Exact



รูปที่ 1 ต้นทุนโลจิสติกส์ของประเทศไทย

ที่มา: สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2562)

method) นั้นทำได้ยาก เนื่องจากจำนวนตัวแปรจำนวนมากและขนาดของปัญหาที่มีมากขึ้นไป จึงเป็นเหตุให้มีการประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic) หรือวิธีเมตาฮิวริสติกส์ (Meta heuristic) มาประยุกต์ใช้ในการหาผลเฉลยเชิงทันทัน เพื่อมาสนับสนุนทางเลือกนั้น หรือใช้เป็นเครื่องมือในการช่วยในการตัดสินใจ

งานวิจัยนี้จึงขอเสนอการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าด้วยวิธีการอาณานิคม (Ant colony optimization: ACO) ดัชนีชี้วัดที่ใช้ในการพิจารณา คือ ระยะทางรวมที่ใช้ในการขนส่งของทุกเส้นทาง

2. ทฤษฎี และทบทวนวรรณกรรม

2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่ง

ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่ง (Vehicle routing problem: VRP) Pitakaso (2) ได้กล่าวว่า ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่ง เป็นปัญหาที่มีลักษณะคล้ายกับปัญหาการจัดเส้นทางรถเดินทางของพนักงานขาย (Traveling salesman problem: TSP) และยังมีความสัมพันธ์กับปัญหา p-median ปัญหาการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมและปัญหาอื่นๆ เกี่ยวกับการหาทำเลที่ตั้งและการมอบหมายงาน การมอบหมายงานให้ศูนย์กระจายสินค้าส่งให้กับลูกค้านั้น จะทำการส่งตรงจากศูนย์กระจายสินค้าสู่ลูกค้า เรียกรถขนส่งแบบนี้ว่าการส่งสินค้าตรงให้ลูกค้า (direct shipping) ลักษณะการส่งสินค้าแบบนี้จะเหมาะสมสำหรับลูกค้าที่มีความต้องการปริมาณมาก ๆ หากคนที่ละน้อยจะเกิดที่ว่างบนรถ แต่ต้องกลับมารับของที่ศูนย์กระจายสินค้าใหม่แล้วไปส่งลูกค้ารายอื่นๆ ทำแบบนี้ไปเรื่อยๆ เรียกว่าการส่งตรงให้ลูกค้า แต่ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งอาจจะมองว่าเป็นการต่อออกมาจากการหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมเมื่อจัดงานและมอบหมายลูกค้า เรียกรถมาพิจารณาจัดเส้นทางที่เหมาะสมตามศักยภาพของรถอีกครั้งหนึ่งว่าควรจะขนสินค้าขึ้นรถจำนวนเท่าไร รถคันนั้นจะ

ไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าใดบ้างใช้เส้นทางใด หรือถ้าจะมองว่าปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งมีลักษณะคล้ายปัญหาการเดินทางของพนักงานขายก็พิจารณาได้เช่นกัน เมื่อจัดเส้นทางรถเดินทางของพนักงานขาย พนักงานขายนำรถขนส่งสินค้าไปด้วย หากสินค้าหมดพนักงานขายก็ต้องเดินทางกลับมาที่เมืองเริ่มต้นที่มีสินค้าอยู่และไปส่งสินค้าที่เหลือ ก็จะเกิดปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งจากปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเช่นเดียวกัน

2.2 ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งแบบมีขอบเขต

เวลา

ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งแบบมีขอบเขตเวลา (Vehicle routing problem with time windows: VRPTW) เป็นส่วนขยายของปัญหา VRP ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนยากต่อการคำนวณ โดยสมการเป้าหมายของปัญหา VRPTW เป็นการหาเส้นทางรถขนส่ง (Transport Routes) ที่ทำให้เกิดต้นทุนรถขนส่งหรือระยะทางรวมต่ำสุด ภายใต้กรอบระยะเวลาที่กำหนดของลูกค้าแต่ละจุด โดยกรอบเวลาหมายถึงเวลาที่ลูกค้ากำหนดให้เริ่มบริการส่งมอบสินค้าได้เร็วสุดหรือช้าสุด ซึ่งแต่ละจุดประกอบด้วยศูนย์กระจายสินค้า (Depot) หนึ่งแห่ง และกลุ่มลูกค้า (Customers) ที่ตั้งอยู่ตามพื้นที่ต่างๆ กำหนดให้ยานพาหนะแต่ละคันจะมีความจุจำกัดและจะเริ่มออกเดินทางจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าแต่ละรายเพื่อรับสินค้าหรือบริการ โดยลูกค้าแต่ละรายจะได้รับการบริการจากยานพาหนะเพียงคันเดียว และเพียงครั้งเดียวเท่านั้น สุดท้ายยานพาหนะจะกลับมายังศูนย์กระจายสินค้าเป็นอันสิ้นสุด

