การปรับปรุงอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดโดยอัลกอริทึมทางพันธุกรรมสำหรับปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ

Improving the Nearest Neighbor Algorithm by Genetic Algorithm for the Capacitated Vehicle Routing Problem

พิมพ์เนตร มากทรัพย์[1*], อภิสิทธิ์ รัตนาตรานุรักษ์[2] และ ปรวัฒน์ วิสูตรศักดิ์[3]

Pimnet Maksarp[1], Apisit Rattanatranurak[2] and Porawat Visutsak[3]

โรงเรียนการท่องเที่ยวและการบริการ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต[1]

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ[2, 3]

School of Tourism and Hospitality MAnagement Suan Dusit University[1]

Department of Computer and Information Science Faculty of Applied Science King's Mongkut University of Technology North Bangkok[2, 3]

email: pimnet_mar@dusit.ac.th[1], apisit.r@sci.kmutnb.ac.th[2], porawat.v@sci.kmutnb.ac.th[3]

Received: April 5, 2022; Revised: May 30, 2022; Accepted: June 1, 2022

บทคัดย่อ

ปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ (CVRP) คือปัญหาการขนส่งสินค้าจากโรงงานผลิตสินค้าไปยังลูกค้าแต่ละสถานที่ โดยรับบริการขนส่งสินค้าคนละ 1 ครั้งเท่านั้น และมีระยะทางและค่าขนส่งที่แตกต่างกัน ต้องการให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด และสามารถส่งสินค้าถึงลูกค้าทุกคน โดยส่วนมากใช้อัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด (NN) แก้ปัญหา CVRP เนื่องจากอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดนั้นสามารถใช้งานได้ง่ายและดำเนินการได้อย่างรวดเร็ว แต่คำตอบจากอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดนั้นค่อนข้างแย่ เพราะอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดจะเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดในบริเวณข้างเคียง โดยไม่พิจารณาผลรวมของระยะทางในการเดินทางทั้งหมด เพื่อปรับปรุงคำตอบที่ได้จากการค้นหา งานวิจัยฉบับนี้ขอเสนออัลกอริทึมทางพันธุกรรม (GA) ที่ใช้กับอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด ปรับปรุงคำตอบ อัลกอริทึมที่เสนอนี้เรียกว่าการปรับปรุงอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดโดยใช้อัลกอริทึมทางพันธุกรรมสำหรับปัญหาการกำหนดเส้นทางรถที่มีความจุหรือ NNGA อัลกอริทึมที่เสนอได้รับการทดสอบใน 5 กรณีทดสอบที่เราสร้างขึ้นจาก Google Map ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าระยะทางของอัลกอริทึมที่เสนอสามารถลดลง 6.66% เมื่อเปรียบเทียบกับระยะทางของอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด

คำสำคัญ: เพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด อัลกอริทึมทางพันธุกรรม ปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ

Abstract

The capacitated vehicle routing problem (CVRP) is the problem of transportation of goods from the depot to customers at each location by receiving the transportation service only one time per customer and there are different distances and shipping costs. The objective of this study is to minimize the cost of transportation and can deliver products to all customers. We usually apply the nearest neighbor algorithm (NN) to solve CVRP because the nearest neighbor algorithm is easy to implement and quick to execute. However, the response from the nearest

neighbor algorithm is less efficient because it searches for the shortest path in the neighborhood without considering the sum of all travel distances. In order to improve the system, we propose to apply the genetic algorithm (GA) with the nearest neighbor algorithm. This proposed algorithm is called the improved nearest neighbor algorithm using a genetic algorithm for the capacitated vehicle routing problem or NNGA. The proposed algorithm was tested on five cases that we created from Google Maps. The results from the experiment showed that the distance of the proposed algorithm can be reduced by 6.66% compared to the distance of the nearest neighbor algorithm.

Keywords: the Nearest Neighbor, Genetic Algorithm, the Capacitated Vehicle Routing Problem

บทนำ

ปัญหาพนักงานขายการเดินทาง (Traveling Salesman Problem--TSP) (Lawler, Lenstra, Rinnooy Kan, & Shmoys, 1985) เป็นปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงผสม (Combinatorial Optimization) และปัญหาเอ็นพียาก (Non-Deterministic Polynomial Hard--NP-Hard) โดยปัญหานี้พนักงานขายจะพยายามเดินทางไปขายสินค้าให้ครบทุกเมืองเพียงครั้งเดียว และสร้างการเส้นทางแบบปิดที่สั้นที่สุด ปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ (The Capacitated Vehicle Routing Problem--CVRP) เป็นปัญหาที่เกิดจากการขนส่งสินค้า โดยมีเงื่อนไขต้องส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าทุกคนจากคลังและไม่เกินความจุของรถยนต์ เป้าหมายของปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ คือการลดระยะทางทั้งหมดที่รถยนต์ใช้ในการเดินทาง (Lawler et al., 1985) ดังนั้นจึงเป็นปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงผสมและปัญหาเอ็นพียากที่มีทั้งปัญหาการบรรจุผลิตภัณฑ์ (Bin Packing Problem) และปัญหาพนักงานขายการเดินทาง (Ralphs, Kopman, Pulleyblank, & Trotter, 2003)

