



ฮิวริสติกสำหรับการจัดเส้นทางรถขนส่งผลิตภัณฑ์นมโฟร์โมส  
กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัด บ้านแพ้วกรุ๊ป จังหวัดอุบลราชธานี  
A Heuristic for transportation routes of Foremost products  
Cast study : Ban Phaeo Group Limited Partnership, Ubonratchathani

นำหวาน พลากันตง<sup>1\*</sup> และ สมบัติ สินธุเชาวน์<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

\*E-mail: amiiz-mii@hotmail.com

Namwan Palakanthong<sup>1\*</sup> and Sombat Sindhuchac<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Ubonratchathani University

\*E-mail: amiiz-mii@hotmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีฮิวริสติกเพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งผลิตภัณฑ์นมโฟร์โมส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ระยะทางรวมในการขนส่งต่ำที่สุด ภายใต้เงื่อนไขของความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละรายไม่แน่นอน ความจุของยานพาหนะมีจำนวนจำกัด ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้วิธีประหยัดของ Clarke และ Wright (Clarke-Wright saving heuristic) เพื่อหาคำตอบเริ่มต้น และใช้วิธีการย้ายหนึ่งตำแหน่ง (One Move) วิธีสลับเปลี่ยนตำแหน่ง (Exchange) และวิธีการสลับสองตำแหน่ง (2-Opt) ในการปรับปรุงคำตอบ ผลการทดสอบโดยเปรียบเทียบกับระยะทางปัจจุบัน พบว่า วิธีฮิวริสติกที่นำเสนอให้ผลลัพธ์อยู่ในระดับดี โดยระยะทางรวมสามารถลดลงจาก 927.91 กิโลเมตร เหลือ 434.56 กิโลเมตร ซึ่งลดลง 538.35 กิโลเมตร หรือคิดเป็น 55.33 %

**คำหลัก** ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่ง, วิธีประหยัด, วิธีการย้ายหนึ่งตำแหน่ง, วิธีสลับเปลี่ยนตำแหน่ง, วิธีการสลับสองตำแหน่ง

### Abstract

This research presents a heuristic for Vehicle routing problem of Foremost products with the objective of minimizing the total distance under demand from each customer is uncertain and the vehicle capacity is limited. The Clarke-Wright savings heuristic is applied to obtain an initial solution and One Move and Exchange and 2-Opt methods are used to improve the solution. The computational results show that the current total distance can be decreased from 927.91 kilometers to 434.56 kilometers that is reduced by 538.35 kilometers or 55.33 %.

**Keywords:** Vehicle routing problem, savings heuristic, one move method, exchange method, 2-opt method

### 1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้การจัดการด้านโลจิสติกส์มีความสำคัญต่อธุรกิจเกือบทุกประเภท การขนส่งเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการด้านโลจิสติกส์ที่มุ่งเน้นต้นทุนการขนส่งเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้นการบริหารจัดการด้านการขนส่งให้มีประสิทธิภาพ นอกจากจะเป็นการสร้างความปลอดภัยให้กับลูกค้าแล้ว ยังเป็นการลดต้นทุนทางธุรกิจได้อีกด้วย หากธุรกิจขององค์กรใดมีกลยุทธ์ด้านการขนส่งที่ดีและมีประสิทธิภาพ จะทำให้

ต้นทุนในการขนส่งลดลงและส่งผลกระทบต่อองค์กรนั้นเพิ่มความสามารถในการแข่งขันได้มากขึ้น

ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่ง (Vehicle Routing Problem : VRP) เป็นปัญหาหนึ่งของการจัดการด้านโลจิสติกส์ มุ่งเน้นการเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดในการจัดลำดับเส้นทางรถไปยังเมืองต่างๆ โดยเริ่มต้นจากจุดกระจายสินค้า และมีความต้องการให้การเดินทางในแต่ละครั้งมีประสิทธิภาพมากที่สุด ปัญหาการจัดเส้นทาง



