

## การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าด้วยวิธีการผสมผสาน สำหรับผู้ประกอบการขนาดเล็ก Vehicles Routing Using Composite Approach For Small Businesses

ธนากร ชิวพิทักษ์ผล สิริเดช ชาตินิยม\*

สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ นครนายก 26120

Thanakorn Cheewapitakphol Siradej Chartniyom\*

Logistics Engineering, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering

Srinakharinwirot University, Nakhon Nayok 26120

\*Corresponding author Email: siradej@swu.ac.th

(Received: August 14, 2020; Accepted: December 15, 2020)

### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถเพื่อขนส่งสินค้าแบบมีข้อจำกัดด้านขนาดความจุของยานพาหนะ ภายใต้เงื่อนไขที่จำนวนลูกค้าผู้รับสินค้ามีจำนวนทั้งหมด 30 ราย แต่ความต้องการสินค้ารายวันของลูกค้าแต่ละรายเกิดขึ้นแบบสุ่ม แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีเป้าหมายเพื่อสร้างเส้นทางขนส่งที่สั้นที่สุด การหาผลลัพธ์กระทำโดยการออกแบบกระบวนการหาผลลัพธ์ตามแนวความคิดผสมผสาน สร้างความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างระบบจัดการขนส่งและแก้ปัญหาการจัดเส้นทางด้วยตัวประมวลผลในโปรแกรมสเปรดชีต ซึ่งจะช่วยให้บริษัทตัวอย่างสามารถเข้าใจวิธีการได้ง่ายและใช้งานได้จริง ผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์ด้วยวิธีเมตาฮีริสติกของตัวประมวลผลสเปรดชีตสามารถจัดเส้นทางจริงในการขนส่งได้สั้นที่สุด การวิเคราะห์ปัญหาตัวอย่างพบว่าสามารถช่วยประหยัดต้นทุนการขนส่งลงจากเดิม 2,253 บาทต่อวัน ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วน 8% ของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเดิม

**คำสำคัญ:** ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง วิธีผสมผสาน ตัวประมวลผลเอ็กเซล

### ABSTRACT

This article presents the capacitated vehicle routing problem that associated with the limit of vehicle capacity. The problem represents a type of actual daily delivery under constraints of maximum of 30 locations and the demand over the locations occurs randomly. The model aims to solve for minimum routing target using the designed solution procedure based on the composite approach, and applies the current transportation management system along with spreadsheet solvers. The proposed solution procedure allows the company to deal easily with actual transportation routes and distances in their daily scheduling tasks. The result of the study shows that a metaheuristic method, within the spreadsheet solver, gives the best performance. The set of sample schedules returns the reduction of 8% in the total transportation cost.

**Keywords:** Vehicle Routing Problem, Composite Approach, Excel Solver.

## 1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้ อุตสาหกรรมแข่งขันในด้านสินค้าและบริการเพิ่มมากขึ้นในระบบเศรษฐกิจของแต่ละประเทศ ทำให้ในหลายบริษัทนำเอาการบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ (Supply Chain and Logistics) เข้ามาปรับใช้ภายในองค์กรมากยิ่งขึ้น เพื่อใช้ในการพัฒนาและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของบริษัท

ปัญหาในการขนส่งสินค้าให้ทันตามเวลาที่กำหนดหรือปัญหาการจัดการเส้นทางการขนส่ง (Vehicle Routing Problem, VRP) [1], [2] นับว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีบทบาทที่สำคัญต่อระบบโลจิสติกส์ของทุกองค์กร ซึ่งโดยทั่วไปจะมุ่งเน้นในส่วนของการจัดการให้ส่งสินค้าถึงลูกค้าให้ได้เร็วที่สุดตามตารางเวลาที่ไว้วางแผนไว้ ระบบปัญหานี้ได้รับการศึกษาค้นคว้ามายาวนานกว่า 40 ปี โดยตลอดเวลาได้มีการเพิ่มเงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆ ทำให้แบบจำลองปัญหา VRP ได้รับความนิยมและมีการพัฒนาจนมีความหลากหลายมากขึ้นตามไปด้วย

ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาการจัดการเส้นทางการเดินรถขนส่งของบริษัทตัวอย่างขนาดเล็ก ที่เป็นผู้นำเข้าและกระจายสินค้าเครื่องดนตรีและกีฬา จากต้นทางหนึ่งตำแหน่งไปยังร้านค้าที่สั่งซื้อในหลายปลายทาง ซึ่งโดยเป้าหมายของการจัดการขนส่งรายวันในธุรกิจนี้ บริษัทควรขนส่งเพื่อกระจายสินค้าไปยังหน้าร้านต่างๆ ให้เสร็จสิ้นภายในวันเดียวภายใต้ต้นทุนที่ต่ำที่สุด ในสภาวะการทำงานปัจจุบัน บริษัทไม่มีการจัดการขนส่ง คงใช้เพียงประสบการณ์ในการเลือกกลุ่มปลายทางที่คิดว่าขนส่งไปด้วยกันได้

บริษัทใช้โปรแกรมจัดการขนส่ง (TMS) เพียงเพื่อเลือกบันทึก และพิมพ์รายการขนส่งโดยไม่มี การคิดคำนวณเส้นทางที่ดีหรือประเมินต้นทุน จึงทำให้เกิดปัญหาหลายด้านเช่น การบรรจุสินค้าไม่เต็มคันรถ การเดินทางช้า การเดินทางระยะไกลข้ามเขต นอกจากนี้ บริษัทยังไม่มี

