การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะด้วยวิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ กรณีศึกษา ร้านโต้งน้ำแข็ง จังหวัดอุบลราชธานี

Solving Vehicle Routing Problems by using Iterated Local Search Optimization Case Study: Tongnamkeang Shop, Ubon Ratchathani Province

กฤต จันทรสมัย[1*], สมบัติ สินธุเชาวน์[2]

Krit Chantarasmai[1*], Sombat Sindhuchao[2]

Received: 9 June 2014; Accepted: 14 October 2014

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีฮิวริสติกที่ใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง ด้วยการประยุกต์ใช้วิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ เพื่อหาระยะทางรวมที่ต่ำที่สุด ภายใต้เงื่อนไขความต้องการของลูกค้าแต่ละรายไม่แน่นอน และระยะทางไป-กลับไม่เท่ากันในบางจุด กระบวนการทำงานของวิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรก เป็นการสร้างคำตอบเริ่มต้นที่ไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขด้วยวิธี Clark and Wright Saving ขั้นตอนที่สองเป็นการปรับปรุงคำตอบสามวิธีกล่าวคือ วิธีการแลกเปลี่ยนลูกค้าระหว่างเส้นทาง วิธีการย้ายลำดับลูกค้าหนึ่งรายระหว่างเส้นทาง และวิธี 2-opt และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการรบกวนคำตอบตามเปอร์เซ็นของจำนวนลูกค้าทั้งหมด ผลการทดสอบโดยเปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางของกรณีศึกษาพบว่า วิธีการทดสอบที่นำเสนอให้ผลลัพธ์อยู่ในระดับที่ดี โดยสามารถลดระยะทางจากเดิม 95.53 กิโลเมตร เหลือ 69.18 กิโลเมตร หรือระยะทางลดลงคิดเป็น 27.58%

คำสำคัญ: ฮิวริสติก ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ วิธีการค้นหาคำตอบ

Abstract

This paper presents a heuristic for solving vehicle routing problems. The Iterated Local Search (ILS) is applied to solve for solutions with the objective of minimizing total distances. The demand from each customer is uncertain and distance between some pairs of customers is asymmetric. ILS consists of three phases. The first phase is to construct an initial feasible solution with the Clark and Wright Saving method. The second phase is to improve the solution obtained from the first phase by using three cooperative methods: Customer Exchange method, One Move Operator method and 2-OPT method. The final phase is to perturb the percentage of total customers for the solution. The experimental results compared to the current vehicle routes show that the proposed heuristic provides good solutions. The total distance can be reduced from 95.53 kilometers to 69.18 kilometers or decreased by 27.58%.

Keywords: heuristic, vehicle routing problem, local search methods

[1] *อาจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150*

[2] *ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190*

[1] *Lecturer, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantarawichai, Mahasarakham, 44150*

[2] *Asst.Prof., Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, 34190*

* *Corresponding author: Krit Chantarasamai, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantarawichai, Mahasarakham, 44150, krit@msu.ac.th*

บทนำ

ในปัจจุบัน ธุรกิจต่างๆให้ความสำคัญต่อการบริการลูกค้ามากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในด้านการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการขยายตัวของเครือข่ายด้านการขนส่ง แต่ละบริษัทต่างต้องการเป็นผู้ที่ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุดและตรงเวลามากที่สุด ดังนั้นบริษัทจะต้องมีกลยุทธ์ในการแข่งขันที่เหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นการจัดการด้านการขนส่ง ซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่มีความสำคัญ ถ้าบริษัทไม่มีการจัดการด้านการขนส่งที่ดีพออาจทำให้เส้นทางการขนส่งสินค้ามีระยะทางไกลหรือใช้จำนวนเที่ยวรถขนส่งสินค้ามากเกินกว่าที่ควรจะเป็น ทำให้ต้นทุนการขนส่งมากตามไปด้วย แต่หากบริษัทมีแบบแผนการจัดการเส้นทางการขนส่งที่ดีและมีประสิทธิภาพ จะทำให้สามารถลดระยะทางในการขนส่งและลดจำนวนรอบในการวิ่งส่งสินค้าได้ ซึ่งมีผลทำให้ต้นทุนในการขนส่งสินค้าลดลงและส่งผลให้บริษัทเพิ่มความสามารถในการแข่งขันได้มากขึ้น ณกร อินทร์พยุง[1] ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ(Vehicle Routing Problem :VRP) เป็นปัญหาที่สำคัญในการจัดการด้านโลจิสติกส์