ยานพาหนะถูกพัฒนามาจากปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Travelling salesman problem) โดยมีเป้าหมายคือหาเส้นทางรวมที่สั้นที่สุดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการเดินทางสูงสุด ซึ่งเป็นการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าหนึ่งเส้นทาง โดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลาและความจุมาเกี่ยวข้อง แต่ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะจะมีเงื่อนไขดังกล่าวกว้างขวาง

ผู้วิจัยมีความสนใจในปัญหาดังกล่าว จึงได้ประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติก (Heuristic) เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งผลิตภัณฑ์นมโฟร์โมสของห้างหุ้นส่วนจำกัด บ้านแพ้วกรุ๊ป จังหวัดอุบลราชธานี มีลูกค้าให้บริการทั้งหมด 188 ราย ภายใต้เงื่อนไขของความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละรายไม่แน่นอน ความจุของยานพาหนะมีจำนวนจำกัด งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการจัดเส้นทางยานพาหนะของบริษัทกรณีศึกษาให้ระยะทางการขนส่งรวมต่ำที่สุด

## 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะและวิธีการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยมีความสนใจมีการศึกษาหลายท่าน เช่น Clark and Wright [1] เสนอวิธีฮิวริสติกแบบประหยัด (Saving) ในการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะที่มีความจุจำกัด ความต้องการของลูกค้าหลายแห่งและส่งสินค้าออกจากศูนย์กระจายสินค้าแห่งเดียว ผลที่ได้จากการแก้ปัญหาทำให้ทราบจำนวนยานพาหนะที่ใช้ขนส่งและปริมาณความจุสินค้าแต่ละคัน กฤต และ สมบัติ [2] เสนอฮิวริสติก Clark-Wright saving ร่วมกับวิธี One move วิธี Exchange และวิธี 2-opt ปรับปรุงเส้นทางขนส่งน้ำแข็งของร้านไดงน้ำแข็ง ที่มีลูกค้าแต่ละรายมีความต้องการที่ไม่แน่นอน และระยะทางระหว่างลูกค้าบางรายไป-กลับไม่เท่ากัน (Asymmetric) ฮิวริสติกที่นำเสนอให้ผลลัพธ์อยู่ในระดับดี และสามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งได้เป็นที่น่าพอใจ รุติวรดา และ สมบัติ [3] ประยุกต์ใช้วิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization) ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ภายใต้เงื่อนไขความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละรายไม่แน่นอน ความจุของยานพาหนะมีจำนวนจำกัด พร้อมปรับปรุงคุณภาพคำตอบด้วยวิธีการย้ายหนึ่งตำแหน่ง (One move) และวิธีสลับเปลี่ยนตำแหน่ง (Exchange) ผลการจัดเส้นทางอยู่ในระดับที่ดี ต้นติกร และ เรืองศักดิ์ [4] เสนอวิธีฮิวริสติกของ Clark-Wright เปรียบเทียบกับวิธีดั้งเดิม (Nearest Neighbor) ในการแก้ปัญหาการขนส่งสินค้าแบบไป-กลับจากคลังกลางไปยังหน่วยกระจายสินค้าหรือลูกค้าในแต่ละจังหวัดทั่วประเทศ เพื่อลดต้นทุนโดยรวมของการขนส่ง การประยุกต์ใช้ด้วยวิธี Clark-Wright ให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า สามารถลดจำนวนรถขนส่งและระยะทางได้ดีกว่า

พรชกร [5] เสนอ Saving Algorithm เพื่อจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าประเภทอูมิเนี่ยมเส้น คำตอบที่ได้สามารถลดจำนวนรถขนส่ง ระยะทางในการขนส่ง และค่าใช้จ่ายในการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ กนกพร และคณะ [6] ประยุกต์ใช้ Saving Algorithm จัดเส้นทางเดินรถขนส่งอัฐบล็อกลงให้กับโรงงานที่มีรถขนส่งหลายประเภท ขั้นตอนการแก้ปัญหาแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเป็นการจัดกลุ่มลูกค้าตามพื้นที่ จากนั้นเลือกรถขนส่งให้เหมาะสมกับพื้นที่ในการขนส่ง โดยพิจารณาช่วงเวลาที่ยกเว้นในการเดินทาง และสุดท้ายประยุกต์ใช้ Saving Algorithm ในการจัดเส้นทางเดินรถแต่ละกลุ่ม ผลที่ได้สามารถเลือกเส้นทางรถขนส่งได้ง่ายขึ้นและมีต้นทุนที่ต่ำลง

สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่ใช้วิธีอื่นๆ ในการแก้ปัญหา เช่น Gillett และ Miller [7] ประยุกต์ใช้ The sweep approach ซึ่งเป็นเทคนิคในการหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพสูง ขั้นตอนการหาคำตอบโดยการจัดโหนดให้กับยานพาหนะก่อน จากนั้นจึงลำดับการส่งของของยานพาหนะให้โหนดต่างๆ Thangiah และคณะ [8] ประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรม (GA) ในการแก้ปัญหา VRP ที่มีกรอบเวลา มีข้อจำกัดด้านความจุของยานพาหนะและระยะเวลาการวิ่งในแต่ละเส้นทาง การแก้ปัญหาสามารถลดระยะเวลาการวิ่งได้ 4.4 % พร้อมระยะเวลาลดลง 3.9 % ชัยยา [9] เลือกใช้อัลกอริทึมฮิวริสติกการแทรกที่ใกล้ที่สุด (Nearest insertion) ร่วมกับ 2-opt ในการจัดเส้นทางรถขนส่งนมในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล กรณีศึกษา ห้างไอ ซี ซัพพลาย พบว่าระยะทางในการขนส่งรวมต่ำสุด และองค์กรสามารถลดจำนวนรถยนต์ขนส่งจากเดิม 4 คัน เหลือ 3 คัน สุพรรณ [10] ประยุกต์ใช้วิธีอาณานิคมมด พร้อมปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี Swap, 2-opt และ 3-opt เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งที่มีศูนย์กระจายสินค้าหลายแห่ง โดยการทดสอบกับปัญหาจาก OR-Library พบว่าได้คำตอบในภาพรวมที่มีความผิดพลาดอยู่ในช่วง 0.00-7.43 %

## 3. วิธีการดำเนินงาน

การจัดเส้นทางรถขนส่งผลิตภัณฑ์นมโฟร์โมสของห้างหุ้นส่วนจำกัด บ้านแพ้วกรุ๊ป จังหวัดอุบลราชธานี ประกอบด้วยลูกค้าทั้งหมด 188 ราย โดยขนส่งผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 6 ชนิด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 น้ำหนักผลิตภัณฑ์นมโฟร์โมส

ชนิดที่	ผลิตภัณฑ์	น้ำหนัก (กิโลกรัม)/หีบ
1	นมสด ขนาด 110 ml.	5



ตารางที่ 1 น้ำหนักผลิตภัณฑ์นมโฟร์โมส (ต่อ)

ชนิดที่	ผลิตภัณฑ์	น้ำหนัก (กิโลกรัม)/หีบ
2	นมสด ขนาด 180 ml.	9
3	นมสด ขนาด 225 ml.	8
4	แคลซีเม็ก ขนาด 180 ml.	8
5	มายบอยชั้น	19
6	มายบอยชั้น	19

การขนส่งผลิตภัณฑ์จะใช้รถกระบะ 1 คันที่มีความจุ 1,500 กิโลกรัมต่อรอบ รอบละ 1 วัน แบ่งเส้นทางการขนส่งผลิตภัณฑ์ออกเป็น 7 วัน ซึ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยมีรายละเอียด ดังนี้

### 3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้บันทึกตำแหน่งลูกค้าแต่ละรายด้วยเครื่อง GPS รุ่น Garmin eTrex 10 แล้วคำนวณหาระยะทางระหว่างลูกค้าแต่ละคู่โหนดจากโปรแกรม Google Earth Pro แล้วบันทึกระยะทางลงในตารางเมตริกยะทางด้วย Microsoft Office Excel

