

การจัดการเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้าของบริษัทแปรรูปอาหาร
ขนาดย่อม โดยใช้ตัวแบบการจัดการเส้นทางยานพาหนะ
**TRANSPORTATIONS MANAGEMENT OF SME FOOD PROCESSING
PLANT WITH VEHICLE ROUTING PROBLEM MODEL**

ประภาพรณ เกษราพงศ์¹ และ อารียา ชูเงิน²

¹อาจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

199 ถนนสุขุมวิท ตำบลทุ่งสุขลา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230

²นักวิจัยร่วม, 2/3 ต.ลาดหลุมแก้ว อ.ลาดหลุมแก้ว จ.ปทุมธานี 12140

Prapapan Ketsarapong¹ and Arreya Choo-ngern²

¹Lecturer, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering at Si Racha,
Kasetsart University Sriracha Campus 199 Sukhumvit Road, Tumbol Tungbukla,
Amphoe Sriracha, Chonburi 20230

²Co-Researcher, 2/3 Lat Lum Kaeo Sub-district, Lat Lum Kaeo District, Pathumthani 12140

บทคัดย่อ

บทความนี้ทำการศึกษาการจัดการเส้นทางการขนส่งของบริษัทแปรรูปอาหารขนาดย่อม ซึ่งพบว่ามีต้นทุนการขนส่งที่สูงมาก ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ต้นทุนการขนส่งที่ต่ำ ซึ่งแบ่งพื้นที่ในการกระจายสินค้าเป็น 3 เขตคือ กรุงเทพมหานคร (DC¹) ปทุมธานี (DC²) และนครนายก (DC³) ไปยังลูกค้าทั้งหมด 25 ราย มีนโยบายแบ่งพื้นที่รับผิดชอบดังนี้ DC¹ รับผิดชอบลูกค้า 7 ราย DC² รับผิดชอบลูกค้า 6 ราย และ DC³ รับผิดชอบลูกค้า 12 ราย เมื่อใช้ตัวแบบปัญหาการจัดการเส้นทางยานพาหนะ (VRP) พบว่า ต้นทุนลดลงจากเดิม 133,877.10 บาทต่อเดือน คิดเป็น 42.08% **คำสำคัญ:** ปัญหาการจัดการเส้นทางยานพาหนะ, การขนส่ง, การขนส่งกรณีมีน้ำหนักบรรทุก

ABSTRACT

This paper studies truckload transportation management of SME food processing plant. The problem shown that the delivery cost is high cost. Thus, the objective is to minimize the delivery cost. There are 3 distribution centers, located in Bangkok (DC¹), Pathumthani (DC²)

and Nakhonnayok (DC³), deliver to 25 customers. The allocation policy are as the follows: DC¹ distributes to 7 customers, DC² distributes to 6 customers, and DC³ distributes to 12 customers. By using vehicle routing problem (VRP) model, the delivery cost was decreased by 133,877.10 baht per month or 42.08 percent.

KEYWORDS: vehicle routing problem, transportation, transportation with load

1. บทนำ

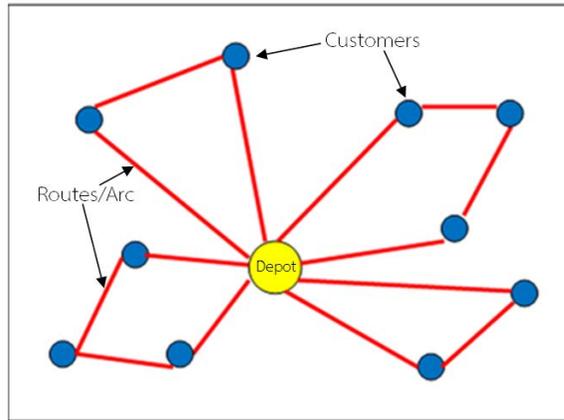
ปัจจุบันการขนส่งเข้ามามีบทบาทมากในการลดต้นทุนทางธุรกิจ การจัดสรรเส้นทางการลำเลียงสินค้าและการขนส่งสินค้าให้ได้ปริมาณตามความต้องการของลูกค้า โดยให้ต้นทุนในการขนส่งสินค้าต่ำสุดจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการจัดการด้านการขนส่ง บริษัทกรณีศึกษาจึงมีความสนใจอย่างยิ่งที่จะลดต้นทุนดังกล่าวลง จากการเข้าศึกษาสภาพทั่วไปพบว่า บริษัทกรณีศึกษามีบริษัทผลิตอาหาร 1 แห่ง แต่มีการแบ่งศูนย์กระจายสินค้าเป็น 3 เขต จากจำนวนลูกค้าทั้งหมด 25 ราย ดังตารางที่ 1 ถึง 4 แต่ละศูนย์กระจายสินค้ามีรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (รย.3 ประเภทที่ 3.7 ตู้บรรทุก 4 ล้อ) 1 คัน มีต้นทุนการขนส่งรวมเท่ากับ 318,129.1 บาทต่อเดือน ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาต้นทุนการขนส่งสินค้าที่เกิดจากโรงงานผู้ผลิตไปจัดเก็บยังศูนย์กระจายสินค้า (Depot) ทั้ง 3 เขตซึ่งเป็นต้นทุนคงที่และทำการจัดเส้นทางการขนส่งระหว่างศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งไปยังลูกค้า (Customers) แต่ละรายตามปริมาณความต้องการของลูกค้าที่แน่นอน โดยจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดคือศูนย์กระจายสินค้าแต่ละศูนย์ กำหนดให้ระยะทางในการขนส่งระหว่างลูกค้าแต่ละรายไปกลับเท่ากัน และความสามารถในการบรรทุกของรถทุกคันเท่ากัน