องค์ความรู้ในการใช้เทคนิคใดๆ เพื่อให้จัดเส้นทางได้ดีที่สุดเลย

ลักษณะการเกิดการสั่งซื้อสินค้าจากลูกค้าที่ปลายทางเหล่านั้น และเงื่อนไขต่างๆ ข้างต้นทำให้ปัญหาของบริษัทตัวอย่างสอดคล้องกับระบบปัญหาการจัดการเส้นทางการขนส่งแบบมีเงื่อนไขความจุยานพาหนะ (Capacitated Vehicle Routing Problem, CVRP) และได้ทำการพัฒนาแนวคิดในการเชื่อมโยงข้อมูลการขนส่งที่มีอยู่จากระบบการจัดการขนส่งของบริษัทเพื่อแก้ปัญหาในโปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบสเปรดชีต ซึ่งทำให้บริษัทตัวอย่างมีระบบการจัดการเส้นทางการขนส่งที่ทำงานได้สมบูรณ์ภายใต้เงื่อนไขตามที่จำเป็น สามารถลดต้นทุนในการกระจายสินค้าและมีความสะดวกรวดเร็วในการจัดการขนส่งได้

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 แบบจำลองของปัญหาการจัดการเส้นทางการขนส่ง

ปัญหาการจัดการเส้นทางการขนส่งในรูปแบบดั้งเดิม หรือเรียกกันว่า Classical VRP เป็นการหาจำนวนเส้นทางและลำดับในการส่งสินค้าให้กับลูกค้าต่างๆ ในระบบกระจายสินค้าโดยเริ่มต้นส่งออกจากศูนย์กระจายสินค้าเดียว (Single-depot) และเดินรถไปยังลูกค้าปลายทางหลายจุด (Multiple-location) [3] รถทุกคันจะเริ่มต้นและสิ้นสุดที่จุดเดียวกันคือคลังสินค้ากลาง โดยทราบปริมาณความต้องการสินค้าที่แตกต่างกันของลูกค้าแต่ละราย ภายใต้ข้อจำกัดที่ยานพาหนะมีรูปแบบเดียวกันและบรรทุกสินค้าได้ไม่เกินความจุที่กำหนดไว้ ทั้งนี้การจัดการเส้นทางจะต้องจัดให้ครอบคลุมลูกค้าทุกจุดในเส้นทางที่เลือกออกมาในรอบเดียวโดยให้มีระยะทางต่ำที่สุด

แบบจำลองของ CVRP ที่สอดคล้องกับระบบปัญหาในบทความนี้ [3] สามารถแสดงเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้

Minimize (1)

Subject to  $\sum_{j=1}^n x_{0j}^k = 1 \quad k = 1, \dots, m$  (2)

$\sum_{i=0}^n x_{ip}^k - \sum_{j=0}^n x_{pj}^k = 0 \quad p = 0, \dots, n; \quad k = 1, \dots, m$  (3)

$\sum_{k=1}^m y_i^k = 1, \quad i = 1, \dots, n$  (4)

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

$y_i^k \leq \sum_{j=0}^n x_{ji}^k \quad i = 1, \dots, n; \quad k = 1, \dots, m$  (6)

$\sum_{k=1}^m \sum_{i=0}^n x_{ij}^k \geq 1 \quad j = 0, \dots, n$  (7)

$y_i^k \geq 0 \quad i = 1, \dots, n; \quad k = 1, \dots, m$  (8)

$x_{ij}^k \in \{0, 1\} \quad i = 0, \dots, n; \quad j = 0, \dots, n; \quad k = 1, \dots, m$  (9)

โดยที่

$n$  = เซตของจุดส่งสินค้า (Node) ทั้งหมด

$i$  และ  $j$  = ดัชนีของจุดส่งสินค้า  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  และ  $j = 1, 2, 3, \dots, n$  โดยที่  $i \neq j$  และ  $i = 0$  คือ คลังสินค้ากลาง

$d_{ij}$  = ระยะทางระหว่างจุดขนส่ง  $i$  และ  $j$

$k$  = ดัชนีของรถส่งสินค้าจากจำนวนรถทั้งหมด  $m$  คัน

$a_k$  = ความจุของรถสินค้าคันที่  $k$

$y_i^k$  = สัดส่วนของความต้องการสินค้าของลูกค้า  $i$  ซึ่งขนส่งด้วยรถขนส่ง  $k$

$X_{ij}^k$  ตัวแปรไบนารี เพื่อตัดสินใจเลือกรถ  $k$  โดย  $X_{ij}^k = 1$  ถ้าเส้นทาง  $i-j$  ถูกจับคู่ขนส่งโดยรถ  $k$  เดินทางจากจุดส่งสินค้า  $i$  ไปยังจุดส่งสินค้า  $j$  ถ้าไม่เช่นนั้น  $X_{ij}^k = 0$

$K$  = เมตริกซ์ของ  $x_{ij}^k = \sum x_{ij}^k$  ซึ่งจะเทียบเท่ากับคู่เส้นทางที่เชื่อมโยงกันของจุดส่งสินค้า

ฟังก์ชัน (1) เป็นสมการวัตถุประสงค์ที่แสดงแทนผลรวมของระยะทางที่รถแต่ละคันเดินทางระหว่างจุดส่งสินค้า  $i$  และ  $j$  และกำหนดให้เป็นการหาคำตอบที่ทำให้ระยะทางรวมที่เดินทางสั้นที่สุด (Minimize)