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลการขนส่งผลิตภัณฑ์ให้ลูกค้าแต่ละรายเป็นจำนวน 6 ครั้ง แล้วบันทึกข้อมูลลงใน Microsoft Office Excel โดยจะใช้น้ำหนักเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ 6 ชนิดมาพิจารณาเพื่อจัดเส้นทาง

### 3.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ปัญหาที่ผู้วิจัยศึกษาสามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้

- g = ลำดับของลูกค้า g (g=1,...,N)
- i = ลำดับของลูกค้า i (i=1,...,N)
- j = ลำดับของลูกค้า j (j=1,...,N)
- k = จำนวนยานพาหนะขนส่งทั้งหมด k (k=1,...,K)
- p = จำนวนผลิตภัณฑ์ทั้งหมด p (p=1,...,P)

พารามิเตอร์

- N = จำนวนลูกค้าทั้งหมด
- S<sub>k</sub> = เซตของลูกค้าที่ได้รับสินค้าจากยานพาหนะ k
- d<sub>ij</sub> = ระยะทางในการเดินทางระหว่างลูกค้า i ไปยังลูกค้า j
- Q<sub>k</sub> = ความจุของยานพาหนะ k
- d<sub>ip</sub> = ความต้องการสินค้า p ของลูกค้าที่ i ซึ่งมีความต้องการไม่แน่นอนในแต่ละวัน และ d<sub>00</sub> = 0

ตัวแปรตัดสินใจ

$$X_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้ายานพาหนะขนส่ง } k \text{ ขนส่งสินค้า} \\ & \text{ระหว่างลูกค้า } i \text{ ไปยังลูกค้า } j \\ 0 & \text{ในกรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

q<sub>ip</sub> = ปริมาณสินค้า p ที่ส่งไปยังลูกค้า i และ q<sub>00</sub> = 0 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$$\text{Min}Z = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N \sum_{k=1}^K d_{ij} X_{ijk} \quad (1)$$

สมการข้อจำกัด (constraints)

$$\sum_{j=0}^N X_{0jk} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{i=0}^N X_{i0k} = 1 \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^N X_{ijk} = 1 \quad \forall j \in \{1, \dots, N\} \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=0}^N X_{ijk} = 1 \quad \forall j \in \{1, \dots, N\} \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P q_{ip} \left( \sum_{j=0}^N X_{ijk} \right) \leq Q_k \quad \forall j \in \{1, \dots, N\} \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^N X_{igk} - \sum_{j=0}^N X_{ijg} \quad \forall g \in \{1, \dots, N\}, \\ \forall k \in \{1, \dots, K\} \quad (7)$$

$$\sum_{i \in S_k} \sum_{j \notin S_k} X_{ijk} \geq 2 \quad \forall k \in \{1, \dots, N\}, \\ \forall S_k \subset N, S_k \neq N \{1, \dots, K\} \quad (8)$$

$$X_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall i,j \in \{1, \dots, N\}, \forall k \in \{1, \dots, K\} \quad (9)$$

สมการที่ (1) คือฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อหาระยะทางรวมต่ำที่สุด สมการที่ (2) และ (3) กำหนดให้เมื่อยานพาหนะออกจากศูนย์กระจายสินค้าแล้ว ยานพาหนะจะต้องกลับมายังศูนย์กระจายสินค้าเสมอ สมการที่ (4) และ (5) ประกันว่าลูกค้าแต่ละรายรับบริการจากยานพาหนะเพียงคันเดียว สมการที่ (6) กำหนดว่ายานพาหนะขนส่งสินค้าทุกคันสามารถบรรทุกสินค้าได้ไม่เกินข้อจำกัด สมการที่ (7) ประกันว่าเมื่อยานพาหนะเข้ามาถึงจุดที่ส่งสินค้าแล้ว ยานพาหนะจะต้องออกจากจุดส่งสินค้านั้น สมการที่ (8) ประกันว่าในแต่ละเส้นทางของยานพาหนะ k จะไม่เกิดซบเซา สมการที่ (9) กำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจมีค่าเท่ากับ 0 หรือ 1 เท่านั้น