2.3 ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าแบบมีขอบเขต

เวลาและแบ่งส่งสินค้า

ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าแบบมีขอบเขตเวลาและแบ่งส่งสินค้า (The split-delivery vehicle routing problem with time windows: SDVRPTW) เป็นส่วนขยายของปัญหา VRPTW ซึ่งจะมีสิ่งที่แตกต่างคือ ลูกค้าแต่ละรายสามารถได้รับการบริการจากยานพาหนะได้มากกว่าหนึ่งคัน

2.4 การสร้างรูปแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับ

SDVRPTW

การศึกษาและนิยาม SDVRPTW ให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด โดยการสร้างรูปแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้อ้างอิงบนพื้นฐานของ Ho and Haugland (3) Belfiore, Tsugunobu, and Yoshizaki

(4)และ ภูมิภาคินทร์ (5) รายละเอียดการใช้สัญกรณ์ (Notation) ฟังก์ชันเงื่อนไข (Constraints function) สำหรับ SDVRPTW มีดังนี้

ลูกค้า (Customers)
 $N = 1, 2, \dots,$

- n โดยที่ n คือสถานของลูกค้าที่แตกต่างกัน
- q_i คือ อุปสงค์ของลูกค้าที่ i โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n$
- d_{ij} คือ ระยะทางจากลูกค้า i ไปยังลูกค้า j
- t_{ij} คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากลูกค้า i ไปยังลูกค้า j
- ในทุกๆ การเดินทางของรถจะเดินทางจากเมือง i ไปเมือง j โดย $j \in N$ และ $i \neq j$ ดังนั้น $t_{ij} = t_{ji}$ และ $d_{ij} = d_{ji}$

ยานพาหนะ (Fleet of vehicles)

- รถจะมีลักษณะที่เหมือนกัน และมีจำนวนจำกัด โดยจะต้องออกเดินทางออกจากคลังสินค้า และกลับไปคลังสินค้าดั้งเดิม
- ความจุของรถแต่ละคัน คือ a_k โดยที่ $k \in V$
- $r_i = r_i(1), \dots, r_i(n_i)$ คือ เส้นทางของรถคันที่ i โดยที่ $r_i(j)$ คือลูกค้าที่ไปถึงลำดับที่ j และ n_i คือ จำนวนลูกค้าทั้งหมดในเส้นทาง
- กำหนดให้ทุกๆ เส้นทางของการขนส่งสินค้าต้องกลับมาที่คลังสินค้าเสมอ ทำให้ $r_i(n_i + 1) = 0$

ขอบเขตเวลา (Time Windows)

- ลูกค้าแต่ละคน คือ $i \in N$
- มีขอบเขตเวลา คือ $[e_i, l_i]$ โดยที่ $e_i \leq l_i$
- b_i^k คือ เวลาที่เริ่มให้บริการที่ลูกค้า i โดยรถคันที่ k
- s_i คือ ระยะเวลาให้บริการที่ลูกค้า i

การแบ่งส่งสินค้า (Split deliveries)

- อุปสงค์ของลูกค้า (Demand) อาจมีมากเกินไปความสามารถในการบรรทุกของรถ
- $$x_{ij}^k = \begin{cases} 1 & \text{ถ้ารถขนส่ง } k \text{ ถูกจัดให้ส่งสินค้า} \\ & \text{จากลูกค้า } i \text{ ไป } j \\ 0 & \text{กรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

รูปแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับ SDVRPTW

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function)

$$\min \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^m d_{ij} x_{ij}^k \quad (1)$$

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

สมการที่ 2 การันตีว่ารถทุกคันจะออกจากคลังสินค้าก่อนไปถึงลูกค้า j เสมอ เมื่อ $k = 1, \dots, m$

$$\sum_{i=0}^n x_{ip}^k - \sum_{j=0}^n x_{pj}^k = 0 \quad (3)$$

สมการที่ 3 กำหนดว่ารถทุกคนตั้งเข้าและออกจากปลายทางเสมอ และจะกลับมายังคลังสินค้า เมื่อ $p = 0, \dots, n$ และ $k = 1, \dots, m$

$$\sum_{k=1}^m y_i^k = 1 \quad (4)$$

สมการที่ 4 การันตีว่าลูกค้าแต่ละรายจะได้สินค้าครบตามอุปสงค์ เมื่อ $i = 1, \dots, n$