อย่างหนึ่งที่มุ่งเน้นการจัดเส้นทางเคลื่อนย้ายสินค้าไปยังลูกค้าหรือผู้บริโภคให้มีประสิทธิภาพสูงสุดภายใต้เงื่อนไขความจุของยานพาหนะที่จำกัด ระยะเวลาที่จำกัดหรือมีเงื่อนไขอื่นๆ เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการต่ำที่สุด งานวิจัยนี้จึงมุ้งเน้นการจัดเส้นทางการขนส่งน้ำแข็งของยานพาหนะ ร้านโต้งน้ำแข็ง จังหวัดอุบลราชธานี โดยการประยุกต์ใช้วิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ (Iterated Local Search:ILS) เพื่อจัดเส้นทางการขนส่งน้ำแข็งให้มีประสิทธิภาพ เพื่อเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงและยังช่วยลดต้นทุนให้กับกรณีศึกษา

การจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะด้วยวิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ (Iterated Local Search:ILS) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมีนักวิจัยได้ทำการศึกษาหลายท่าน เช่น ในงานวิจัยของ Thomas Stutzle[2] ที่ได้วิเคราะห์และเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบในปัญหาของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP) โดยใช้วิธี Iterated Local Search (ILS) ในการหาคำตอบ พบว่า เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบจากฮิวริสติกค่อนข้างได้ผลที่น่าประทับใจ Toshihide Ibaraki[3] ประยุกต์ใช้ ILS หาคำตอบการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem) ภายใต้เงื่อนไขของเวลาที่มีการกำหนดค่าโทษในกรณีที่ส่งสินค้าไม่ทันเวลาที่กำหนด โดยการใช้ไดนามิกโปรแกรมมิ่ง(Dynamic Programming)ในการประมวลผล พบว่า วิธีILS สามารถประมวลผลคำตอบและเวลาที่ใช้อยู่ในระดับที่น่าพอใจโดยเฉพาะปัญหาขนาดใหญ่ ในปีเดียวกัน Hideki Hashimoto[4] ได้หาคำตอบการจัดเส้นทางยานพาหนะภายใต้เงื่อนไขของเวลาโดยใช้วิธี ILS พบว่า วิธี ILS สามารถหาคำตอบและเวลาที่ใช้ในการประมวลผลอยู่ในระดับที่น่าพอใจ ต่อมา Houda Derbel[5] เสนอวิธี ILS ในการแก้ปัญหา Location-Routingที่มีศูนย์กระจายสินค้าหลายแห่งเพื่อเปรียบเทียบผลกับวิธี Tabu search โดยทำการหาพื้นที่ทำเลที่ตั้งและจัดเส้นทางยานพาหนะไปพร้อมกันพบว่า คำตอบที่ได้เป็นที่น่าพอใจและได้เสนอแนะการใช้วิธี ILS ให้มีประสิทธิภาพนั้นจะต้องมีการทำ Local search ที่ดีด้วย Khaoula Hamdi[6] ประยุกต์ใช้ ILS หาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีเงื่อนไขของการขัดแย้งกันของวัสดุอันตราย (Vehicle Routing Problem with Conflicts) โดยทำการหาคำตอบเริ่มต้นด้วยวิธี Saving และทำการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี Local search ประกอบไปด้วยวิธี Customer Relocation, Route Exchangeและ 2-OPT ก่อนที่จะเข้าการรบกวนคำตอบ ซึ่งผลออกมาสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 6.25% Daniel Palhazi Cuervo[7] เสนอการจัดเส้นทางยานพาหนะด้วยวิธี ILS เพื่อจัดเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกเที่ยวเปล่าและเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งสินค้า ผลการทดสอบอัลกอริทึม พบว่าคำตอบที่ได้อยู่ในระดับที่น่าพอใจ และในปีเดียวกัน Pieter Vansteenwegen[8] จัดเส้นทางขนส่งของยานพาหนะแบบ Single-Vehicle Cyclic Inventory Routing Problem (SV-CIRP) ด้วยการประยุกต์ใช้ ILS เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจำหน่ายสินค้าและค่าใช้จ่ายในคงคลังสินค้า จากผลการทดสอบ 50 กลุ่มตัวอย่าง สามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้เฉลี่ยที่ 16.02%

วิธีการดำเนินการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลจะเริ่มจากศึกษารูปแบบการขนส่งน้ำแข็งของกรณีศึกษา จากการเก็บข้อมูลพบว่า มีลูกค้าทั้งหมด 85 ราย มีผลิตภัณฑ์ที่ทำการขนส่งอยู่สองชนิด คือน้ำแข็งหลอดและน้ำแข็งบด ซึ่งบรรจุในกระสอบที่มีขนาดเท่ากัน มีรถกระบะที่ใช้ในการขนส่งสามคันโดยแต่ละคันมีความจุสูงสุดที่ 150 กระสอบ/คัน ความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละรายไม่แน่นอน (Stochastic) และถนนที่ใช้ในการขนส่งแบ่งเป็นสองช่องทางจราจร ดังนั้นระยะทางไป-กลับจะไม่เท่ากัน (Asymmetric) เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณผู้วิจัยหาค่าความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละรายจากหลักทางสถิติคือ การหาค่าเฉลี่ย (Mean) เนื่องจากลูกค้าแต่ละรายนั้นมีความต้องการสินค้าที่ไม่แน่นอนในแต่ละวัน ในการหาค่าเฉลี่ยของความต้องการ สินค้าของลูกค้าแต่ละรายนั้น ผู้วิจัยได้กำหนดการปัด

จุดทศนิยมที่ได้จากค่าเฉลี่ย คือ ถ้าจุดทศนิยมน้อยกกว่า 0.5 จะปัดลงและถ้าจุดทศนิยมมากกกว่า 0.5 จะปัดขึ้น ดังแสดง Table 1 การหาระยะทางของลูกค้าแต่ละรายผู้วิจัยกำหนดการหาจุดขนส่งสิ้นค้าด้วยเครื่อง GPS Gramin Gpsmap 60Cx และคำนวณหาระยะทางระหว่างลูกค้าแต่ละราย โดยใช้วิธีวัดระยะทางจากโปรแกรม MapSource V.10 แล้วทำการบันทึกระยะทางลงในตารางเมตริกระยะทางด้วย Microsoft Excel ดังแสดงใน Table 2

Table 1 Example of determine the needs of each customer

Customer	Demand per day					The average quantity
	1	2	3	4	5	
1	2	5	4	5	6	4.4 ~ 4.0
2	1	2	4	2	3	2.4 ~ 2.0

Table 2 Example of distance matric

	0	1	2	3	4	…	85
0	**0.00**	0.39	0.82	2.02	3.03	…	6.42
1	0.39	**0.00**	0.48	1.54	1.79	…	7.82
2	0.70	0.28	**0.00**	0.83	1.15	…	8.53
3	2.02	1.54	0.83	**0.00**	0.69	…	8.11
4	3.00	1.09	1.10	0.69	**0.00**	…	8.01
:	:	:	:	:	:	**0.00**	:
85	1.06	1.56	1.11	1.40	0.45	…	**0.00**

การประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ

สำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง โดยทั่วไปแล้ว หลังจากสร้างเส้นทางเริ่มต้น มักจะมีการค้นหาคำตอบหรือปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้นด้วยหลากหลายวิธี เช่น การสลับลูกค้าระหว่างสองเส้นทาง เป็นต้น คำตอบที่ได้จากวิธีการค้นหาคำตอบส่วนใหญ่ จะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดเนื่องจากจะเป็นการค้นหาคำตอบในขอบเขตพื้นที่ของคำตอบที่ไม่กว้างพอ งานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้การค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ(Iterated Local Search: ILS) ที่สามารถค้นหาคำตอบได้เป็นวงกว้างมากขึ้นจึงสามารถแก้ข้อด้อยดังกล่าวได้ ระพีพันธ์ ปิตาคะโส[9] กล่าวว่า การค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ เป็นเมตาฮิวริสติกที่พัฒนามาจากวิธีค้นหาคำตอบแบบพื้นฐาน (Basic Local Search: BLS) โดยที่แนวคิดของ BLS คือค้นหาจุดที่ดีที่สุดในพื้นที่หนึ่งที่จำกัด ในพื้นที่ที่เป็นไปได้ ILS นำเอาข้อดีของ BLS มาใช้คือหาคำตอบที่ดีที่สุดในแต่พื้นที่ หลังจากนั้นทำการรบกวนคำตอบ (Perturbation) เพื่อให้ออกจากพื้นที่เดิมแล้วทำการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดในพื้นที่ใหม่ คุณภาพของ เมตาฮิวริสติกที่ได้จากการประยุกต์ใช้ ILS จะขึ้นอยู่กับสองประการหลัก คือ คุณภาพของ การปรับปรุงคำตอบเฉพาะพื้นที่ (Local Search :LS) และวิธีการในการรบกวน (Perturbation techniques)