ระบบสมการจะถูกกำหนดขอบเขตโดยสมการขอบข่ายหลายแบบ คือ สมการขอบข่าย (2) กำหนดให้รถขนส่งทุกคันเดินทางออกจากศูนย์กระจายสินค้า ( $i = 0$ )

และเดินทางไปยังจุดส่งสินค้า  $j$  สมการ (3) ควบคุมสมดุลของการใช้งานรถขนส่ง โดยกำหนดให้รถออกและกลับเข้ามาที่ศูนย์กระจายสินค้าเสมอ (ผลต่างรถออกและเข้า = 0) สมการ (4) ควบคุมให้เกิดการขนส่งตามความต้องการสินค้าของลูกค้าครบทั้งหมด

สมการ (5) ควบคุมไม่ให้เกิดการบรรทุกสินค้ารวม ( $q_i$ ) เกินความจุ ( $a_k$ ) ของรถคันใดๆ สมการ (6) ควบคุมให้เกิดการขนส่งตามความต้องการสินค้าไปยังทุกจุดส่งสินค้า สมการ (7) ควบคุมให้เกิดการเดินทางจนครบทุกจุดส่งสินค้าที่เลือกในเส้นทางใดๆ สมการ (8) กำหนดให้สัดส่วนสินค้าของจุดส่งสินค้าใดๆ ไม่เป็นค่าลบ และเกิดการขนส่งสินค้าไปให้ลูกค้า และสมการ (9) กำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจ  $x_{ij}^k$  ทุกตัวเป็นตัวแปรแบบไบนารี

2.2 กระบวนการหาผลลัพธ์ของแบบจำลองการจัดเส้นทางรถขนส่ง

2.2.1 กระบวนการหาคำตอบที่ดีที่สุด ได้ถูกคิดค้นไว้ใน [3] และ [4] ซึ่งได้พัฒนาขั้นตอนให้สามารถเลือกเส้นทางรถที่เหมาะสมที่สุด ผลที่ได้จากการแก้ปัญหาขึ้นคือ ทำให้ทราบจำนวนรถที่จะใช้ขนส่ง และปริมาณสินค้าที่ขนส่งของรถแต่ละคัน โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) เลือกจุดเริ่มต้นจากคลังสินค้าขึ้นมาหนึ่งจุดให้เป็นจุดลำดับที่หนึ่ง

2) คำนวณค่าของระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ( $C_{ij}$ ) โดยที่ค่าใช้จ่ายรวมในการเดินทางระหว่างสองจุด ( $S_{ij}$ ) จะเป็นไปตามเงื่อนไข  $S_{ij} = C_{i0} + C_{0j} + C_{ij}$  สำหรับ  $i, j = 2, 3, \dots, n$

3) เรียงลำดับค่า  $S_{ij}$ , จากมากไปหาน้อย

4) สร้างเส้นทางโดยเพิ่มจุดขนส่งลงในเส้นทาง โดยไล่ลำดับเชื่อมจุดขนส่ง  $i$  และ  $j$  ที่มีค่า  $S_{ij}$  มากที่สุดก่อน จนกว่าจะถึงข้อจำกัดจำนวนจุดขนส่งหรือบรรทุกเต็ม ความจุรถขนส่ง แล้วจึงเริ่มเส้นทางใหม่

5) ทำซ้ำจนกว่าจะจัดเส้นทางได้ครบ

อย่างไรก็ตาม การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะขึ้นกับข้อจำกัดและเงื่อนไขต่างๆ ของธุรกิจที่มีความแตกต่างกันไป และจะมองเห็นได้ว่าการดำเนินงานด้านคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนและหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดนั้น ไม่น่าจะเหมาะสมกับการดำเนินการจริงของธุรกิจ ทางเลือกอื่นที่เป็นไปได้ จึงเป็นการใช้วิธีการฮิวริสติกส์ (Heuristics) หรือเมตาฮิวริสติกส์ (Meta-Heuristics) พร้อมทั้งจัดหาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถช่วยการประมวลผลได้สะดวกรวดเร็ว

### 2.2.2 การหาผลลัพธ์ด้วยวิธีการแบบฮิวริสติกส์หรือเมตาฮิวริสติกส์

เป็นวิธีการที่อาศัยการกำหนดกฎเกณฑ์บางประการขึ้นมาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา สามารถแก้ปัญหาได้รวดเร็ว และสามารถใช้กับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ ค่าตอบที่ได้จะไม่ใช่ว่าคำตอบที่ดีที่สุดแต่ก็อยู่ในระดับที่ยอมรับได้และเหมาะสมกับการดำเนินธุรกิจ การแก้ปัญหาด้วยวิธีการฮิวริสติกส์หรือเมตาฮิวริสติกส์ [1], [5-7] สามารถพบได้ในรูปแบบดังต่อไปนี้

1) การสร้างทัวร์ (Tour Construction Procedure) เป็นเทคนิคในการค้นหาเส้นทางที่เป็นไปได้ เช่น Saving Method, Nearest Neighborhood Procedure, Nearest Insertion Procedure, และ วิธีการ Two-Phase algorithm ซึ่งแบ่งการหาคำตอบเป็นสองระดับที่

ต่อเนื่องกัน คือ การจัดกลุ่ม (Clustering) และการกำหนดเส้นทาง (Routing)

2) การปรับปรุงเส้นทาง (Tour Improvement Procedure) เป็นการนำเส้นทางเดินรถที่มีอยู่แล้วซึ่งอาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดมาปรับปรุงเส้นทาง โดยการสลับหรือแลกเปลี่ยน node เพื่อให้ได้เส้นทางใหม่ที่เป็นคำตอบที่ดีกว่าเดิม วิธีการนี้นิยมใช้เพื่อลดระยะเวลาการวิเคราะห์ปัญหา