$$\sum_{i=1}^n q_i y_i^k \leq a_k \quad (5)$$

สมการที่ 5 การันตีว่ารถแต่ละคันจะบรรทุกสินค้าไม่เกินความจุของรถ a_k เมื่อ $k = 1, \dots, m$

$$y_i^k \leq \sum_{j=0}^n x_{ji}^k \quad (6)$$

สมการที่ 6 อุปสงค์ของลูกค้าแต่ละคนจะถูกเติมเต็ม เมื่อ $i = 1, \dots, n$ และ $k = 1, \dots, m$ โดยรถที่ถูกกำหนด สามารถเพิ่มข้อจำกัดกรณีที่มีรถไปส่งสินค้ามากกว่า 1 ครั้ง จาก $\sum_{k=1}^m \sum_{i=0}^n x_{ij}^k \geq 1$ โดยที่ $j = 0, \dots, n$ ซึ่งเป็นการการันตีว่าลูกค้าแต่ละรายจะมีรถไปส่งสินค้าอย่างน้อย 1 คันเสมอ

$$b_i^k + s_i + t_{ij} - M_{ij}(1 - x_{ij}^k) \leq b_j^k \quad (7)$$

สมการที่ 7 กำหนดเวลาที่ต่ำที่สุดในการเริ่มบริการที่ลูกค้า j การันตีว่าจะไม่เกิด subtours ขึ้น เมื่อ $i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n$ และ $k = 1, \dots, m$ ตัวแปร M_{ij} จะต้องเป็นตัวเลขที่มีค่ามากเพียงพอ โดยกำหนดให้ $M_{ij} = l_i + t_{ij} - e_j$

$$e_i \leq b_i^k \leq l_i \quad (8)$$

สมการที่ 8 การันตีว่าลูกค้าจะมีสินค้าไปถึงในขอบเขตเวลาที่กำหนด เมื่อ $i = 1, \dots, n$

$$y_i^k \geq 0 \quad (9)$$

$$b_i^k \geq 0 \quad (10)$$

สมการที่ 9 และ 10 การันตีว่าตัวแปรตัดสินใจ y_i^k และ b_i^k มีค่าเป็นบวก เมื่อ $i = 1, \dots, n$ และ $k = 1, \dots, m$

$$x_{ij}^k \in 0, 1 \quad (11)$$

สมการที่ 11 การันตีว่าตัวแปรตัดสินใจ x_{ij}^k เป็น binary เมื่อ $i = 1, \dots, n$ และ $k = 1, \dots, m$

2.5 ขั้นตอนการหาคำตอบด้วยวิธีการอาณานิคม

ขั้นตอนที่ 1 นำเข้าข้อมูล ตำแหน่งลูกค้า อุปสงค์ของลูกค้า ขอบเขตเวลาการให้บริการ ระยะเวลาในการให้บริการ ข้อจำกัดของรถขนส่งสินค้า และกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ ACO ได้แก่ จำนวนรอบที่ต้องการวนซ้ำ (Iteration) 5 รอบ จำนวนประชากรมด (Ant Population) 2 ตัว ค่าฟีโรโมน (Pheromone: τ) เริ่มต้นที่ 1 เท่ากันหมด ยกเว้นการเชื่อมเมืองเดียวกัน เช่น จากลูกค้า 1 ไปยังลูกค้า 1 จะมีค่าฟีโรโมนเป็นศูนย์ เนื่องจากไม่สามารถดำเนินการเชื่อมเส้นทางได้ อัตราการระเหยของค่าฟีโรโมน (Evaporation Rate: ρ) เท่ากับ 0.02 ค่าพารามิเตอร์แอลฟา (α) เท่ากับ 5 และพารามิเตอร์เบต้า (β) เท่ากับ 5

ขั้นตอนที่ 2 สร้างคำตอบเริ่มต้นจากพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ และมดอยู่ที่ลูกค้า i จะมีโอกาสไปหาลูกค้า j เป็นรายต่อไปด้วยความน่าจะเป็น $p(i,j)$ ดังสมการที่ 12 และมีความน่าจะเป็นสะสมเป็น $cumpop(i,j)$ ดังสมการที่ 13

$$p(i,j) = \frac{[\tau(i,j)]^\alpha [\eta(i,j)]^\beta}{\sum_{j=1}^J [\tau(i,j)]^\alpha [\eta(i,j)]^\beta} \quad (12)$$

$$cumpop(i,j) = \sum_{k=1}^J p(i,j) \quad (13)$$

โดยที่

$\eta = 1/\delta(i,j)$ คือ ส่วนกลับของระยะทาง

$\delta(i,j)$ คือ ระยะทางระหว่างลูกค้า i ไปยังลูกค้า j

J คือ เซตของลูกค้าที่ยังไม่ถูกเลือกเข้าไปอยู่ในเส้นทางใด ๆ

$p(i,j)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะเดินทางจากลูกค้า i ไปยังลูกค้า j