### 3.3 การประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกและการปรับปรุงคุณภาพคำตอบ

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งผลิตภัณฑ์ วิธีฮิวริสติกที่เลือกใช้แบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรกเป็นการสร้างเส้นทางเริ่มต้นด้วยวิธีประหยัด (Clarke and Wright saving

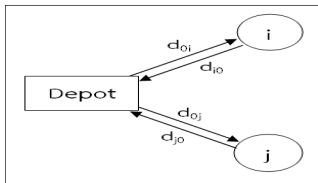


heuristic) และระยะที่สองเป็นการนำคำตอบที่ได้จาก ระยะแรกมาปรับปรุงคุณภาพคำตอบด้วยวิธีการย้ายหนึ่ง ตำแหน่ง (One Move) วิธีสลับเปลี่ยนตำแหน่ง (Exchange) และวิธีการสลับสองตำแหน่ง (2-Opt) วิธีการแก้ปัญหา ดังกล่าวสามารถอธิบายได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

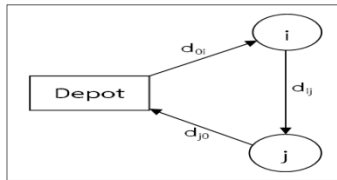
### 3.3.1 การสร้างเส้นทางเริ่มต้น

การสร้างเส้นทางเริ่มต้นด้วยวิธีประหยัด (Clarke and Wright saving heuristic) เป็นวิธีการรวมจุดส่งสินค้าเข้าไว้ในเส้นทางหลักแทนการจัดส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไป-กลับทุกๆ จุดขนส่ง การรวมจุดขนส่งสินค้าทำให้เกิด ความประหยัดในการเดินทางขึ้น ซึ่งวิธีประหยัดของ Clark and Wright มีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดให้เส้นทางหนึ่งเส้นทางมีลูกค้าเพียงราย เดียวเท่านั้น จะได้เส้นทางเท่ากับจำนวนลูกค้าทั้งหมด ดังรูป ที่ 1 จากนั้นรวมจุดให้บริการระหว่างลูกค้า 2 ราย ดังรูปที่ 2 จะได้ค่าความประหยัด =  $(d_{oi} + d_{io} + d_{oj} + d_{jo}) - (d_{oi} + d_{jo} - d_{ij}) = d_{io} + d_{jo} + d_{ij}$



รูปที่ 1 การจัดส่งสินค้าไป-กลับทุกๆ จุดส่งสินค้า



รูปที่ 2 การรวมจุดขนส่งสินค้าเข้าเดียวกัน

จะได้สมการในการคำนวณหาค่าความประหยัด ดังนี้

$$S_{ij} = d_{io} + d_{jo} - d_{ij} \quad (10)$$

โดยที่  $S_{ij}$  คือค่าความประหยัดระหว่างคู่จุดส่งสินค้า  $i$  และ  $j$   
 $d_{io}$  คือระยะทางจากจุดส่งสินค้า  $i$  ไปศูนย์กระจายสินค้า  
 $d_{jo}$  คือระยะทางจากศูนย์กระจายสินค้า ไปจุดส่งสินค้า  $j$   
 และ  $d_{ij}$  คือระยะทางจากจุดส่งสินค้า  $i$  ไปจุดส่งสินค้า  $j$

2) ทำการเลือกคูโหนดของลูกค้าที่มีค่า Saving สูงสุด และยังไม่ถูกจัดเข้าไปอยู่ในเส้นทาง

3) เพิ่มลูกค้าลงในเส้นทาง โดยตรวจสอบเงื่อนไขของ ปัญหาว่าการรวมลูกค้าเข้าด้วยกันนั้น จะทำให้เกิน ความสามารถของยานพาหนะที่บรรจุหรือไม่ หากพบว่า จำนวนสินค้าที่จุดใดๆ บนเส้นทางมีค่าเกินกว่าที่กำหนดไว้