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง หรือการจัดเส้นทางยานพาหนะ (vehicle routing problem: VRP) เป็นปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดเชิงการจัด (combinatorial optimization problem) และปัญหากำหนดการจำนวนเต็ม (integer programming problem) ซึ่งปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะนี้เป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการโลจิสติกส์ เกี่ยวข้องกับการแสวงหาจำนวนการให้บริการยานพาหนะแก่ลูกค้าและการกระจายสินค้า เพื่อลดต้นทุนด้านการจัดการ ซึ่ง [1] ได้จำแนกปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะออกเป็นลักษณะต่าง ๆ เช่น ตามลักษณะของยานพาหนะ ประเภทของยานพาหนะ โรงจอดรถหรือคลังสินค้า ความต้องการในการขนส่ง จุดกำเนิดความต้องการ ความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ เวลาในการขนส่งที่ยอมให้มากที่สุด และข้อจำกัดทางด้านเวลาในการขนส่ง

ปัญหาการจัดเส้นทางที่มียานพาหนะและการจัดส่งสินค้า (Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery: VRPPD) เป็นปัญหาที่มองถึงจำนวนสินค้าที่ต้องขนย้ายจากสถานที่ที่รถจอดอยู่ ไปยังสถานที่จัดส่งอื่นๆ โดยมีเป้าหมายในการหาที่จะค้นหาเส้นทางที่น้อยที่สุดสำหรับยานพาหนะในการขนส่ง ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การจัดเส้นทางยานพาหนะ

จากรูป $G=(N,A,D)$ เมื่อ $N = \{0,1,\dots,n\}$ คือ เซตของโหนดหรือเมืองของลูกค้า โดยที่โหนด 0 คือ ศูนย์กระจายสินค้า ซึ่ง $A = \{(i, j) : i, j \in N, i \neq j\}$ โดยที่ A คือ เซตเส้นเชื่อมระหว่างเมือง i ไปยังเมือง j หรือที่เรียกว่า อาร์ค (Arc) และ $D = \{d_{ij} : i, j \in N, i \neq j\}$ โดยที่ D คือ ระยะทางระหว่างเมือง i ไปยังเมือง j เมตริกระยะทาง ยานพาหนะแต่ละคันมีความจุจำกัด Q โดยขนส่งสินค้าไปยังเมืองต่าง ๆ เพื่อให้มีระยะทางรวมต่ำสุด [2] การจำลองปัญหาแบบ VRP มีจุดเริ่มต้นจากการสร้างระบบสมการเชิงเส้นของปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Travelling salesman problem: TSP) หลังจากนั้นได้ทำการขยายปัญหาโดยเพิ่มเงื่อนไขต่าง ๆ เข้าไปจนกลายเป็นปัญหา VRP สามารถทำได้ด้วยการสร้างสมการเชิงคณิตศาสตร์ตามลักษณะของปัญหา [3] ดังนี้

$$\min Z = \sum_{i,j \in N} \sum_{k=1}^K D_{ij} x_{ij}^k \quad (1)$$

ภายใต้เงื่อนไข

$$\sum_{i,j \in N} d_j x_{ij}^k \leq Q \quad ; \forall k = 1, \dots, K \quad (2)$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{k=1}^K x_{ij}^k = 1 \quad ; \forall j \in N \setminus \{0\} \quad (3)$$

$$\sum_{j \in N} \sum_{k=1}^K x_{ij}^k = 1 \quad ; \forall i \in N \setminus \{0\} \quad (4)$$

$$\sum_{i \in N} x_{ij}^k - \sum_{i \in N} x_{ji}^k = 0 \quad ; \forall j \in N \setminus \{0\}, k = 1, \dots, K \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^N x_{0j}^k \leq 1 \quad ; k = 1, \dots, K \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{i0}^k \leq 1 \quad ; k = 1, \dots, K \quad (7)$$

$$\sum_{i,j \in S} x_{ij}^k \leq |S| - 1 \quad ; \forall S \subseteq N \setminus \{0\}, |S| \geq 2, k = 1, \dots, K \quad (8)$$

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

เมื่อกำหนดให้

- D_{ij} คือ ต้นทุนในการเดินทางระหว่างลูกค้า หรือคลังสินค้าลำดับที่ i ไปยัง j
- d_j คือ ความต้องการสินค้าของลูกค้าลำดับที่ j
- Q คือ ความสามารถในการบรรทุกสินค้าของยานพาหนะ
- N คือ เซตของจุดที่ตั้งของกลุ่มลูกค้า หรือคลังสินค้าที่พิจารณา ; $N = \{0,1,\dots,n\}$
- n คือ จำนวนของกลุ่มลูกค้า หรือคลังสินค้าทั้งหมด
- K คือ จำนวนยานพาหนะทั้งหมด
- S คือ สับเซตใดๆ ที่เป็นไปได้ทั้งหมดของ N ; $S \subset N \setminus S \neq \emptyset, S \neq N$
- $|S|$ คือ จำนวนสมาชิกของเซต S
- $x_{ij}^k = 1$ ถ้ายานพาหนะ k มีการเดินทางระหว่างลูกค้าหรือคลังสินค้าลำดับที่ i ไปยัง j
- $x_{ij}^k = 0$ ถ้ายานพาหนะ k ไม่มีการเดินทางระหว่างลูกค้าหรือคลังสินค้าลำดับที่ i ไปยัง j