$cumpop(i,j)$ คือ ความน่าจะเป็นสะสมที่จะเดินทางจากลูกค้า i ไปยังลูกค้า j

ในการเพิ่มลูกค้าเข้าเส้นทาง จะใช้หลักการวงล้อรูเล็ตต์ (Roulette Wheel Selection) พร้อมเปรียบเทียบกับ $cumpop(i,j)$ ในการเลือกลูกค้า j เข้าเส้นทางในรถที่ k ซึ่งในแต่ละครั้งที่มีการเพิ่มลูกค้าเข้าเส้นทางของรถแต่ละคัน จะมีการตรวจสอบเงื่อนไข

ความจุของรถขนส่ง และขอบเขตเวลาการให้บริการ ถ้าหากลูกค้า j ที่ถูกเพิ่มเข้าพบว่าผิดเงื่อนไขของขอบเขตเวลา จะทำการหาลูกค้าอื่นแทน จนหมดเซต J จึงจะขึ้นรถใหม่ หรือถ้าหากลูกค้า j มีอุปสงค์เกิดข้อจำกัดของรถขนส่ง ให้แบ่งแยกการส่งสินค้าของลูกค้า j พร้อมขึ้นรถคันใหม่ ถ้าหากลูกค้า j ไม่ผิดเงื่อนไขดังกล่าว จะสามารถเพิ่มลูกค้า j เข้าเส้นทางของรถคัน k ได้ทันที และทำการสร้างผลคำตอบเริ่มต้นเป็นไปตามจำนวนของมด (Ant Population)

ขั้นตอนที่ 3 เลือกมดที่ให้ผลคำตอบที่ดีที่สุดในแต่ละรอบ มาทำการปรับค่าฟีโรโมน เพื่อสร้างความเด่นชัดให้กับเส้นทางนั้นๆ

$$\tau(i,j) = (1 - \rho)(\tau(i,j)) \quad (14)$$

$$\tau(i,j) = (1 - \rho)(\tau(i,j)) + g \quad (15)$$

โดยที่

ρ คือ อัตราการระเหยของฟีโรโมน ซึ่งมีค่า $0 \leq \rho \leq 1$

g คือ ส่วนกลับของระยะทางรวมของเส้นทางที่สั้นที่สุดในรอบนั้นๆ

ถ้าหากเส้นทางใดเป็นเส้นทางที่มดที่ให้ผลคำตอบที่ดีที่สุด ไม่ได้ผ่าน ค่าฟีโรโมนของเส้นทางนั้นจะถูกปรับตามสมการที่ 14 แต่ถ้าหากเส้นทางใดเป็นเส้นทางที่มดที่ให้ผลคำตอบที่ดีที่สุดผ่าน ค่าฟีโรโมนของเส้นทางนั้นจะถูกปรับตามสมการที่ 15 และกระทำซ้ำตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งขั้นตอนการแก้ปัญหา SDVRPTW ซึ่งขั้นตอนการแก้ปัญหา SDVRPTW ด้วยวิธีการอาณานิคม (ACO) ถูกแสดงในผังงาน (Flow chart) แสดงดังรูปที่ 2