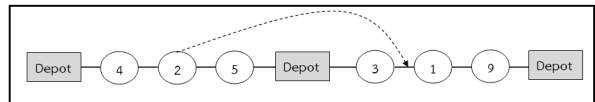
ให้ทำการตัดลูกค้ารายล่าสุดออกจากเส้นทางและเชื่อม เส้นทางกลับไปยังศูนย์กระจายสินค้า และกลับไปทำขั้นตอน ที่ 2 จนกระทั่งลูกค้าทุกรายถูกจัดให้อยู่ในเส้นทางของการ ขนส่ง

### 3.3.2 การปรับปรุงคุณภาพคำตอบ

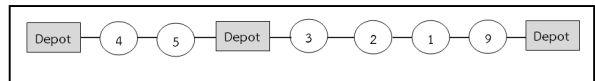
การปรับปรุงคุณภาพคำตอบ (Local Search) ผู้วิจัย เลือกใช้วิธีการย้ายหนึ่งตำแหน่ง วิธีสลับเปลี่ยนตำแหน่ง และ วิธีการสลับสองตำแหน่ง

วิธีการย้ายหนึ่งตำแหน่ง (One move : OM) เป็น วิธีการย้ายลูกค้าหนึ่งรายจากเส้นทางหนึ่งไปยังอีกเส้นทาง หนึ่ง โดยไม่มีการย้ายภายในเส้นทางเดียวกันหรือย้ายกลับมา เส้นทางเดิม ดังแสดงในรูปที่ 3 งานวิจัยนี้ลูกค้าจะถูกเลือก และย้ายไปเส้นทางอื่นด้วยวิธีการแทรกในทุกๆ ตำแหน่งที่ เป็นไปได้ แล้วบันทึกค่าระยะทางที่เกิดขึ้นไว้เพื่อเลือก ตำแหน่งที่ย้ายแล้วดีที่สุด จากนั้นทำซ้ำการย้ายลูกค้าจนกว่า จะไม่สามารถลดระยะทางได้ ดังรูปที่ 3

ก่อนย้ายตำแหน่ง



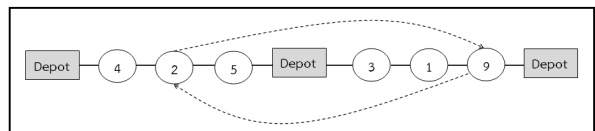
หลังย้ายตำแหน่ง



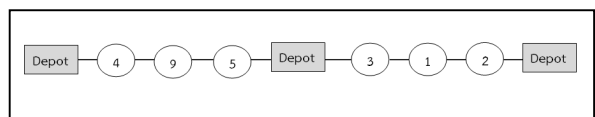
รูปที่ 3 การย้ายหนึ่งตำแหน่ง (One move : OM)

วิธีการสลับเปลี่ยนตำแหน่ง (Exchange : Ex) เป็น วิธีการสลับตำแหน่งของลูกค้าสองรายระหว่างเส้นทาง โดย ไม่มีการสลับตำแหน่งลูกค้าในเส้นทางเดียวกัน งานวิจัยนี้จะ สลับตำแหน่งลูกค้าทุกตำแหน่งที่เป็นไปได้ระหว่างเส้นทาง แล้วบันทึกค่าระยะทางที่เกิดขึ้น จะหยุดสลับตำแหน่งลูกค้า จนกว่าจะไม่สามารถลดระยะทางได้ วิธีการสลับเปลี่ยน ตำแหน่งแสดงในรูปที่ 4

ก่อนการสลับเปลี่ยนตำแหน่ง



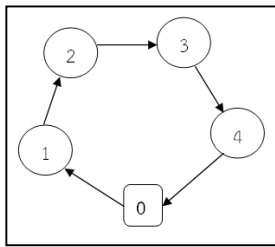
หลังการสลับเปลี่ยนตำแหน่ง



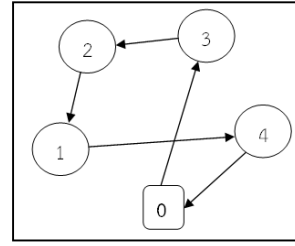
รูปที่ 4 การสลับเปลี่ยนตำแหน่ง (Exchange : Ex)