จากสมการที่ (1) แสดงวัตถุประสงค์เพื่อการหาต้นทุนในการเดินทางที่ทำให้ยานพาหนะทุกคันวิ่งไปยังลูกค้าทุกจุดมีค่าน้อยที่สุด สมการที่ (2) เป็นการกำหนดให้ยานพาหนะขนส่งสินค้าทุกคันสามารถบรรทุกสินค้าได้ไม่เกินข้อจำกัด สมการที่ (3) และ (4) คือการประกันว่าลูกค้าแต่ละรายจะได้รับบริการจากยานพาหนะเพียงคันเดียว ซึ่งหมายความว่า จะมีพาหนะเดินทางไปยังลูกค้าแต่ละรายได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น สมการที่ (5) เป็นการควบคุมให้จำนวนพาหนะที่วิ่งเข้าไปต้องเท่ากับที่วิ่งออก สมการที่ (6) และ (7) เป็นการประกันว่ายานพาหนะขนส่งแต่ละคันจะออกจากจุดเริ่มต้นเพียงครั้งเดียวหรือถูกใช้ได้เพียงเส้นทางใดเส้นทางหนึ่งเท่านั้น สมการที่ (9) เป็นการกำหนดให้สมาชิกในเซตของตัวแปรสำหรับการตัดสินใจมีค่า 0 หรือ 1 เท่านั้น คือเกิดการเชื่อมโยงกัน หรือไม่ได้รับการเชื่อมโยง

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Adam[4] ทำการศึกษาการคัดเลือกบริษัทเอกชนหรือผู้ประกอบการ เพื่อจัดสรรเครือข่ายของรถขนส่งในเมืองแมนเชสเตอร์ ซึ่งมีจำนวนของผู้ประกอบการมากกว่า 30 รายในพื้นที่ รวมถึงขนาดของยานพาหนะที่แตกต่างกัน ครอบคลุมพื้นที่ที่ต่างกัน จึงนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีโปรแกรมจำนวนเต็ม (Integer Programming) พบว่าประสบความสำเร็จเป็นอย่างมากในยุโรป สำหรับโครงการ GMPT (Greater Manchester Public Transport Executive) [5] ได้ทำการศึกษาปัญหาการเดินทางของพนักงานขายที่มีระยะเวลาการเดินทางไม่แน่นอน โดยได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเดินทางและเวลาของคู่จุดเมือง ซึ่งได้มุ่งหวังจะให้ค่าความแปรปรวนของระยะเดินทางมีค่าน้อยที่สุดและควบคุมระยะเวลาเดินทางคาดหวังร่วมให้อยู่ในช่วงขอบเขตบนที่ต้องการ และได้นำเสนอวิธีการในการแก้ปัญหาคือวิธีการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขตที่แท้จริงซึ่งได้รับรองว่าคำตอบที่ได้มีค่าความเหมาะสมที่สุด [6] นำเสนองานวิจัยที่กล่าวถึงการจัดเส้นทางรถขนส่งที่มีภาระรับและส่งสินค้าในเวลาเดียวกัน ระยะทางในการขนส่งที่พิจารณาในการจัดเส้นทางรถขนส่งมีทั้งแบบที่ทราบค่าและไม่ทราบหรือหากทราบค่าอาจจะมีลักษณะเป็นทราบค่าที่แน่นอนหรือไม่แน่นอน [7] ได้กำหนดปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นชั้นใหม่ โดยสร้างค่าพารามิเตอร์ของค่าคงที่ทางขวามือและค่าสัมประสิทธิ์ให้เป็นค่าที่ไม่แน่นอน ซึ่งรูปแบบตัวแบบที่ได้ค่อนข้างจะคล้ายกับวิธีคลาสสิกของสองขั้นตอน (classical two-stage LP) ทำให้แบบจำลองใหญ่มากและไม่สามารถแก้ปัญหาโดยใช้โปรแกรม Solver ได้ จึงได้นำเสนอวิธีควบคู่ (Dual) ในการแก้ปัญหา ผลที่ได้สรุปว่าปัญหาควบคู่สามารถหาคำตอบได้เร็วกว่าการแก้ปัญหาด้วยวิธีเดิมถึง 70% [8] ทำการศึกษา ออกแบบ และสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อวางแผนการจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะชุมชนในกรุงเทพมหานคร เขตดอนเมือง โดยประยุกต์ใช้การจัดเส้นทางรถ (Vehicle Routing Problem; VRP) [9] ทำการศึกษาเส้นทางรถเดินหิบบินค้าในคลังสินค้าภายในคลังสินค้าให้มีระยะทางที่น้อยที่สุด และใช้เวลาในการเดินน้อยที่สุด โดยการพัฒนาระบบสนับสนุน