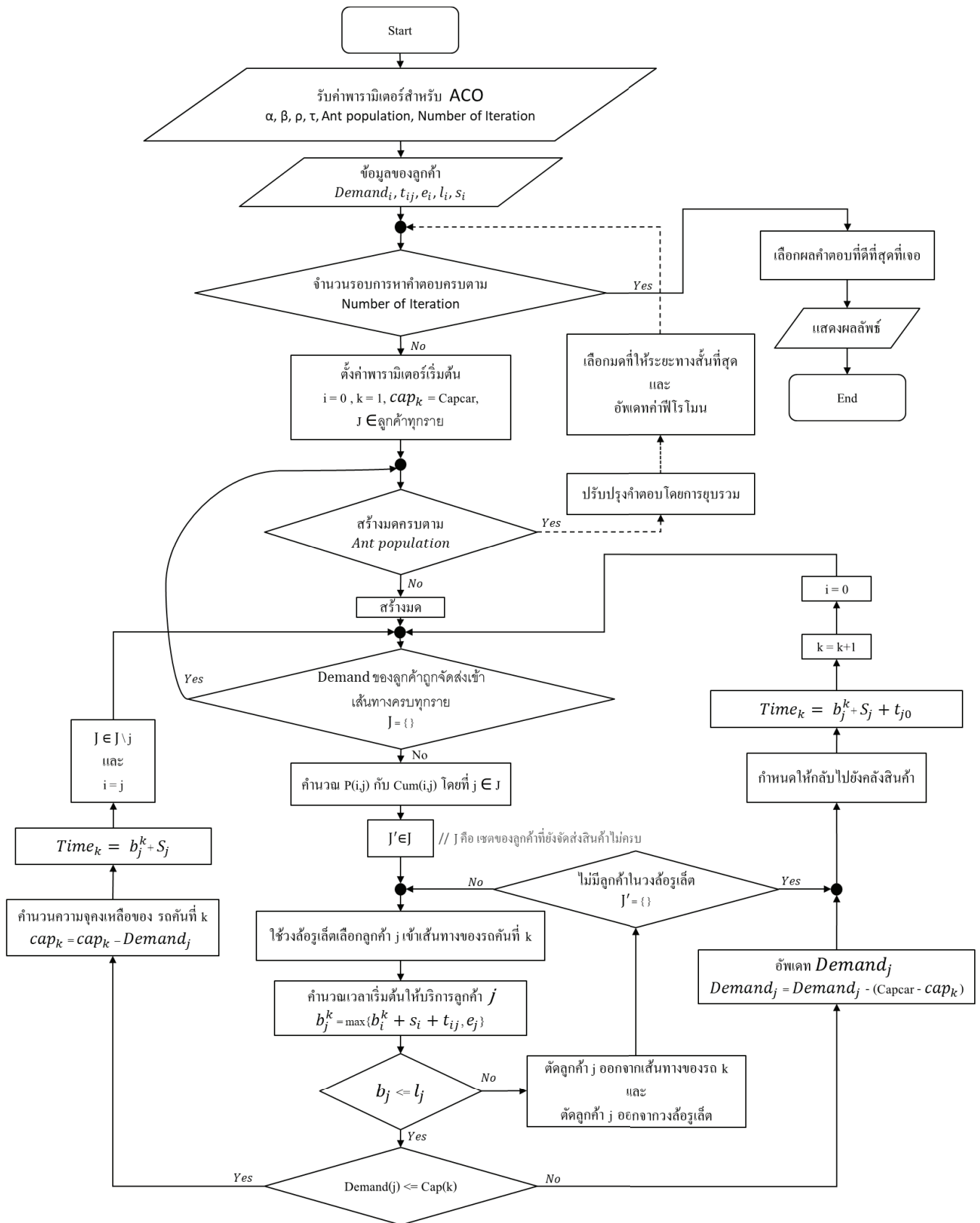
2.6 ขั้นตอนการปรับปรุงวิธีการอาณานิคม

จากขั้นตอนการหาคำตอบขั้นตอนการหาคำตอบด้วยวิธีการอาณานิคม (ACO) ของมดแต่ละตัว หากเกิดการแบ่งส่งสินค้าเกิดขึ้น จะทำการตรวจสอบว่ารายการสินค้าที่ถูกแบ่งส่ง (Split) สารรถที่รวมรายการให้เกิดการแบ่งส่งสินค้าให้น้อยที่สุดได้หรือไม่ เพื่อเป็นการลดระยะทางในการขนส่งโดยรวม จะใช้การยุบรวม โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างผลคำตอบของมดแต่ละตัว จากขั้นตอนที่ 2 ของวิธีการอาณานิคม

ขั้นตอนที่ 2 ตรวจสอบผลคำตอบว่ามีการแบ่งส่งสินค้าหรือไม่ (Split-Delivery)

- กรณีที่ไม่มีการแบ่งส่งสินค้า จะไม่เกิดการยุบรวม



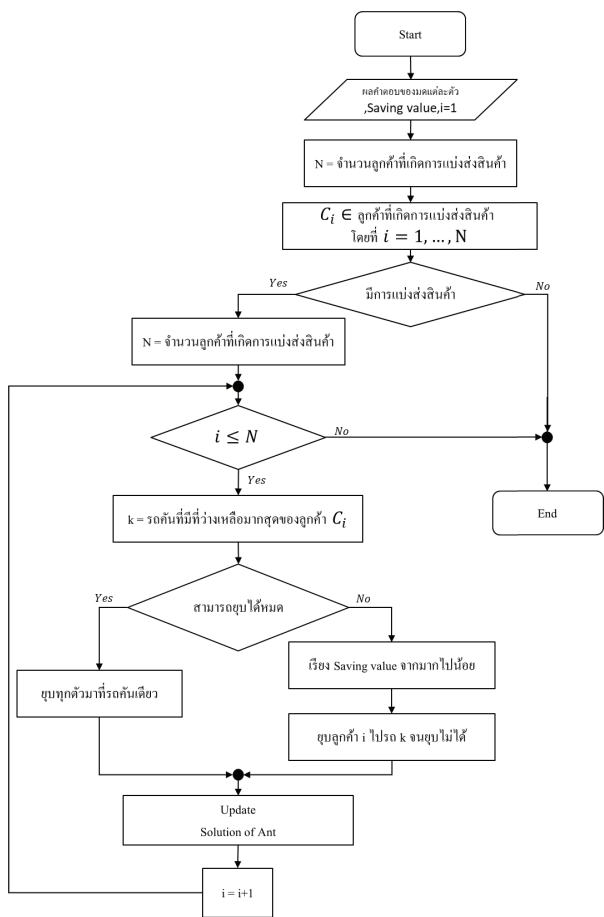
รูปที่ 2 ขั้นตอนการแก้ปัญหา SDVRPTW ด้วยวิธีการอาณานิคม