3) วิธีผสมผสาน (Composite Procedure) เป็นวิธีการจัดเส้นทางที่นำเทคนิคในการวิเคราะห์ปัญหาของทั้งการสร้างเส้นทางและปรับปรุงเส้นทางมาผสมผสานกันเพื่อลดระยะเวลาในการแก้ปัญหา โดยเริ่มต้นกำหนดเส้นทางเดินรถด้วยวิธีการสร้างเส้นทางและปรับปรุงเส้นทางที่ได้จากขั้นตอนด้วยวิธีการปรับปรุงเส้นทาง

4) วิธีเมตาฮิวริสติกส์ซึ่งพัฒนามาจากการเลียนแบบกระบวนการในธรรมชาติ [8] เช่น Ant Algorithm, Genetic Algorithms, หรือ Simulated Annealing ซึ่งหลายวิธีการในกลุ่มนี้สามารถทดแทนวิธีการดั้งเดิมใน 1) และ 2) ได้ดีมาก และในปัจจุบัน เมตาฮิวริสติกส์ได้ถูกพัฒนาให้ใช้งานง่ายและสอดคล้องกับโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการคำนวณ เช่น Microsoft Excel (Solver)

## 3 การดำเนินงานวิจัย

### 3.1 การกำหนดเงื่อนไขของระบบปัญหาการจัดเส้นทางของบริษัทตัวอย่าง

จากการพิจารณากระบวนการและขั้นตอนการจัดส่งสินค้าของบริษัทตัวอย่าง สามารถกำหนดขอบเขตและเงื่อนไขของระบบปัญหาได้ดังนี้

1) เป็นปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งรูปแบบมาตรฐาน ซึ่งมีเงื่อนไขด้านขนาดการบรรจุของยานพาหนะ ต้องการหาจำนวนเส้นทางและลำดับในการส่งสินค้าให้กับลูกค้าต่างๆ ในระบบกระจายสินค้าโดยเริ่มต้นส่งออกจากศูนย์กระจายสินค้าของบริษัท และเดินรถไปยังลูกค้าซึ่งเป็นร้านค้าปลีกหลายจุด (Single DC – Multiple Retailers) โดยใช้รถขนส่งขนาดหนักเล็กทุกคัน และมีรถขนส่งเพียงพอยู่เสมอ

2) เป็นการวางแผนการขนส่งรายวัน ที่มีจำนวนร้านค้าปลายทางในระบบสูงสุดคือ 30 ร้านค้า ทำการสั่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าตามความต้องการที่เกิดขึ้นอย่างอิสระ ปัญหาที่จะนำมาทดสอบในบทความนี้เป็น การสุ่มคำสั่งซื้อ 10 ครั้งจากวันที่แตกต่างกัน

3) บริษัทมีการแบ่งเขตการส่งสินค้าออกเป็นเขตพื้นที่ส่งสินค้าโดยใช้ประสิทธิภาพของพนักงานในการเลือกจัดเรียงสินค้าในแต่ละเส้นทางด้วยโปรแกรม TMS ซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสูงในการขนส่งสินค้าไปยังเขตพื้นที่นั้นๆ แต่ในงานวิจัยนี้สามารถใช้การแบ่งเขตแบบ Clustering ช่วยได้เพื่อรวมกลุ่มปริมาณสินค้าที่เกิดขึ้นในแต่ละวันให้ใกล้เคียงกับขนาดความจุของรถขนส่งได้

4) มีรถขนส่งหลายคันซึ่งเพียงพอต่อการขนส่งสินค้าทั้งหมด แต่เนื่องจากการทำตามวิธีการดั้งเดิมในข้อ 3 จึงไม่สามารถดำเนินการที่คุ้มค่าที่สุดที่เหมาะสมได้

5) บริษัทมีการใช้งานระบบจัดการขนส่ง (Transportation Management System), [9] อยู่แล้ว เพื่อการจัดเรียงคำสั่งซื้อ คำสั่งส่งงาน บันทึกการขนส่ง พิมพ์รายการจัดส่งในเส้นทาง และโปรแกรมจะมีฟังก์ชันจัดลำดับหรือเลือกกลุ่มปลายทางแบบง่ายๆ (Sequencing or Clustering) จนกระทั่งจำนวนสินค้าเต็มความจุของรถขนส่งได้ โปรแกรมจัดการขนส่งนี้จะมีข้อมูลคำสั่งซื้อ ร้านค้าปลายทาง ตำแหน่งของร้านค้า ซึ่งสามารถนำออกมาใช้เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าในการหาเส้นทางและระยะทางได้

6) ผลลัพธ์ที่มีรูปแบบและลักษณะการบรรจุหีบห่อเป็นมาตรฐาน บริษัทตัวอย่างจึงสามารถสร้างวิธีการคำนวณปริมาตรของหีบห่อสินค้า ไว้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการคำนวณ แสดงตัวอย่างในรูปที่ 1

### 3.2 การพัฒนากระบวนการหาผลลัพธ์ของแบบจำลองการจัดเส้นทางรถขนส่ง

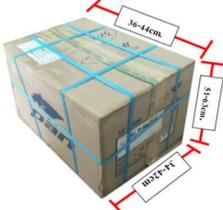
ผู้วิจัยได้ออกแบบกระบวนการหาผลลัพธ์ภายใต้แนวความคิดของวิธีการผสมผสาน (Composite