การตัดสินใจ และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการหาเส้นทางการเดินที่สั้นที่สุด โดยใช้โปรแกรมเอ็กเซลพรีเมียมโซลเวอร์ (Excel Premium Solver) ในการหาเส้นทางการเดินหีบสินค้าที่เหมาะสมที่สุด และพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ โดยออกแบบให้ใช้งานง่ายและสะดวกต่อผู้ใช้งาน [10] ทำการพัฒนาโปรแกรมการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังกลุ่มลูกค้าที่มีตำแหน่งที่ตั้งอยู่ภายในบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล และสามารถลดระยะทางในการเดินรถขนส่งสินค้า โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Google maps) ในการหาตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มลูกค้า โดยใช้วิธีการเดินทางจากเมืองที่ใกล้ที่สุดหรือเมืองพรมแดน (Nearest Neighbor Heuristics: NNH) นำมาสร้างรูปแบบการแก้ปัญหาผ่านโปรแกรมวีบีเอ (Visual Basic for Applications: VBA) [11] ทำการศึกษาการกระจายสินค้าของศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้า 25 รายในเขตภาคกลาง โดยทำการพิจารณาเขตความรับผิดชอบในการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าของศูนย์กระจายสินค้า 3 เขต โดยใช้ตัวแบบปัญหาการมอบหมายงาน (The Assignment Problem Model) ในการแก้ปัญหา [12] ศึกษาเส้นทางการขนส่งสำหรับการจัดเส้นทางภายในกรอบเวลายืดหยุ่นโดยใช้วิธีซิมมูลเตดแอลเนลลิ่ง [13] นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุดของการขนส่งและกระจายสินค้าในโรงงานผลิตผลไม่กระป๋อง โดยพิจารณาเที่ยวเปล่าในระบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานในรูปแบบของการขนส่งและกระจายสินค้าที่พิจารณาและใช้โปรแกรม Lingo ในการแก้ปัญหา [14] ใช้วิธีสถิติแก้ปัญหาการกระจายสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า 1 แห่งไปยังร้านค้าปลีกหลายสาขา โดยมีสินค้าเดียวและร้านค้าปลีกจะรับความต้องการจากลูกค้าด้วยอัตราคงที่ และกำหนดให้ไม่มีสินค้าขาดมือ

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ข้อมูลพื้นฐาน

3.1.1 สภาพทั่วไปของปัญหา บริษัทกรณีศึกษาตั้งอยู่ที่จังหวัดกาฬสินธุ์ เป็นบริษัทผลิตอาหารแช่แข็งขนาดย่อมโดยการแปรรูปอาหารจากสัตว์ มีการแบ่งเขตการกระจายสินค้า 3 เขตตามที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า (DC) ทั้ง 3 แห่ง คือ กรุงเทพมหานคร (DC¹) ปทุมธานี (DC²) และนครนายก (DC³) ซึ่งแต่ละศูนย์กระจายสินค้าจะมีจำนวนลูกค้า (N) ด้วยกัน 7, 6 และ 12 รายตามลำดับ สำหรับการขนส่งสินค้าจะใช้รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (รย.3 ประเภทที่ 3.7 ตู้บรรทุก 4 ล้อ) แต่ละ DC จะมีรถขนส่งสินค้า DC ละ 1 คัน ซึ่งต้นทุนรวมในการขนส่งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) จะคำนวณค่าใช้จ่ายจากบริษัทผลิตอาหารไปยัง DC และต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) จะคำนวณจากแต่ละ DC ไปยังลูกค้า ซึ่งต้นทุนเฉลี่ยของการขนส่งสินค้ากับระยะทางการขนส่ง (4 ล้อ เผลาเดียว) [15] ตามที่ได้อ้างอิงจากกรมขนส่งทางบกที่ราคาน้ำมันดีเซล 24 บาท/ลิตร ณ ปี พ.ศ.2552 เมื่อคำนวณที่ราคาน้ำมันดีเซล 29.39 บาทต่อลิตร ณ ปี พ.ศ.

2557 ทำให้ต้นทุนการขนส่งที่เกิดขึ้น 36.11 บาทต่อกิโลเมตร ดังนั้นต้นทุนทั้งหมดเท่ากับ 318,129.1 บาทต่อเดือน

จากใบอนุญาตขับรถตามพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ.2522 ชนิดที่ 1 สำหรับรถที่มีน้ำหนักบรรทุกและน้ำหนักบรรทุกรวมกันไม่เกิน 3,500 กิโลกรัม เนื่องจากรถยนต์มีน้ำหนักรวมตัวบรรทุกที่ 1,500 กิโลกรัม ดังนั้นจึงสามารถบรรทุกของน้ำหนักได้ไม่เกิน 2,000 กิโลกรัมซึ่งเท่ากับ 40 กล้อง (1 กล้องหนัก 50 กิโลกรัม)

3.1.2 ข้อมูลการจัดเก็บสินค้า และระยะทางในการขนส่งจากบริษัทผลิตอาหารมายังแต่ละ DC ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งต้นทุนส่วนนี้จัดเป็นต้นทุนคงที่

ตารางที่ 1 ข้อมูลการจัดเก็บสินค้าสูงสุดของแต่ละ DC และระยะทาง จากบริษัทมายังแต่ละ DC

ศูนย์กระจายสินค้า (DC ^L)	การจัดเก็บสินค้าต่อเดือน (กล่อง)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
DC ¹	255	559
DC ²	130	537
DC ³	230	466

พบว่าเมื่อมีการแบ่งเขตพื้นที่รับผิดชอบ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการขนส่งสินค้าจากบริษัทผู้ผลิตอาหารมายังศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 3 ศูนย์เมื่อเทียบต้นทุนการขนส่งที่ 36.11 บาทต่อกิโลเมตร ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเท่ากับ 56,403.82 บาทต่อเดือน

3.1.3 ข้อมูลปริมาณการจัดส่งสินค้า และระยะทางในการขนส่งที่แตกต่างกันในแต่ละ DC ดังแสดงในตารางที่ 2 ถึง ตารางที่ 4