- กรณีที่มีการแบ่งส่งสินค้า จะเกิดการยุบรวม โดยรายการสินค้าที่เกิดการแบ่งส่งสินค้า สามารถยุบรวมรายการที่แบ่งส่งสินค้าทั้งหมดให้ส่งในรถคันเดียวที่มีรายการสินค้านั้นและเป็นคันที่มีพื้นที่ว่างที่สุดได้หรือไม่

หากทำการยุบรวมได้หมด โดยไม่ผิดเงื่อนไขปริมาณบรรทุกสินค้า จะทำการยุบรวม

หากไม่ได้ โดยผิดเงื่อนไขปริมาณบรรทุกสินค้า จะทำการใช้หลักการประหยัด (Saving method) ในการหาค่าประหยัด โดยจะทำการหาค่าประหยัดของรถทุกคันที่มีรายการแบ่งส่งสินค้า และเลือกยุบรวมรายการที่มีค่าประหยัดมากที่สุดไปน้อยที่สุดไปยังรถคันเดียวที่มีรายการสินค้านั้นและเป็นคันที่มีพื้นที่ว่างที่สุด โดยไม่ให้ผิดเงื่อนไขปริมาณการขนส่งของ SDVRPTW

ขั้นตอนที่ 3 ทำการอัปเดตเส้นทางและผลคำตอบของมดตัวนั้นใหม่ ขั้นตอนการยุบรวมแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขั้นตอนการยุบรวม

2.7 ทบทวนวรรณกรรม

ปัญหาของการขนส่งได้เริ่มจากการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling salesman problem: TSP) ซึ่งเป็นปัญหาที่มีหลายงานวิจัยให้ความสนใจเป็นอย่างมาก โดยได้ปรับเงื่อนไขให้ใกล้เคียงกับปัญหาจริง Golden et al. (6) ได้

ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง (Vehicle routing problem: VRP) ก็เป็นหนึ่งในปัญหาที่ถูกต่อยอดมาจากปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ในการมอบหมายงานให้ศูนย์กระจายสินค้าส่งสินค้าให้ถึงลูกค้าแต่ละราย แต่จะใช้รถมากกว่า 1 คัน จน Cordeau and déicions (7) ได้เพิ่มเงื่อนไขขอบเขตเวลาในการจัดเส้นทางขนส่ง (The vehicle routing problem with time windows: VRPTW) โดยงานวิจัยนี้ได้สังเกตเห็นว่าในชีวิตจริงลูกค้าแต่ละรายมีความต้องการให้สินค้ามาส่งถึงตามขอบเขตเวลาที่กำหนดไว้ หรือ Dror et al. (8) ได้ศึกษาการจัดเส้นทางส่งสินค้าแบบแบ่งส่งสินค้า (Vehicle routing with split deliveries : VRPSD)

การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าแบบมีขอบเขตเวลาและแบ่งส่งสินค้า (The split delivery vehicle routing problem with time windows : SDVRPTW) เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนแบบ NP-Hard problem เป็นการหาเส้นทางขนส่ง (Transport Routes) ที่มีเงื่อนไขความจุของรถแต่ละคัน มีขอบเขตเวลาการให้บริการลูกค้าแต่ละรายตามที่กำหนด และสามารถแบ่งส่งสินค้าได้ กล่าวคือลูกค้าแต่ละรายไม่จำเป็นต้องรับสินค้าตามที่สั่ง (Order Demand) ภายในครั้งเดียว เพื่อทำให้เกิดต้นทุนการขนส่งหรือระยะทางรวมต่ำที่สุด ซึ่งการหาผลเฉลยด้วยวิธีแม่นยำ (Exact Method) นั้นทำได้ยาก เนื่องจากจำนวนตัวแปรจำนวนมาก เงื่อนไข และขนาดของปัญหาที่มีมากเกินไป จึงเป็นเหตุให้มีการประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic) หรือวิธีเมตาฮิวริสติกส์ (Meta Heuristic) มาประยุกต์ใช้ในการหาผลเฉลยเชิงทันทัน เพื่อมาสนับสนุนทางเลือกนั้น ๆ หรือใช้เป็นเครื่องมือในการช่วยในการตัดสินใจ

มีหลายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหา VRP มีความนิยมใช้วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic) หรือวิธีเมตาฮิวริสติกส์ (Meta Heuristic) เช่น Branch and price and cut (9) Tabu search (3) และ Two phase algorithm (5) พบว่าสามารถแก้ปัญหาได้เร็วและมีประสิทธิภาพพอสามารถหาผลคำตอบที่เหมาะสมได้ งานวิจัยนี้จึงขอเสนอใช้วิธีการอาณานิคม (Ant colony optimization: ACO) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการแก้ปัญหาแบบเมตาฮิวริสติกส์ (Meta-Heuristics) ซึ่ง ACO ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ครั้งแรกโดย Dorigo et al. (1996) ในการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling salesman problem: TSP) และ Srisuwandee and Pitakaso (10) ได้พัฒนาต่อในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง (Vehicle routing problem: VRP) ซึ่งจากผลการวิจัยได้ผลว่า สามารถจัดเส้นทางให้รถแต่ละคันได้ใช้เวลาหาผลคำตอบน้อย และสามารถลดระยะทางการเดินทางจากวิธีการดั้งเดิมเป็นร้อยละ 24.46 ซึ่งจากผลงานวิจัยนี้จึงเป็นสาเหตุให้ผู้วิจัยมีความสนใจการใช้ ACO เพื่อแก้ปัญหา SDVRPTW

โดยมุ่งเน้นให้เห็นว่า ACO สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับ SDVRPTW และได้ผลคำตอบเป็นดังตารางที่ 4 ซึ่งให้ค่าแก้ปัญหา SDVRPTW ในการหาผลคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ระยะทาง 241.92 หน่วย

3. ตัวอย่างการวิจัย

จะทำการทดสอบ ACO กับโจทย์ตัวอย่าง ซึ่งมีลูกค้า 10 ราย ซึ่งระบุตำแหน่งลูกค้า อุปสงค์ของลูกค้า ขอบเขตเวลาการให้บริการ และระยะเวลาการให้บริการ ดังตารางที่ 1 ซึ่ง

วิธี	ระยะทางรวม	จำนวนรถ	ผลต่าง
Exact	237.64	3	-
ACO	264.39	3	11.25%
Modified ACO	241.92	3	1.80%

ผลต่าง = [(Solution of Algorithm – Optimal Value) / Optimal Value] x 100

กำหนดให้ขีดจำกัดของรถอยู่ที่ 45 หน่วย :ซึ่งได้ใช้แม่นยำตรง (Exact method) ในการหาผลคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งให้ผลดังตารางที่ 2 และพารามิเตอร์ ACO คือ จำนวนรอบที่ต้องการวนซ้ำ (Iteration) 5 รอบ จำนวนประชากรมด (Ant Population) 2 ตัว ค่าฟีโรโมน (Pheromone: τ) เริ่มต้นที่ 1 เท่ากันหมด ยกเว้นการเชื่อมเมืองเดียวกัน เช่น จากลูกค้า 1 ไปยังลูกค้า 1 จะมีค่าฟีโรโมนเป็นศูนย์ เนื่องจากไม่สามารถดำเนินการเชื่อมเส้นทางได้ อัตราการระเหยของค่าฟีโรโมน (Evaporation Rate: ρ) เท่ากับ 0.02 ค่าพารามิเตอร์แอลฟา (α) เท่ากับ 5 และพารามิเตอร์เบต้า (β) เท่ากับ 5 พบว่าสามารถแก้ปัญหา SDVRPTW ได้ เป็นไปดังตารางที่ 3 และให้ค่าระยะทาง 264.39 หน่วย

ตารางที่ 4 ผลคำตอบของ ACO แบบพัฒนาผลคำตอบ

นำผลคำตอบของวิธีอาณาจักกรมด (ACO) และผลคำตอบของวิธีอาณาจักกรมดที่ถูกพัฒนาคำตอบ (Modified ACO)