ปัญหาการขนส่งมีความสำคัญมากเพราะสามารถช่วยประหยัดเงินในภาคอุตสาหกรรมและภาคธุรกิจ กรณีมีปัญหาการขนส่งมีขนาดเล็ก มนุษย์สามารถจัดการงานขนส่งได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ แต่ในกรณีที่เป็นปัญหาการขนส่งมีขนาดใหญ่ มนุษย์แทบจะไม่สามารถจัดการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Sadok, 2020) ซึ่งหากสามารถจัดเส้นทางขนส่งสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยลดต้นทุนการขนส่งได้ ด้วยเหตุผลนี้งานวิจัยฉบับนี้จึงเน้นศึกษาปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ (The Capacitated Vehicle Routing Problem--CVRP)

เทคนิคที่รู้จักกันดีและเทคนิคง่าย ๆ ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ คืออัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดหรือขั้นตอนวิธีแบบละโมบ (Greedy Algorithm) เป็นหนึ่งในอัลกอริทึมแรกที่ใช้ในการแก้ปัญหาพนักงานขายที่เดินทาง โดยขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมนี้สามารถสรุปได้ดังนี้ พนักงานขายเริ่มต้นที่เมืองใดเมืองหนึ่งโดยการสุ่ม และไปเยี่ยมเมืองที่ใกล้ที่สุดจากเมืองที่สุ่มนั้น เมื่อพนักงานขายย้ายตำแหน่งจากเมืองที่สุ่มไปเมืองใหม่ พนักงานจะค้นหาเมืองที่ใกล้ที่สุดเมืองต่อไป โดยไม่พิจารณาเมืองที่ได้ผ่านไปแล้ว การดำเนินงานจะดำเนินการซ้ำแล้วซ้ำอีกจนกว่าจะได้ไปเยี่ยมครบทุกเมือง (Gutin, Yeo, & Zverovitch, 2007) อัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดนี้ได้ผลลัพธ์ที่รวดเร็ว แต่โดยปกติแล้วคำตอบที่ได้จะไม่ใช้คำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) (Bang-Jensen, Gutin, & Yeo, 2004; Bendall & Margot, 2006; Gutin, Yeo, & Zverovich, 2002)

อัลกอริทึมทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm--GA) ได้รับแรงบันดาลใจจากกลไกการคัดเลือกโดยธรรมชาติ (Theodoridis & Koutroumbas, 2003) ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา นักวิจัยหลายคนได้เสนอให้ใช้อัลกอริทึมทางพันธุกรรม (Akbar & Aurachmana, 2020; Ibrahim, Putri, Farista, & Utama, 2021; Ibrahim, Nurhakiki, Utama, & Rizaki, 2021; Masum, Shahjalal, Faruque, & Sarker, 2011; Sadok, 2020) เพื่อแก้ปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ

Sadok (2020) ได้เสนอการนำอัลกอริทึมทางพันธุกรรมรวมอัลกอริทึมการค้นหาในท้องถิ่น (Local Search Algorithm) เพื่อแก้ปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ นอกจากนี้ อัลกอริทึมทางพันธุกรรมได้ดำเนินการกระบวนการผสมพันธุ์ (Crossover) แบบใหม่ เพื่อลดระยะการเดินทางทั้งหมด ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอนี้ได้รับผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีการอื่น ๆ

Masum และคนอื่น ๆ (2011) ได้เสนอให้อัลกอริทึมทางพันธุกรรมแก้ปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ โดยเพิ่มขั้นตอน ฮิวริสติก (Heuristic) ในระหว่างกระบวนการผสมพันธุ์และกระบวนการกลายพันธุ์ (Mutation) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น

Akbar และ Aurachmana (2020) ได้เสนออัลกอริทึมทางพันธุกรรมและการค้นหาแบบทาบู (TABU Search Algorithm--TS) แก้ปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะด้วยกรอบเวลา (Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows--CVRPTW) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเทคนิคที่นำเสนอสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านระบบการจัดส่งสินค้า (Logistics) ได้

Ibrahim, Putri และคนอื่น ๆ (2021) ได้เสนอให้ปรับปรุงคำตอบจากการจัดลำดับการขนส่งของลูกค้าโดยให้พนักงานของบริษัทเป็นคนจัดลำดับการขนส่งแล้ว และปรับปรุงคำตอบนั้นจากการจัดของพนักงานด้วยอัลกอริทึมทางพันธุกรรม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อัลกอริทึมทางพันธุกรรมดีกว่าเส้นทางที่มีอยู่