ตารางที่ 2 การจัดส่งสินค้าของศูนย์กระจายสินค้า DC1 ไปยังลูกค้าแต่ละราย

ลูกค้า	ปริมาณการส่ง (d_j^1) (กล่องต่อสัปดาห์)	ระยะทาง (กิโลเมตร)		ลูกค้า	ปริมาณการส่ง (d_j^1) (กล่องต่อสัปดาห์)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
A1	12	2		A6	3	46
A3	18	5		A9	2	54
A4	18	7		A23	4	109
A5	6	7				

จากตารางที่ 2 พบว่าศูนย์กระจาย DC¹ ต้องทำการส่งสินค้าให้กับลูกค้าจำนวน 7 ราย ได้แก่ A1 A3 A4 A5 A6 A9 และ A23 ในปริมาณส่งรวมทั้งสิ้น 63 กล่องต่อสัปดาห์ ระยะทางไปกลับที่ใช้ตลอดทั้งเดือน 1,840 กิโลเมตร คิดเป็น 66,442.4 บาทต่อเดือน

ตารางที่ 3 การจัดส่งสินค้าของศูนย์กระจายสินค้า DC2 ไปยังลูกค้าแต่ละราย

ลูกค้า	ปริมาณการส่ง (d_j^2) (กล่องต่อสัปดาห์)	ระยะทาง (กิโลเมตร)		ลูกค้า	ปริมาณการส่ง (d_j^2) (กล่องต่อสัปดาห์)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
A2	6	51		A10	5	12
A7	5	6		A11	5	101
A8	5	7		A16	5	116

จากตารางที่ 3 พบว่าศูนย์กระจายสินค้า DC² ต้องทำการส่งสินค้าให้กับลูกค้าจำนวน 6 ราย ได้แก่ A2 A7 A8 A10 A11 และ A16 ในปริมาณส่งรวมทั้งสิ้น 31 กล่องต่อสัปดาห์ ระยะทางไปกลับที่ใช้ตลอดทั้งเดือน 2,344 กิโลเมตร คิดเป็น 84,641.84 บาทต่อเดือน

ตารางที่ 4 การจัดส่งสินค้าของศูนย์กระจายสินค้า DC3 ไปยังลูกค้าแต่ละราย

ลูกค้า	ปริมาณการส่ง (d_j^3) (กล่องต่อสัปดาห์)	ระยะทาง (กิโลเมตร)		ลูกค้า	ปริมาณการส่ง (d_j^3) (กล่องต่อสัปดาห์)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
A12	5	2		A19	5	22
A13	9	4		A20	3	58
A14	5	8		A21	3	58
A15	5	11		A22	3	59
A17	5	17		A24	5	60
A18	5	22		A25	3	62

จากตารางที่ 4 พบว่าศูนย์กระจายสินค้า DC³ ต้องทำการส่งสินค้าให้กับลูกค้าจำนวน 12 ราย ได้แก่ A12 A13 A14 A15 A17 A18 A19 A20 A21 A22 A24 และ A25 ในปริมาณส่งรวมทั้งสิ้น 56

กล่องต่อสับดาห์ ระยะทางไปกลับที่ใช้ตลอดทั้งเดือน 3,064 กิโลเมตร คิดเป็น 110,641.04 บาทต่อเดือน

3.1.4 ข้อมูลระยะทางระหว่างกลุ่มลูกค้าแต่ละรายในเขตพื้นที่รับผิดชอบของแต่ละ DC ซึ่งวัดจากแผนที่จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Google Maps) และกำหนดให้ระยะทางการขนส่งไปกลับเท่ากันหรือเป็นปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งแบบสมมาตร ดังตารางที่ 5 ถึง ตารางที่ 7 แสดงข้อมูลระยะทางในการขนส่งสินค้าจาก DC¹ DC² และ DC³ ไปยังลูกค้าแต่ละ DC ตามลำดับ ซึ่งหน่วยที่ใช้คือกิโลเมตร

ตารางที่ 5 เมตริกซ์ระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้า และกลุ่มลูกค้าแต่ละรายของศูนย์กระจายสินค้า DC¹ (D_{ij}^1)

From/To	DC ¹	A1	A3	A4	A5	A6	A9	A23
DC ¹	0	2	5	7	7	46	54	109
A1	2	0	19.3	38.1	21.3	74.5	42.4	159
A3	5	19.3	0	30.4	7.8	45.2	30.8	152
A4	7	38.1	30.4	0	13	51.9	24	138
A5	7	21.3	7.8	13	0	57.7	27.3	142
A6	46	74.5	45.2	51.9	57.7	0	45.2	113
A9	54	42.4	30.8	24	27.3	45.2	0	121
A23	109	159	152	138	142	113	121	0

ตารางที่ 6 เมตริกซ์ระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้า และกลุ่มลูกค้าแต่ละรายของศูนย์กระจายสินค้า DC² (D_{ij}^2)

From/To	DC ²	A2	A7	A8	A10	A11	A16
DC ²	0	51	6	7	12	101	116
A2	51	0	42.3	37.5	33.1	125	83.8
A7	6	42.3	0	15.8	37.7	90.6	49
A8	7	37.5	15.8	0	19.8	88.2	46.7
A10	12	33.1	37.7	19.8	0	103	61.8
A11	101	125	90.6	88.2	103	0	43
A16	116	83.8	49	46.7	61.8	43	0

ตารางที่ 7 เมตริกซ์ระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้า และกลุ่มลูกค้าแต่ละรายของศูนย์กระจายสินค้า $DC^3 (D_{ij}^3)$