Cust NO.	XCOORD.	YCOORD.	DEMAND	READY TIME	DUE DATE	SERVICE TIME
0	35	35	0	0	1000	0
1	41	49	10	0	974	10
2	35	17	7	0	972	10
3	55	45	13	0	967	10
4	55	20	19	678	801	10
5	15	30	26	0	969	10
6	25	30	3	415	514	10
7	20	50	5	0	968	10
8	10	43	9	404	481	10
9	55	60	16	400	497	10
10	30	60	16	577	632	10

แม่นยำตรงอยู่ร้อยละ 1.80 เป็นไปตามตารางที่ 5

รถคันที่	เส้นทาง	ระยะทางรวม	ปริมาณส่งของ	เริ่มบริการ	เสร็จ
1	0-6-5-8-7-0	68.53	43	0	512.35
2	0-2-4-3-0	85.58	39	0	745.36
3	0-1-10-9-0	87.80	42	0	684.02
รวม		241.92	124		

รถคันที่	เส้นทาง	ระยะทางของรถ	ปริมาณส่งของ	เริ่มบริการ	เสร็จ
1	0-3-4-2-0	85.58	39	0	736.22
2	0-7-8-5-6-0	68.53	43	0	470.11
3	0-1-9-10-0	83.53	42	0	630.01
รวม		237.64	124		

ตารางที่ 1 ตัวอย่างโจทย์ปัญหา

ตารางที่ 2 ผลคำตอบด้วยวิธีแม่นยำตรง

ตารางที่ 3 ผลคำตอบของ ACO

รถคันที่	เส้นทาง	ระยะทางรวม	ปริมาณส่งของ	เริ่มบริการ	เสร็จ
1	0-6-5-8-7-1-0	83.57	45	0	537.39
2	0-2-4-3-1-0	93.02	45	0	762.79
3	0-1-10-9-0	87.80	34	0	684.02
รวม		264.39	124		

จากผลต่างของผลคำตอบทำให้ผู้วิจัยทำการพัฒนาคำตอบโดยการยุบรวมรายการสินค้าที่ถูกแบ่งส่งเข้ามาอยู่ในเส้นทางเดียวกันให้ได้มากที่สุด โดยถูกเงื่อนไขของปัญหา

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบผลคำตอบกับวิธีแม่นยำตรง

4.สรุป

จากการทดลองตัวอย่างโจทย์ปัญหาแสดงให้เห็นว่า ACO สามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา SDVRPTW ได้ ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่ามีผลต่างอยู่ร้อยละ 11.25 เมื่อเทียบกับผลจากวิธีแม่นยำตรง และถ้าหากใช้ ACO แบบพัฒนาผลคำตอบ พบว่าผลต่างลดลงเหลือเพียงร้อยละ 1.8%

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์ รมิดาฯ อยู่สุข และ อาจารย์ นราภรณ์ เกาประเสริฐ ที่สนับสนุนในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1.] สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
รายงานโลจิสติกส์ของประเทศไทยประจำปี 2561. 2562.
- [2.] Pitakaso R. Selected topic in operation management. Faculty
of Engineering Ubon Ratchathani University Thailand.
2014.
- [3.] Ho SC, Haugland D. A tabu search heuristic for the vehicle
routing problem with time windows and split deliveries.
Computers & Operations Research. 2004;31(12):1947-64.
- [4.] Belfiore P, Tsugunobu H, Yoshizaki Y. Scatter search for
vehicle routing problem with time windows and split
deliveries. Vehicle routing problem: IntechOpen; 2008.
- [5.] ภูมิบัณฑิต มาบพา, รมิดาอยู่สุข, นราภรณ์ เกาประเสริฐ.
การประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาตอบแบบทาบู่สำหรับการจัด
เส้นทางเดินรถขนส่งแบบมีกรอบเวลาและมีการแบ่งรับ
สินค้าที่ละส่วน. การประชุมวิชาการการวิจัยดำเนินงาน
แห่งชาติ ประจำปี พศ 2562, เชียงใหม่. 2561.
- [6.] Golden BL, Magnanti TL, Nguyen HQ. Implementing
vehicle routing algorithms. Networks. 1977;7(2):113-48.
- [7.] Cordeau J-F, Gagné M. The VRP with time
windows: Groupe d'études et de recherche en analyse des
décisions Montréal; 2000.
- [8.] Dror M, Laporte G, Trudeau P. Vehicle routing with split
deliveries. Discrete Applied Mathematics. 1994;50(3):239-
54.
- [9.] Desaulniers G. Branch-and-price-and-cut for the split-
delivery vehicle routing problem with time windows.
Operations research. 2010;58(1):179-92.
- [10.] Srisuwandee T, Pitakaso R. Solving vehicle routing problem
by using ant colony optimization case study in jiaranai
drinking water company. Asia-Pacific Journal of Science
and Technology. 2012;17(5):706-14.