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนต่างๆ ของอัลกอริทึมในการค้นหาคำตอบดังนี้

ขั้นตอนที่ 1

การสร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติก Clark and Wright Saving[10] ในการสร้างเส้นทางเริ่มต้น เนื่องจากคำตอบเริ่มต้นมีส่วนที่สำคัญมากในการวิจัย การที่ได้คำตอบเริ่มต้นที่ดีจะทำให้การปรับปรุงขั้นตอนต่อไปมีประสิทธิภาพมากขึ้น คือเมื่อนำคำตอบเริ่มต้นไปปรับปรุงคำตอบ ย่อมจะทำให้เรามีโอกาสพบคำตอบที่ดีกว่าเดิม หรือใช้เวลาในการปรับปรุงคำตอบน้อยกว่า วิธี Saving เป็นวิธีฮิวรีสติก

ชนิดหนึ่งที่ถูกเสนอโดย Clark and Wright Saving[10] ซึ่งมีวิธีการหาคำตอบดังนี้

1. คำนวณหาค่าความประหยัด (Saving) ของจุดส่งสินค้าแต่ละคู่ จากการรวมจุดส่งสินค้าต่างๆ เข้าไว้ในเส้นทางหลัก ดังรูปที่ 2 แทนการจัดส่งสินค้าจากคลังสินค้า (Depot) ไป-กลับยังทุกๆ จุดส่งสินค้า ดังรูปที่ 1 ทำให้เกิดความประหยัดในการเดินทาง จะได้ค่าความประหยัด = $(D_{0i} + D_{i0} + D_{0j} + D_{j0}) - (D_{0i} + D_{j0} + D_{ij}) = D_{i0} + D_{0j} - D_{ij}$

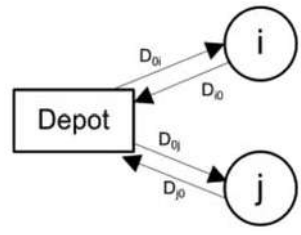

Figure 1 Delivery to-to every point of delivery

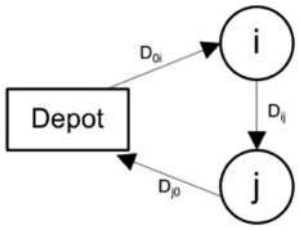

Figure 2 Combining the customer together

จะได้สมการในการคำนวณหาค่าความประหยัดดังนี้

$$S_{ij} = D_{i0} + D_{0j} - D_{ij} \qquad (1)$$

เมื่อ

S_{ij} = ค่าความประหยัดระหว่างคู่จุดส่งสินค้า i และ j
D_{i0} = ระยะทางจากจุดส่งสินค้า i ไปยังคลังสินค้า
D_{0j} = ระยะทางจากคลังสินค้าไปยังจุดส่งสินค้า j
D_{ij} = ระยะทางจากจุดส่งสินค้า i ไปจุดส่งสินค้า j

2. ทำการเลือกคู่ที่เชื่อมต่อกันของลูกค้าที่มีค่า Saving สูงสุดและยังไม่ถูกจัดเข้าไปอยู่ในเส้นทาง

3. เพิ่มลูกค้าลงในเส้นทางโดยตรวจสอบเงื่อนไขของปัญหาว่า การรวมลูกค้าเข้าด้วยกันแล้ว จะทำให้เกินความสามารถของยานพาหนะที่บรรทุกหรือไม่ หากพบว่าจำนวนสินค้าที่จุดใดๆ บนเส้นทาง มีค่าเกินกว่าที่กำหนดไว้ ให้ทำการตัดลูกค้ารายล่าสุดออกจากเส้นทางและเชื่อมเส้นทางกลับไปยังคลังสินค้า และกลับไปทำขั้นตอนก่อนหน้านี้จนกระทั่งลูกค้าทุกรายถูกจัดให้อยู่ในเส้นทางการขนส่ง