From/To	DC ³	A12	A13	A14	A15	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A24	A25
DC ³	0	2	4	8	11	17	22	22	58	58	59	60	62
A12	2	0	90	74.3	76.5	87.5	90.9	75.4	80.5	85	108	117	128
A13	4	90	0	15.8	15.8	8.4	0.28	46.6	76.4	80.9	104	113	124
A14	8	74.3	15.8	0	0.85	13.4	16.8	30.9	61.5	65.2	88.6	97.6	108
A15	11	76.5	15.8	0.85	0	13.4	16.8	31.6	61.4	65.9	89.3	98.4	109
A17	17	87.5	8.4	13.4	13.4	0	9.3	44.2	74.1	78.5	102	111	121
A18	22	90.9	0.28	16.8	16.8	9.3	0	46.9	76.7	81.2	105	114	124
A19	22	75.4	46.6	30.9	31.6	44.2	46.9	0	56.1	60.6	55	64	74.4
A20	58	80.5	76.4	61.5	61.4	74.1	76.7	56.1	0	7.4	30.9	40	50.3
A21	58	85	80.9	65.2	65.9	78.5	81.2	60.6	7.4	0	23.9	32.9	43.4
A22	59	108	104	88.6	89.3	102	105	55	30.9	23.9	0	24.1	35.9
A24	60	117	113	97.6	98.4	111	114	64	40	32.9	24.1	0	11.9
A25	62	128	124	108	109	121	124	74.4	50.3	43.4	35.9	11.9	0

3.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากปัญหาที่กล่าวมาแล้วข้างต้น บริษัทกรณีศึกษาจะจัดเส้นทางการส่งของให้ลูกค้าเป็นรายสัปดาห์ตามความต้องการของลูกค้า จากสมการที่ (1) ถึงสมการที่ (9) สามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการจัดเส้นทางเดินรถของศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 3 ศูนย์ โดยที่ต้นทุนการส่งสินค้าอาหารแช่แข็งของรถขนส่งมีค่าเท่ากับ 36.11 บาท/กิโลเมตร ได้ดังต่อไปนี้

$$\min = 36.11 \sum_{k=1}^K \sum_{j=0}^7 \sum_{i=0}^7 D_{ij}^{DC^1} x_{ij}^k ; i \neq j \quad (10)$$

ภายใต้เงื่อนไข

$$\sum_{j=0}^N \sum_{i=0}^N d_j^k x_{ij}^k \leq 40 ; \forall k = 1, \dots, K \quad (11)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^N x_{ij}^k = 1 ; \forall j \in N \setminus \{0\} \quad (12)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=0}^N x_{ij}^k = 1 ; \forall i \in N \setminus \{0\} \quad (13)$$

$$\sum_{i=0}^N x_{ij}^k - \sum_{i=0}^N x_{ji}^k = 0 ; \forall j \in N \setminus \{0\}, k = 1, \dots, K \quad (14)$$

$$\sum_{j=1}^N x_{0j}^k \leq 1 ; k = 1, \dots, K \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{i0}^k \leq 1 ; k = 1, \dots, K \quad (16)$$

$$x_{ij}^k \in \{0,1\}; \forall i, j \in \{0,1,\dots,N\}, k = 1, \dots, K ; i \neq j \quad (17)$$

$$\sum_{i,j \in S} x_{ij}^k \leq |S| - 1 ; \forall S \subseteq N \setminus \{0\}, |S| \geq 2, k = 1, \dots, K \quad (18)$$

สมการที่ (10) แสดงต้นทุนต่ำสุดในการขนส่งของแต่ละ DC โดย DC¹, DC² และ DC³ มีจำนวนลูกค้า (N) เท่ากับ 7, 6 และ 12 ตามลำดับ สมการที่ (11) รถทุกคันที่ใช้ในการขนส่งสินค้า แต่ละ DC สามารถบรรทุกสินค้าได้ไม่เกินคันละ 40 กล้อง สมการที่ (12) รถทุกคันจะเดินทางไปยังลูกค้าแต่ละรายได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น สมการที่ (13) รถทุกคันจะออกจากลูกค้าแต่ละรายได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น สมการที่ (14) รถทุกคันจะเดินทางเข้ามายังลูกค้า หรือคลังสินค้าใดๆ จะต้องมีการเดินทางออกจากจุดนั้น สมการที่ (15) รถแต่ละคันจะถูกใช้ได้เพียงเส้นทางใดเส้นทางหนึ่งเท่านั้น และจะเดินทางออกจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้า สมการที่ (16) รถแต่ละคันจะถูกใช้ได้เพียงเส้นทางใดเส้นทางหนึ่งเท่านั้น และจะเดินทางกลับจากลูกค้าเข้าสู่ศูนย์กระจายสินค้า สมการที่ (17) แสดงการตัดสินใจ สมการที่ (18) เพื่อกำจัดเส้นทางย่อยที่เกิดขึ้น

4. ผลการศึกษา

4.1 การทดลอง

งานวิจัยนี้ใช้ซอฟต์แวร์ Microsoft Excel Premium Solver Version 8.0 บน Intel® Core™ i5-2320 CPU @ 3.00 GHz หน่วยความจำ (RAM) 8.00 GB ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการจัดเส้นทางเดินรถของศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพมหานคร (DC1)