Procedure) โดยอิงจากเทคนิคหลายแบบที่มีใช้งานอยู่จริงในปัจจุบัน โดยทำการผสมผสานการใช้ระบบสารสนเทศระหว่างระบบ TMS, Excel Solver และ Google Map ให้เป็นกระบวนการหาคำตอบที่มีลำดับขั้นตอนที่เหมาะสม (Procedure) ที่ใช้งานได้จริงกับลักษณะการประกอบธุรกิจขนาดเล็กที่มีการกระจายสินค้ารายวันตามคำสั่งซื้อที่เกิดขึ้น และใช้จำนวนจุดขนส่งทดสอบ 30 จุด ซึ่งจัดเป็นปัญหาขนาดเล็กแต่เพียงพอกับลักษณะธุรกิจกระจายสินค้าที่มีขนาดเล็กโดยที่ธุรกิจไม่จำเป็นต้องลงทุนเพื่อซื้อโปรแกรมจำเพาะสำหรับการจัดการขนส่ง ทั้งนี้หากเป็นระบบกระจายสินค้าในธุรกิจขนาดกลางหรือขนาดใหญ่ จะมีจุดขนส่งจำนวนมาก หรือมีลักษณะการกระจายสินค้าที่ซับซ้อนกว่า ผู้ประกอบการจะมีทางเลือกในการลงทุนเพื่อซื้อโปรแกรมจัดการขนส่งที่มีราคาสูงและประสิทธิภาพสูงกว่าได้

กระบวนการหาผลลัพธ์ทำโดยการแยกส่วนการคำนวณเพื่อสร้างเส้นทาง และการปรับปรุงเส้นทาง ออกจากกัน และใช้การส่งถ่ายข้อมูลระหว่างระบบจัดการขนส่งที่ใช้งานอยู่จริงกับแบบจำลองปัญหาการจัดการเส้นทางในโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel ทั้งนี้เพื่อลดความซับซ้อนของระบบสมการทางคณิตศาสตร์ และความยุ่งยากในการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากระบบสมการ ซึ่งทำให้บุคลากรที่เกี่ยวข้องสามารถสร้างแผนการขนส่งรายวันได้โดยใช้เพียงความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบการขนส่งของบริษัทตัวอย่างเท่านั้น

กระบวนการหาผลลัพธ์ที่ได้ออกแบบ จะประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) กำหนดตำแหน่ง node ในระบบ Google Map [10], [11] เพื่อสร้างเมตริกซ์ระยะทางจากคลังสินค้า (node 1) และระยะทางระหว่างที่ตั้งร้านค้าแต่ละราย (node  $i$ ) ตัวอย่างเมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดขนส่งต่างๆ แสดงในรูปที่ 2

Image	Type	WxLxH (cm.)	Volume(cm <sup>3</sup> )
	A	41x34x22	30,668
	B	44x63x42	116,424

รูปที่ 1 การกำหนดรูปแบบหีบห่อมาตรฐานและการคำนวณปริมาตรในการขนส่ง

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Location	1	2	3	4	5	6	7
2	1	0	34	36	37	31	33	36
3	2	34	0	29	23	22	25	24
4	3	36	29	0	17	12	18	17
5	4	37	23	17	0	32	30	29
6	5	31	22	12	32	0	26	24
7	6	33	25	18	30	26	0	19
8	7	36	24	17	29	24	19	0

รูปที่ 2 เมตริกซ์ระยะทางวัดจาก Google Map และสร้างตารางใน Microsoft Excel

2) ใช้ฟังก์ชันของระบบ TMS ทำการเลือกพื้นที่แบบ Clustering โดยแบ่งพื้นที่ของกลุ่มร้านค้าและเรียงลำดับที่เป็นไปได้ในเส้นทางเดียวกัน โดยที่ไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขของระบบปัญหาและการทำงานจริง สร้างเป็นเซตของคำตอบเบื้องต้น (Initial Solution) และส่งข้อมูลออก (export) ในรูปของไฟล์ข้อมูล Microsoft Excel

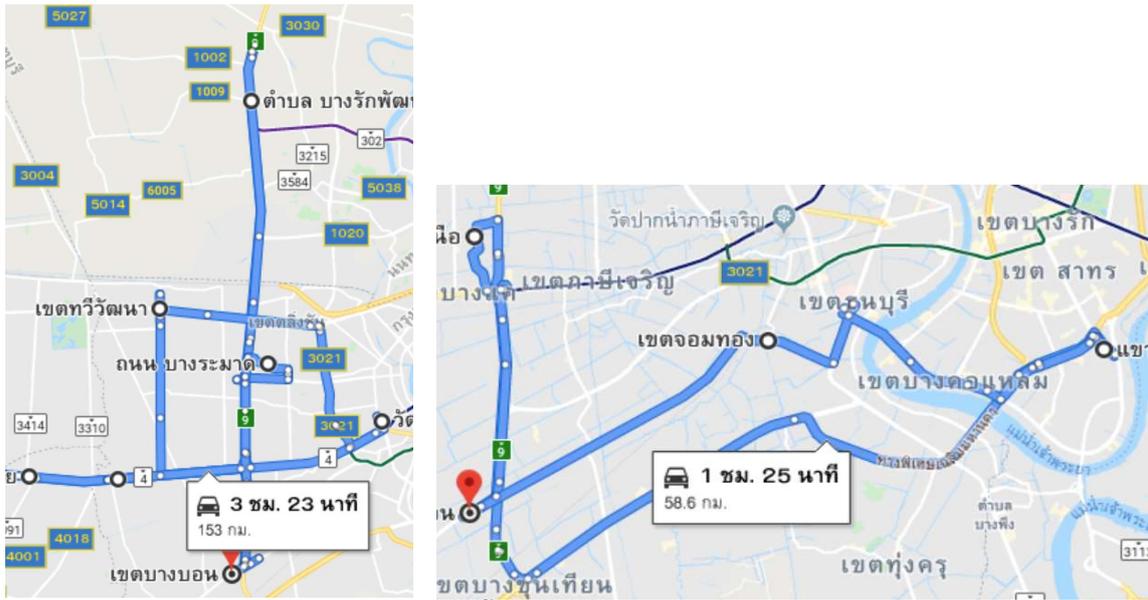
ทั้งนี้ จากการเลือกพื้นที่และสร้างคำตอบเบื้องต้นจากระบบ TMS จะทำให้สมการข้อจำกัด (5) ด้านความจุของรถ และสมการ (6) และ (7) ที่เกี่ยวกับจำนวนรถขนส่งทั้งหมด ถูกลดรูปลง และปัญหา VRP จะลดรูปเป็นปัญหา Travelling Saleman (TSP) ซึ่งสามารถใช้ตัว