ขั้นตอนที่ 2

หลังจากได้เส้นทางเริ่มต้นด้วยวิธี Clark and Wright Saving ในขั้นตอนที่ 2 ผู้วิจัยจะทำการปรับปรุงคำตอบโดยการใช้เทคนิคฮิวริสติกการค้นหา (Search algorithm) ในรูปแบบต่างๆ คือ วิธีการแลกเปลี่ยนลูกค้าระหว่างเส้นทาง (Customer Exchange) วิธีการย้ายลำดับลูกค้าหนึ่งรายระหว่างเส้นทาง (One Move Operator) ที่ปรับปรุงคำตอบระหว่างเส้นทางสองเส้นทาง และวิธี 2-OPT ที่ทำการสลับเปลี่ยนลูกค้าภายในเส้นทางเดียวกันโดยมีรายละเอียดดังนี้

วิธีการแลกเปลี่ยนลูกค้าระหว่างเส้นทาง (Customer Exchange) เป็นการย้ายลูกค้าหลายรายระหว่างสองเส้นทาง แล้วทำการสลับลูกค้าทั้งหมดที่อยู่ถัดจากลูกค้ารายที่เลือก จากเส้นทางหนึ่งไปยังอีกเส้นทางหนึ่งการย้ายจะย้ายทุกๆ ตำแหน่งที่เป็นไปได้แสดง Figure 3

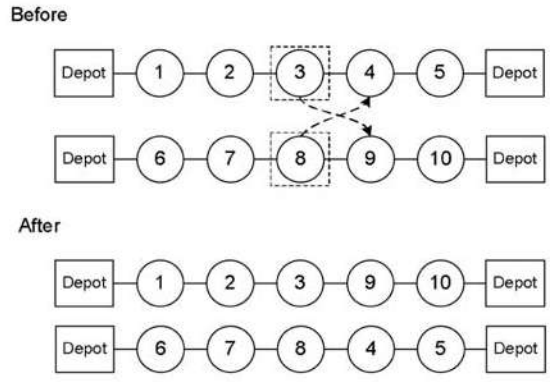

Figure 3 Example of Customer Exchanges

วิธีการย้ายลูกค้าหนึ่งรายระหว่างเส้นทาง (One Move Operator) เป็นการย้ายลูกค้าหนึ่งราย ที่อยู่ในเส้นทางขนส่งจากเส้นทางหนึ่งไปยังอีกเส้นทางหนึ่งด้วยวิธีการแทรกโดยที่ไม่มีการย้ายลูกค้าสลับกลับมาเส้นทางเดิม Figure 4 และการย้ายจะต้องไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไข ซึ่งในงานวิจัยนี้ลูกค้าจะถูกเลือกและย้ายไปแทรกในเส้นทางอื่นที่ไม่ใช่เส้นทางเดิมที่ลูกค้ารายนั้น ในทุกๆ ตำแหน่งที่เป็นไปได้

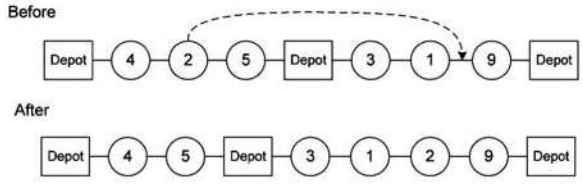

Figure 4 Example of One Move Operator

วิธี 2-OPT เป็นการย้ายลำดับของลูกค้าเฉพาะในเส้นทางการขนส่งที่พิจารณาเท่านั้น โดยเริ่มจากการเลือกเส้นทางเชื่อมระหว่างลูกค้า (Arc) สองเส้นทางที่ไม่อยู่ติดกันแล้วสลับเส้นทางการเชื่อมทั้งสองเส้นทางนั้น ซึ่งจะทำให้ลำดับของลูกค้าระหว่างสองจุดที่ถูกเลือกเปลี่ยนแปลงไปการย้ายจะย้ายทุกๆ ตำแหน่งที่เป็นไปได้แสดง Figure 5