รถคันที่	เส้นทางในการเดินรถขนส่งสินค้า		ระยะทาง (กิโลเมตร)	ความต้องการสินค้า (กล่อง)
	ลำดับที่	สถานที่		
1	1	DC ¹	0	0
	2	A4	7	18
	3	A9	24	2
	4	A6	45.2	3
	5	A23	113	4
	6	DC ¹	109	0
2	1	DC ¹	0	0
	2	A3	5	18
	3	A5	7.8	6
	4	A1	21.3	12
	5	DC ¹	2	0

จากผลที่ได้พบว่า ต้องใช้รถยนต์จำนวน 2 คัน หรือเทียบได้กับการส่งสินค้าออกจากศูนย์กระจายสินค้าจำนวน 2 รอบ จึงจะสามารถบรรทุกทุกสินค้าไปส่งได้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า และไม่เกินความสามารถในการบรรทุกของรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล โดยมีเส้นทางจัดส่งดังนี้ เส้นทางแรกส่งจาก DC¹ ไป A4 A9 A6 A23 และกลับมา DC¹ ตามลำดับ และเส้นทางที่ 2 จาก DC¹ ไป A3 A5 A1 และกลับมา DC¹ ตามลำดับ และมีระยะทางในการขนส่งเท่ากับ 298.2 และ 36.1 กิโลเมตร คิดเป็นต้นทุนการส่งสินค้า 10,768 และ 1,303.57 บาทตามลำดับ

ตารางที่ 9 ผลการจัดเส้นทางเดินรถของศูนย์กระจายสินค้าปทุมธานี (DC²)

รถคันที่	เส้นทางในการเดินรถขนส่งสินค้า		ระยะทาง (กิโลเมตร)	ความต้องการสินค้า (กล่อง)
	ลำดับที่	สถานที่		
1	1	DC ²	0	0
	2	A10	12	5
	3	A2	33.1	6
	4	A8	37.5	5

ตารางที่ 9 ผลการจัดเส้นทางเดินรถของศูนย์กระจายสินค้าปทุมธานี (DC²) (ต่อ)

รถคันที่	เส้นทางในการเดินรถขนส่งสินค้า		ระยะทาง (กิโลเมตร)	ความต้องการสินค้า (กล่อง)
	ลำดับที่	สถานที่		
1	5	A11	88.2	5
	6	A16	43	5
	7	A7	49	5
	8	DC ²	6	0

จากผลที่ได้พบว่า ต้องใช้รถยนต์จำนวน 1 คัน หรือเทียบได้กับการส่งสินค้าออกจากศูนย์กระจายสินค้าจำนวน 1 รอบ จึงจะสามารถบรรทุกสินค้าไปส่งได้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า และไม่เกินความสามารถในการบรรทุกของรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล โดยมีเส้นทางจัดส่งจาก DC² ไป A10 A2 A8 A11 A16 A7 และกลับมา DC² ตามลำดับ มีระยะทาง 268.8 กิโลเมตร และคิดเป็นต้นทุนการส่งสินค้า 9,706.37 บาท

ตารางที่ 10 ผลการจัดเส้นทางเดินรถของศูนย์กระจายสินค้านครนายก (DC³)

รถคันที่	เส้นทางในการเดินรถขนส่งสินค้า		ระยะทาง (กิโลเมตร)	ความต้องการสินค้า (กล่อง)
	ลำดับที่	สถานที่		
1	1	DC ³	0	0
	2	A19	22	5
	3	A25	74.4	3
	4	A24	11.9	5
	5	A22	24.1	3
	6	A21	23.9	3
	7	A20	7.4	3
	8	A12	80.5	5
	9	DC ³	2	0
2	1	DC ³	0	0
	2	A14	8	5
	3	A15	0.85	5

ตารางที่ 10 ผลการจัดเส้นทางเดินรถของศูนย์กระจายสินค้านครนายก (DC³) (ต่อ)

รถคันที่	เส้นทางในการเดินรถขนส่งสินค้า		ระยะทาง (กิโลเมตร)	ความต้องการสินค้า (กล่อง)
	ลำดับที่	สถานที่		
2	4	A17	13.4	5
	5	A18	9.3	5
	6	A13	0.28	9
	7	DC ³	4	0

จากผลที่ได้พบว่า ต้องใช้รถยนต์จำนวน 2 คัน หรือเทียบได้กับการส่งสินค้าออกจากศูนย์กระจายสินค้าจำนวน 2 รอบ โดยมีเส้นทางรถจัดส่งเส้นทางแรกจาก DC³ ไป A19 A25 A24 A22 A21 A20 A12 และกลับมา DC³ เส้นทางที่ 2 จาก DC³ ไป A14 A15 A17 A18 A13 และกลับมา DC³ ตามลำดับ มีระยะทางในการขนส่งเท่ากับ 246.2 และ 35.83 กิโลเมตร คิดเป็นต้นทุนการส่งสินค้า 8,890.28 และ 1,293.82 บาทตามลำดับ

4.2 การตรวจสอบความถูกต้อง

จากผลการทดลองในหัวข้อ 4.1 พบว่าแต่ละศูนย์กระจายสินค้าส่งสินค้าให้ลูกค้าครบทุกราย และปริมาณที่ส่งสินค้าไม่เกินกว่าความสามารถที่แต่ละศูนย์กระจายสินค้าสามารถจัดเก็บได้ ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การตรวจสอบจำนวนลูกค้าแต่ละศูนย์กระจายสินค้าและการจับเก็บสินค้า