ประมวลผลสำเร็จรูปในโปรแกรม Microsoft Excel หาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว

ตัวอย่างของเซตคำตอบเบื้องต้นแสดงในรูปที่ 3 โดยตัวอย่างรูปทางด้านซ้าย มีคำตอบเบื้องต้นด้วยเส้นทางคลังสินค้า-บางรักพัฒนา-อ้อมน้อย-วัดท่าพระ-ทวีวัฒนา-หนองแขม-บางระมาด-คลังสินค้า ใช้ระยะทาง 153 กิโลเมตร (แสดงในรูปแบบของ Google Map เพื่อให้เห็นกลุ่มและเส้นทางชัดเจน)

3) สร้างแบบจำลองของระบบปัญหา CVRP ในรูปแบบของสมการ (1) - (9) เพื่อเป็นโครงสร้างการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรม Microsoft Excel

4) เรียกใช้ Solver ของโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อสร้างเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยตั้งค่าวัตถุประสงค์ตามสมการที่ (1) เพิ่มสมการข้อจำกัด (add constraints) ตามสมการที่ (2) - (4) และเลือกวิธีประมวลผลเป็นเมตาฮิวริสติกส์ (ในโปรแกรม Microsoft Excel Solver เรียกว่า Evolutionary) เพื่อประมวลผลหาผลลัพธ์ที่สามารถปรับปรุงจากเซตคำตอบเบื้องต้น แบบจำลองระบบปัญหาและการเรียกใช้งาน Solver แสดงดังรูปที่ 4

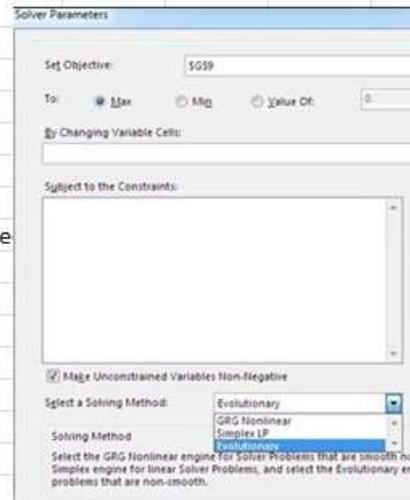


รูปที่ 3 เขตคำตอบเบื้องต้นที่ได้จากการจัดกลุ่มในระบบ TMS

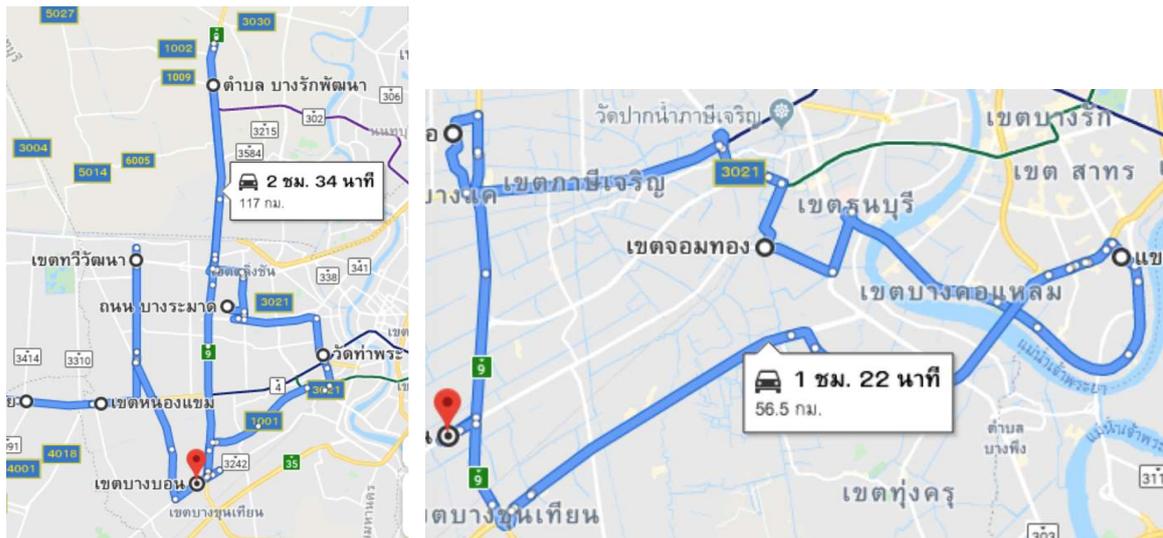
ตัวอย่างของเส้นทางจากการใช้ Solver ด้วยวิธีการเมตาฮิวริสติกส์แสดงในรูปที่ 5 โดยตัวอย่างรูปทางด้านซ้าย มีคำตอบที่ปรับปรุงให้ดีกว่าด้วยเส้นทาง คลังสินค้า-อ้อมน้อย-หนองแขม-ทวีวัฒนา-วัดท่าพระ-บางระมาด-