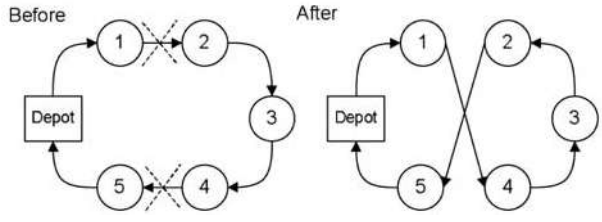

Figure 5 Example of 2-OPT

ขั้นตอนที่ 3

หลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการแลกเปลี่ยนลูกค้าระหว่างเส้นทาง (Customer Exchange) วิธีการย้ายลูกค้าหนึ่งรายระหว่างเส้นทาง (One Move Operator) และวิธี 2-OPT ในทุกชุดคำตอบที่เป็นไปได้ในระยะ 2 แล้ว จากนั้นเส้นทางที่ได้จากการปรับปรุงคำตอบก็จะถูกรบกวน (Perturbation) ตามเปอร์เซ็นต์ของจำนวนลูกค้าทั้งหมด เพื่อให้ออกจากพื้นที่ของคำตอบเดิมแล้วทำการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดในพื้นที่ของคำตอบใหม่ ซึ่งขั้นตอนการรบกวนคำตอบสามารถอธิบายได้ตามขั้นตอนดังนี้

1. ทำการสุ่มเลือกจำนวนคู่ของลูกค้าที่จะสลับที่อยู่คนละเส้นทางตามเปอร์เซ็นต์การรบกวนคำตอบ คือ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 และ 10 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนลูกค้าทั้งหมดที่ทำการขนส่งโดยผู้วิจัยกำหนดการปัดจุดทศนิยมที่ได้จากการรบกวนคำตอบ คือ ถ้าจุดทศนิยมน้อยกว่า 0.5 จะปัดลง และถ้าจุดทศนิยมมากกกว่า 0.5 จะปัดขึ้น

2. เมื่อได้จำนวนคู่ของลูกค้าแล้ว ทำการสุ่มหาตำแหน่งของลูกค้าที่จะสลับในแต่ละคู่ มาทำการสลับลูกค้าโดยไม่พิจารณาข้อกำหนดด้านระยะทาง และความจุของยานพาหนะ

3. นำคำตอบที่ได้จากการรบกวนไปทำการปรับปรุงคำตอบ โดยใช้วิธีที่อธิบายไว้ที่ขั้นตอนที่ 2 ก่อนหน้านี้

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพของวิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ (Iterated Local Search: ILS) ที่พัฒนาขึ้นโดยนำมาแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะของกรณีศึกษาและทำการเปรียบเทียบระยะทางการเดินทางขนส่งที่ได้จากวิธี ILS กับระยะทางการเดินทางขนส่งของกรณีศึกษา ผู้วิจัยได้กำหนดจำนวนรอบการคำนวณออกเป็นสามระดับ คือ 1,000, 3,000 และ 5,000 รอบ และการทดสอบแต่ละรอบได้แบ่งระดับการรบกวนคำตอบออกเป็น 10 ระดับ คือ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 และ 10 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนลูกค้าทั้งหมด โดยในแต่ละรอบการทดสอบของแต่ละระดับ ได้กำหนดจำนวนครั้งของการทดสอบระดับละ 5 ครั้ง เพื่อหาค่าระยะทางรวมต่ำที่สุดซึ่งผลการจัดเส้นทางที่ได้คำตอบที่ดีที่สุดสามารถแสดงได้ Table 3

Table 3 Performance test results of the Iterated Local Search (Kilometer)

Routing	Customer	Routing of Present	Saving	ILS_1	ILS_2	ILS_3	ILS_4	ILS_5	ILS_6
1	46	33.32	40.99	38.57	38.54	38.78	38.78	38.75	38.78
2	36	25.09	32.39	29.31	29.16	30.17	29.16	30.40	30.35
3	3	37.12	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48
Total Distance (Km.)		95.53	74.86	69.36	69.18	70.43	70.97	70.63	70.61
Distance down the same route (%)			21.64	27.39	27.58	26.27	25.71	26.06	26.08
Percent of Perturbation				2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00