ศูนย์กระจาย สินค้า (DC ⁱ)	จำนวนลูกค้าแต่ละศูนย์กระจายสินค้า (ราย)		การจัดเก็บสินค้าต่อเดือน (กล่อง)	
	จำนวนทั้งหมด	จำนวนที่ส่งจริง	จำนวนสูงสุด	จำนวนที่จัดส่ง
DC ¹	7	7	255	252
DC ²	6	6	130	124
DC ³	12	12	230	224

ดังนั้นแบบจำลองนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้โดยไม่ขัดกับจำนวนลูกค้าที่แต่ละศูนย์กระจายสินค้าต้องรับผิดชอบ และความสามารถในการจัดเก็บสินค้าสูงสุดในแต่ละศูนย์กระจายสินค้า

5. สรุปผล

จากผลที่ได้พบว่า DC¹ DC² และ DC³ จะใช้รถทั้งสิ้น 2, 1 และ 2 คัน (หรือเทียบได้กับการส่งสินค้าออกจากศูนย์กระจายสินค้า) มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งเท่ากับ 12,071.57 9,706.37 และ 10,184.10 บาท เมื่อรวมกับค่าใช้จ่ายคงที่จะได้ค่าใช้จ่ายเท่ากับ 184,252 บาท ดังนั้น พบว่าค่าใช้จ่ายในการขนส่งลดลง 133,877.10 บาทต่อเดือน คิดเป็น 42.08%

References

- [1] Nakorn Indra-payong. (2548). **Discrete Optimizations in transport and Logistics**. Bangkok: SE-ED. (In Thai)
- [2] Dantzig, George Bernard and Ramser, John Hubert. (1959). "The Truck Dispatching Problem". **Manafement Science**. Vol.6 (1): 80 - 91.
- [3] Paolo Toth and Daniele Vigo. (2002). **The Vehicle Routing Problem**. 9. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- [4] Adam N. Letchford. (1996). "Allocation of School Bus Contracts By Integer Programming". **Journal of the Operation Research Society**. Vol.47 (3): 369 - 372.
- [5] Hataitip Puchongkavarin. (2004). **The Traveling Salesman Problem with Stationary Uncertain Traveling Time**. Master Engineering. Industrial Engineering. Kasetsart University. (In Thai)
- [6] G. Nagy and S. Salhi. (2005). "Heuristic Algorithms for Single and Multiple Depot Vehicle Routing Problems with Pickups and Deliveries". **European Journal of Operational Research**. Vol.162 (1): 126-141.
- [7] Yuthapoom Puttawong and Peerayuth Charnsethikul. (2007). "Solving Linear Programming with Finite Alternatives among Parameters". **The IE Network Conference**. 24 - 26 October 2007. Thailand: 230 - 235.
- [8] Sutticha Tabdara. (2010). **Municipal Solid Waste Management in Bangkok (Case Study: Don Muang District)**. Master of Engineering. Industrial Engineering. Kasetsart University. (In Thai)
- [9] Piyanut Bualek, Irin Paphonwisit, Ajchara Kuntaviti, Manaporn Kubtasa, Tuanjai Somboonwiwat, chorkaew Jaturanonda and chareonchai Khompatraporn. (2011). "A Decision Support System for Optimal Picking Pattern". **IE Network Conference 2011**. 20-21 October 2011. Thailand: 29-34. (In Thai)

- [10] Chuleekorn Chanasit and Sorawit Yaovasuwanchai. (2013). "Development on Vehicle Routing Problem: A Case Study of a Transportation Service Provider". **WMS Journal of Management Walailak University**. Vol.2 (1): 55-69. (In Thai)
- [11] Prapapan Ketsarapong Jakkarin klunngien and Natchadaporn Chantra. (2014). "A Mathematical Model Approach for Customer Allocation to Distribution Centers of the Feed Mill". **IE Network Conference 2014**. 30-31 October 2014. Samut Prakan: 827-832. (In Thai)
- [12] Suphan Sodsoon Sarayut Kornvirat and Nakhon Sodsoon. (2014). "Simulated annealing (SA) to vehicle routing problems with soft time windows". **KKU Engineering Journal**. Vol.41 (4): 449-461. (In Thai)
- [13] Chawis Boonmee and Chompoonoot Kasemset. (2557). "The Application of Distribution Network Optimization: A Case Study of the Canned Fruit Industry". **Thai Journal of Operations Resesarch**. Vol.2 (2): 1-10. (In Thai)
- [14] Duangrat Hirunyasiri and Anan Mungwattana. (2015). "A Heuristic for Inventory/Distribution Control for One-warehouse N-Retailer Problem: A Case Study of Copy Machine Toner Distribution". **Thai Journal of Operations Resesarch**. Vol.3 (1): 62-69. (In Thai)
- [15] Natchadaporn Chantra. (2013). **The Transportations Model Approach for Customer under the responsibility of the distribution center**. Bachelor of Engineering. Industrial Engineering. Kasetsart University. (In Thai)

ประวัติผู้เขียนบทความ



ประภาพรรณ เกษราพงศ์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา โทรศัพท์ 038-354580-4 ต่อ 2816 โทรสาร 038-354849 E-mail : prapapan@eng.src.ku.ac.th

งานวิจัยที่สนใจ : การวิจัยการดำเนินงาน การวางแผนการผลิต โลจิสติกส์ และห่วงโซ่อุปทาน ระบบการจัดการคุณภาพ



อารีญา ชูเงิน วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อยู่ 2/3 ต.ลาดหลุมแก้ว อ.ลาดหลุมแก้ว จ.
ปทุมธานี 12140 E-mail : areeya_choo-ngern@hotmail.com