บางรักพัฒนา-คลังสินค้า ใช้ระยะทาง 117 กิโลเมตร (แสดงในรูปแบบของ Google Map เพื่อให้เห็นกลุ่มและเส้นทางชัดเจน)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Location	1	2	3	4	5	6	7	Target				
2	1	0	34	36	37	31	33	36	Min	162			
3	2	34	0	29	23	22	25	24					
4	3	36	29	0	17	12	18	17					
5	4	37	23	17	0	32	30	29					
6	5	31	22	12	32	0	26	24					
7	6	33	25	18	30	26	0	19					
8	7	36	24	17	29	24	19	0					
9													
10	Solution	1	2	3	4	5	6	7	Subje				
11	1	0	0	0	0	0	0	1					
12	2	0	0	0	0	1	0	0					
13	3	0	0	0	1	0	0	0					
14	4	0	1	0	0	0	0	0					
15	5	0	0	1	0	0	0	0					
16	6	1	0	0	0	0	0	0					
17	7	0	0	0	0	0	0	1					
18													



รูปที่ 4 แบบจำลองระบบปัญหาการจัดเส้นทางและการเรียกใช้ Solver เพื่อปรับปรุงเส้นทาง



รูปที่ 5 คำตอบเส้นทางโดยการใช้ Solver ด้วยวิธีการเมตาฮิวริสติกส์

5) นำคำตอบที่ได้จาก Solver เส้นทางและลำดับการขนส่งที่ร้านค้าเป้าหมาย บ่อนกลับเข้าสู่ระบบจัดการขนส่ง TMS เพื่อให้แสดงกลุ่มของสินค้าที่เดินทางด้วยรถคันเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 6 และให้ระบบ TMS สร้างเป็น

แผนงานการขนส่งสำหรับวันนั้นๆ และสามารถสร้างกราฟพิกใน Google Map เพื่อแสดงเส้นทางและตำแหน่งร้านค้าเป้าหมาย ประกอบกับแผนการขนส่งรายวันได้

...	ลบ	ค้น	ชื่อลูกค้า	จังหวัด	เลขที่ invoice	จำนวน	ปริมาตร	ขนส่ง	คืน	ชำระบัญชี	จำนวนเงิน
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	วันนี้	AAAAA	กรุงเทพมหานคร	IN262080380	B-1ก	116424		<input type="checkbox"/>		5,280.00
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		BBBBB		2SL201908002			Logis1	<input type="checkbox"/>		0.00
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		CCCCC	กรุงเทพมหานคร				Logis1	<input type="checkbox"/>		0.00
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		DDDDD			D-6ฟอ	2472192		<input type="checkbox"/>		0.00

รูปที่ 6 ตัวอย่างการกำหนดลำดับในระบบ TMS ด้วยคำตอบเส้นทางขนส่งจาก Solver

#### 4 ผลการวิจัย

กระบวนการหาผลลัพธ์ที่ได้ออกแบบในหัวข้อ 3.2 ประกอบด้วย 1) ส่วนของการสร้างเซตคำตอบเส้นทางเบื้องต้น ซึ่งดำเนินการโดยระบบ TMS ซึ่งเซตคำตอบนี้มีความใกล้เคียงกับการเลือกเส้นทางโดยประสิทธิภาพของผู้วางแผนการขนส่ง ซึ่งให้ค่าใช้จ่ายการขนส่งที่สูง แต่ทำให้ผู้วางแผนสามารถลดรูปของระบบปัญหาให้ง่ายขึ้นได้ และ 2) ส่วนของการปรับปรุงเส้นทางด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ผลลัพธ์ที่ดีและเป็นไปได้มากที่สุดจะเป็นไปตามขีดความสามารถของวิธีการหาคำตอบที่เลือกใช้ Solver ซึ่งในงานวิจัยนี้พบว่า การเลือกใช้วิธีแบบเมตาฮิวริสติกส์จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการเลือกใช้วิธี Simplex LP หรือ GRG NonLinear อย่างสม่ำเสมอ

จากการทดสอบกระบวนการหาผลลัพธ์ที่ได้ออกแบบด้วยปัญหาตัวอย่าง (A) – (J) จำนวน 10 เส้นทางแบบสุ่ม ซึ่งขนาดของปัญหาแสดงด้วยจำนวนจุดขนส่งในแต่ละเส้นทาง ผลลัพธ์แสดงให้เห็นค่าผลรวมระยะทางที่สั้นลงไม่ต่ำกว่า 8% ซึ่งหากประเมินเป็นค่าใช้จ่ายโดยคิดราคาน้ำมันขณะเวลาที่ทำการวิจัย จะได้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งของเซตคำตอบเบื้องต้นเป็น 28,144 บาท และเซตของเส้นทางที่ปรับปรุงด้วยวิธีเมตาฮิวริสติกส์ ให้ค่าใช้จ่ายเป็น 25,891 บาท ซึ่งสามารถลดต้นทุนด้านการขนส่งได้ในช่วง 8 - 10% เช่นเดียวกัน ทั้งนี้ยังไม่รวมถึงต้นทุนเวลาที่อาจประหยัดได้ในการเดินทางด้วยระยะทางที่สั้นกว่า ผลการเปรียบเทียบคำตอบจากกระบวนการหาผลลัพธ์ที่ได้ออกแบบ แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบระยะทางการขนส่งโดยวิธีปัจจุบัน และการจัดเส้นทางโดยใช้ Excel Solver