Saving คือ วิธี Clark and Wright saving

ILS_1 คือ ILS > Customer exchange > One move operator > 2-opt

ILS_2 คือ ILS > Customer exchange > 2-opt > One move operator

ILS_3 คือ ILS > One move operator > Customer exchange > 2-opt

ILS_4 คือ ILS > One move operator > 2-opt > Customer exchange

ILS_5 คือ ILS > 2-opt > Customer exchange > One move operator

ILS_6 คือ ILS > 2-opt > One move operator > Customer exchange

จากผลการทดสอบอัลกอริทึมพบว่า วิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำด้วยวิธีการ Customer Exchange, 2-OPT แล้ว One Move Operator ที่เปอร์เซ็นต์การรบกวนคำตอบ 2 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนลูกค้าทั้งหมด จะให้คำตอบที่มีระยะทางรวมสั้นที่สุด โดยเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นทางเดิมของกรณีศึกษาแล้วสามารถลดระยะทางจากเดิม 95.53 กิโลเมตร เหลือเพียง 69.18 กิโลเมตร หรือระยะทางลดลงคิดเป็น 27.58%

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยนำเสนอวิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งน้ำแข็งของกรณีศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีระยะทางรวมในการขนส่งน้ำแข็งต่ำที่สุด ผลการทดสอบพบว่าทุกอัลกอริทึมที่ออกแบบให้ผลเฉลยคำตอบของระยะทางรวมต่ำกว่าเส้นทางปัจจุบันที่เจ้าของกิจการดำเนินการเอง ซึ่งวิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำด้วยวิธีการ Customer Exchange, 2-OPT แล้ว One Move Operator ที่เปอร์เซ็นต์การรบกวนคำตอบสอง เปอร์เซ็นต์ของจำนวนลูกค้าทั้งหมด ให้ผลเฉลยของระยะทางรวมที่ต่ำที่สุด โดยสามารถลดระยะทางจากเดิม 95.53 กิโลเมตร เหลือเพียง 69.18 กิโลเมตร หรือระยะทางลดลงคิดเป็น 27.58%

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณรายได้ ปีงบประมาณ 2557 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สมบัติ สินธุเชาวน์ เป็นอย่างสูง ที่ได้สละเวลาสำหรับคำปรึกษา คำแนะนำ และรวมถึงการเสนอแนะแนวทาง แนวคิด วิธีการแก้ไขปัญหา ในการทำงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ ห้องปฏิบัติการวิจัยการผลิตและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้ให้ความร่วมมือและช่วยเหลืออุปกรณ์ ในการทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. ณกร อินทร์พยุง. การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหกรรมการขนส่งและลอจิสติกส์. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน); 2548.
2. Thomas Stutzle. Analyzing the Run-time Behaviour of Iterated Local Search for the TSP. Metaheuristics International Conference; 1999 July 19-22; Angra dos Reis, Brazil 1999. p.19-22.
3. Toshihide Ibaraki. An iterated local search algorithm for the vehicle routing problem with convex time penalty functions. Discrete Applied Mathematics 2008;156:2050-2069.
4. Hideki Hashimoto. An iterated local search algorithm for the time-dependent vehicle routing problem with time windows. Discrete Optimization 2008;5:434-456.
5. Houda Derbel. An Iterated Local Search for Solving A Location-Routing Problem. Electronic Notes in Discrete Mathematics 2010;36:875-882.
6. Khaoula Hamdi. AN ITERATED LOCAL SEARCH FOR THE VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH CONFLICTS. Proceedings of 8th International Conference of Modeling and Simulation; May 10-12; Hammamet,Tunisia; 2010. p.125-135.
7. Daniel Palhazi Cuervo. An iterated local search algorithm for the vehicle routing problem with Backhauls. European Journal of Operational Research 2014;237:454-464.
8. Pieter Vansteenwegen. An iterated local search algorithm for the single-routing cyclic inventory routing problem. European Journal of Operational Research 2014;237:802-813.
9. ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. วิธีการเมตาฮิวริสติกเพื่อแก้ไขปัญหาการวางแผนการผลิตและการจัดการโลจิสติกส์.กรุงเทพมหานคร: ส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2554.
10. Clark, G. and Wright, J.W. Scheduling of vehicle from the central depot to a number of delivery Points. Operations Research 1967;12:568-581.