วิธีการสลับสองตำแหน่ง (2-Opt) เป็นการย้ายลูกค้ำภายในเส้นทางยานพาหนะขนส่งเดียวกันเท่านั้น จะไม่มีการย้ายลูกค้ำแบบสลับจากเส้นทางเดิมไปเส้นทางอื่น โดยเริ่มต้นจากการเลือกเส้นทางเชื่อมระหว่างลูกค้ำ (Arc) สองเส้นทางที่ไม่อยู่ติดกันแล้วสลับเส้นทางเชื่อมทั้งสองเส้นทางนั้นซึ่งจะทำให้ลำดับของลูกค้ำระหว่างสองจุดที่ถูกเลือกเปลี่ยนแปลงไป งานวิจัยนี้จะทำการย้ายในทุกๆ ตำแหน่งที่สามารถย้ายได้ แล้วบันทึกค่าระยะทางรวมที่เกิดขึ้นไว้เพื่อเลือกย้ายในตำแหน่งที่ย้ายแล้วดีที่สุดในนั้นทำซ้ำจนกระทั่งไม่สามารถย้ายได้ ดังภาพที่ 5



ก่อนสลับ



หลังสลับ

รูปที่ 5 วิธีการสลับสองตำแหน่ง (2-Opt)

#### 4. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติก Clark and Wright saving และการปรับปรุงคุณภาพคำตอบมาเขียนชุดคำสั่งด้วยโปรแกรม Dev-C++ V.4.9.9.2 และทดสอบโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU T6500 @2.10GHz Ram 4 GB ซึ่งคำตอบที่ได้มี 16 รูปแบบที่จะนำไปเปรียบเทียบคำตอบกับเส้นทางปัจจุบัน สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบการจัดเส้นทางปัจจุบันกับวิธีฮิวริสติกและการปรับปรุงคุณภาพคำตอบ

ที่	วิธี	จำนวนเส้นทาง	ระยะทางรวม	ระยะทางลดลงจากเส้นทางปัจจุบัน	คิดเป็น %
1	เส้นทางปัจจุบัน	7	972.91	-	-
2	saving	8	567.63	405.28	41.66
3	saving+OM	8	466.04	506.87	52.10
4	saving+Ex	8	536.96	435.95	44.81
5	saving+2-opt	8	549.86	423.05	43.48
6	saving+OM+Ex	8	465.69	507.22	52.13
7	saving+OM+2-opt	7	442.46	530.45	54.52
8	saving+Ex+OM	8	458.18	514.73	52.91
9	saving+Ex+2-opt	8	514.87	458.04	47.08
10	saving+2-opt+OM	7	450.81	522.10	53.66
11	saving+2-opt+Ex	8	519.89	453.02	46.56
12	saving+OM+Ex+2-opt	7	442.11	530.80	54.56
13	saving+OM+2-opt+Ex	7	442.11	530.80	54.56
14	saving+Ex+OM+2-opt	7	434.56	538.35	55.33
15	saving+Ex+2-opt+OM	8	458.56	514.35	52.87
16	saving+2-opt+OM+Ex	7	449.96	522.95	53.75
17	saving+2-opt+Ex+OM	8	462.66	510.25	52.45

จากผลการเปรียบเทียบการจัดเส้นทางด้วยวิธีฮิวริสติกกับวิธีการจัดเส้นทางปัจจุบัน พบว่าวิธี Saving ปรับปรุงคุณภาพคำตอบด้วยวิธีสลับเปลี่ยนตำแหน่งย้ายหนึ่งตำแหน่ง และวิธีการสลับสองตำแหน่งตามลำดับ

ให้ระยะทางรวมต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นทางปัจจุบันสามารถลดระยะทางจาก 972.91 กิโลเมตร เหลือ 434.56 กิโลเมตร ซึ่งลดลง 538.35 กิโลเมตร หรือคิดเป็น 55.33 %