เส้นทาง	เขตคำตอบเส้นทางเบื้องต้น		คำตอบเส้นทางจาก Solver ด้วยวิธีเมตาฮีริสติกส์	
	Set of Node	ระยะทาง	Set of Node	ระยะทาง
(A)	1-4-2-8-13-7-19-1	153.0	1-2-7-13-8-19-4-1	117.0
(B)	1-3-9-17-1	58.6	1-3-17-9-1	56.5
(C)	1-4-9-20-1	105.0	1-9-20-4-1	96.8
(D)	1-12-19-4-1	72.2	1-12-19-4-1	72.2
(E)	1-8-20-17-1	41.7	1-20-8-17-1	35.5
(F)	1-9-3-6-1	97.6	1-3-6-9-1	95.9
(G)	1-5-14-20-1	94.5	1-20-14-5-1	90.3
(H)	1-12-15-1	16.7	1-12-15-1	16.7
(I)	1-2-6-21-1	131.0	1-6-2-21-1	124.0
(J)	1-16-7-10-12-1	41.7	1-16-7-10-12-1	41.7
ระยะทาง		812.0		746.9

## 5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้เทคนิคการวิจัยดำเนินงานในภาคอุตสาหกรรม โดยได้ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งแบบ Capacitated Vehicle Routing ในธุรกิจขนาดเล็กซึ่งเป็นผู้กระจายสินค้าหีบห่อขนาดใหญ่ ไปยังลูกค้าประจำซึ่งเป็นร้านค้าปลีกทาง ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งในแบบเดียวกันนี้เป็นปัญหาที่ซับซ้อนสำหรับผู้ประกอบการเกินกว่าที่จะลงทุนด้านทรัพยากรและเวลาที่จะหาคำตอบที่ดีที่สุด การวิจัยแสดงให้เห็นว่ากระบวนการแบบ Composite Method ที่ออกแบบโดยผสมผสานการใช้งานโปรแกรมจัดการขนส่ง TMS โปรแกรม Google Map โปรแกรม Microsoft Excel และวิธีการหาคำตอบด้วย Metaheuristic Excel Solver ซึ่งมีใช้งานเป็นปกติในกลุ่มผู้ประกอบการขนาดเล็ก ช่วยทำให้การแก้ปัญหาการจัดการขนส่งง่ายขึ้นมาก สามารถใช้งานได้โปรแกรมสเปรดชีตทั่วไป ผลจากการทดสอบด้วยโจทย์จากการขนส่งจริงพบว่าได้ประสิทธิภาพด้านระยะทางที่สั้นลงไม่ต่ำกว่า 8% และเมื่อประเมินค่าใช้จ่ายก็สามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ในระดับที่เทียบเคียงกัน

## 6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นผลงานวิจัยจากโครงการฝึกงานแบบสหกิจศึกษา สาขาวิศวกรรมโลจิสติกส์ ซึ่งได้รับการสนับสนุนด้านการฝึกงาน สถานที่ ข้อมูล และคำแนะนำต่างๆ จากผู้บริหารและบุคลากรทุกท่านของ บริษัท แลนด์ไค้สปอร์ต แอนด์ มิวสิคเคิล จำกัด คณะผู้วิจัยและสาขาวิศวกรรมโลจิสติกส์จึงขอแสดงความขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] G. D. Taylor, "Transportation System Overview," in *Introduction To Logistics Engineering*, Taylor & Francis Group, LLC, 2009.
- [2] C-S. Liu and M. Y. Lai, *The Future Of The Logistics Industry*. Pricewaterhouse Coopers, Germany, 2009.
- [3] G. Clarke and J. W. Wright, "Scheduling Of Vehicle Routing Problem From A Central Depot To A Number Of Delivery Points,"

- Operations Research*, Vol. 12(4), pp. 568-581, 1964.
- [4] G. K. Rand, “ The Life And Times Of The Savings Method For Vehicle Routing Problems,” *Orion*, Vol 25(2), pp. 125–145, 2009.
- [5] R. H. Ballou, *Business Logistics: Supply Chain Management. ed. , 5th*, Pearson Education Inc., 2004.
- [6] C. Caplice, “*Introduction to Supply Chain*,” in *Supply Chain and Logistics Fundamentals*. MIT Center for Transportation & Logistics, 2010.
- [7] G. Dantzig, R. Fulkerson and S. Johnson, “ Solution of a large-scale travelling-salesman problem,” *Operational Research*, Vol 2, pp.393-410, 1954.
- [ 8] R. Pitakaso, *Meta-Heuristic Methods For Solving Production Planning and Logistics Problems*. TPA Publishing, Thailand, 2011.
- [9] Oracle Online Source (2019, August). What Is a Transportation Management System. [Online]. Available: <https://www.oracle.com>
- [ 10] Google Map. (2019). [Online]. Available: <https://www.google.com/maps>
- [11] Google Map. (2019). Searching for direction. [Online]. Available: <https://support.google.com>