## 5. สรุปผลการวิจัย

จากการประยุกต์ใช้วิธีประหยัดของ Clarke และ Wright (Clarke – Wright savings heuristic) และปรับปรุงคุณภาพคำตอบด้วยวิธีสลับเปลี่ยนตำแหน่ง (Exchange) ย้ายหนึ่งตำแหน่ง (One move) และสลับสองตำแหน่ง (2-Opt) ตามลำดับ ในการจัดเส้นทางรถขนส่งผลิตภัณฑ์นมโฟร์โมส ของห้างหุ้นส่วนจำกัด บ้านแพ้วกรุ๊ป จังหวัดอุบลราชธานี มีลูกค้าให้บริการทั้งหมด 188 ราย ภายใต้เงื่อนไขของความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละรายไม่แน่นอน ความจุของยานพาหนะมีจำนวนจำกัด สามารถลดระยะทางจาก 972.91 กิโลเมตร เหลือ 434.56 กิโลเมตร ซึ่งลดลง 538.35 กิโลเมตร หรือคิดเป็น 55.33 %

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกเพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสามารถช่วยลดระยะทางการจัดเส้นทางรถขนส่งผลิตภัณฑ์นมโฟร์โมสได้จริง โดยผลการจัดเส้นทางทั้ง 16 รูปแบบ มีค่าระยะทางรวมที่ต่ำกว่าระยะทางปัจจุบันทั้งหมด

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Clark, G. and Wright, J.W. Scheduling of vehicle from the central depot to a number of delivery points. Operations Research. 12 : 568-581. 1967.
- [2] กฤต จันทรมัย และสมบัติ สิ้นธุเชาวน์. การปรับปรุงเส้นทางรถขนส่งด้วยวิธีฮิวริสติก กรณีศึกษาร้านตั้งน้ำแข็ง อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี. การประชุมวิชาการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ (OR-Net 2011), โรงแรมเอส ดี อเวนิว กรุงเทพฯ, 8-9 กันยายน 2554, หน้า 81-88. 2554.
- [3] ฐิติวรดา คำแหง และสมบัติ สิ้นธุเชาวน์. การออกแบบวิธีการจัดเส้นทางรถขนส่ง โดยการประยุกต์ใช้วิธีการอาณานิคมมด กรณีศึกษาบริษัทเจียรนัยน้ำดื่มจำกัด. การประชุมวิชาการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ (OR-Net 2011), โรงแรมเอส ดี อเวนิว กรุงเทพฯ, 8-9 กันยายน 2554, หน้า 65-69. 2554.
- [4] ตันติกร พิชญพิบูล และเรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย. การศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการขนส่งแบบไป-กลับของการขนส่งสินค้า. การประชุมสัมมนาวิชาการด้านการจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์, โรงแรมเจ้าพระยาปาร์ค กรุงเทพฯ, 15-16 พฤศจิกายน 2550,

หน้า 99-111.2550.

- [5] พรชกร รัศมีชนาพัทธ์, การประยุกต์อัลกอริทึมแบบประหยัดเพื่อจัดเส้นทางรถขนส่งที่เหมาะสมในโรงงานผลิตอลูมิเนียมเส้น. สารนิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2554
- [6] กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์, อภิชาติ มณีงาม และอภิรักษ์ อุดมศักดิ์กุล. การประยุกต์ใช้เซฟวิงอัลกอริทึมในปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งอัญมณี. การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ, 17 พฤษภาคม 2556. 2556
- [7] Gillett, B. and Miller, L.. A heuristic algorithm for vehicle dispatch problem, Operations Research. 22: 340 – 349. 1974
- [8] Thangiah, S.R., Nygard K.E. and Juell, P.L. A genetic algorithm system for vehicle routing with time windows. IEEE Conference on Artificial Intelligence Application. p.115-132. 1990
- [9] ชัยยา นุรักษ์เช . การสร้างเส้นทางขนส่งนมในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล กรณีศึกษา : ห้าง โอ ซี ซีฟพลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2554
- [10] สุพรรณ สุตสนธิ์ และสมบัติ สิ้นธุเชาวน์. วิธีอาณานิคมมดและขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพคำตอบสำหรับปัญหาสถานที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าแบบหลายแห่งและการจัดเส้นทางรถขนส่ง. การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม. โรงเรียน Royal Phuket City จังหวัดภูเก็ต 24-26 ตุลาคม, 2550.