Ibrahim, Nurhakiki และคนอื่น ๆ (2021) ได้เสนอให้อัลกอริทึมทางพันธุกรรมดำเนินการ เพื่อแก้ปัญหาการรับและส่งมอบสินค้าของปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะด้วยกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem Pick-up and Delivery with Time Windows--VRPPDTW) อัลกอริทึมทางพันธุกรรมที่ได้นำเสนอนี้ ได้ดำเนินการปรับระยะ กระบวนการผสมพันธุ์และการกลายพันธุ์ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าเส้นทางที่เสนอจากอัลกอริทึมทางพันธุกรรมที่ได้นำเสนอนั้นดีกว่าเส้นทางที่มีอยู่ของบริษัทในทุกด้าน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคอัลกอริทึมทางพันธุกรรม
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพผลลัพธ์ระหว่างอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดและอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคอัลกอริทึมทางพันธุกรรม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ

เป้าหมายของปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ คือการลดต้นทุนโดยรวมของเส้นทางการขนส่ง ปัญหาของการกำหนดเส้นทางยานพาหนะถูกกำหนดไว้ในกราฟ G (V, R) โดยเป็นกราฟบริบูรณ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

กำหนดให้กลุ่มลูกค้า N (N = 1, ..., n) โดยมีความต้องการ q_i หน่วย สำหรับลูกค้าที่เป็นคลังเก็บคือ 0 ค่า K คือยานพาหนะ (K= 1, ..., m) ที่มีความจุ Q หน่วย เส้นทางเริ่มต้นและสิ้นสุดในคลังเก็บเดียวกัน ระยะทางที่

จะไปจากจุด i ถึงจุด j คือ d_{ij} ลูกค้าทุกรายจะได้รับการส่งสินค้าโดยจำนวนสินค้าต้องไม่เกินความจุของรถ (Q) ลูกค้าแต่ละรายต้องได้รับการส่งสินค้าคนละ 1 ครั้ง และฟังก์ชันวัตถุประสงค์ F(S) ซึ่ง F(S) คือระยะทางรวมสำหรับการแก้ปัญหา S มีสูตรดังนี้

$$Min\big(F(S)\big) = \sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{n}\sum_{k=1}^{n} d_{ij}X_{ijk} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{n} d_i y_i^k \le Q_k \qquad k = 1, \dots, m \quad (2)$$

โดยที่ d_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายหรือระยะทางในการไปจากลูกค้า i ไปยังลูกค้า j สำหรับอันดับคู่ใด ๆ (i, j) ∈ N สำหรับ X_{ijk} เป็นตัวแปร 0 กับ 1 หรือ ไบนารี (Binary) โดยที่ X_{ijk} = 1 คือ รถยนต์ k เคลื่อนที่จากลูกค้า i ไปยังลูกค้า j และ X_{ijk} = 0 คือ รถยนต์ k ไม่ได้เคลื่อนที่จากลูกค้า i ไปยังลูกค้า j

ข้อจำกัดด้านความจุ คือ สมการที่ 2 โดย d_i คือความต้องการของลูกค้า i y_i^k เป็นตัวแปร 0 กับ 1 หรือไบนารี โดยที่ y_i^k = 1 คือ รถยนต์ k เคลื่อนที่ไปยังลูกค้า i และ y_i^k = 0 คือ รถยนต์ k ไม่ได้เคลื่อนที่ไปยังลูกค้า i

2. อัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดใช้กับปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ

อัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดเป็นหนึ่งในอัลกอริทึมแรกที่ใช้ในการแก้ปัญหาพนักงานขายที่เดินทาง กระบวนการของแก้ปัญหาพนักงานขายที่เดินทาง คือ พนักงานขายเริ่มต้นที่เมืองใดเมืองหนึ่งและไปส่งสินค้าเมืองที่ใกล้ที่สุดจากเมืองนั้น เมื่อพนักงานขายย้ายตำแหน่งจากเมืองนั้นไปเมืองใหม่ที่ใกล้ที่สุด พนักงานจะค้นหาเมืองที่ใกล้ที่สุดเมืองต่อไป โดยไม่พิจารณาเมืองที่ส่งสินค้าแล้ว การดำเนินงานจะดำเนินการซ้ำแล้วซ้ำอีกจนกว่าจะได้ไปเยี่ยมครบทุกเมือง ในขณะที่ปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ คือ แก้ปัญหาพนักงานขายที่เดินทางที่ได้เพิ่มข้อจำกัดของความจุของรถยนต์ นี่คือขั้นตอนของอัลกอริทึมนี้ดังนี้

1) เริ่มต้นจุดยอดทั้งหมดตามที่ยังไม่ได้เยี่ยมชม
2) เริ่มต้นที่คลังสินค้าและกำหนดความจุของรถเป็นค่าเริ่มต้น
3) ค้นหาขอบที่สั้นที่สุดที่เชื่อมระหว่างจุดยอด u ปัจจุบันกับจุดยอด v ที่ยังไม่ได้ไปเยี่ยม และผลรวมของสินค้าที่ต้องการของลูกค้า และผลรวมของสินค้าอุปสงค์ของลูกค้าที่จุดยอด v และความจุของรถที่ใช้งานต้องไม่เกินความจุของรถ
4) ตั้งค่า v เป็นยอดปัจจุบัน u ทำเครื่องหมาย v ตามที่ไปเยี่ยม
5) หากไม่พบจุดยอดถัดไปและไม่พบจุดยอดบางจุดในโดเมน ให้ไปที่ขั้นตอนที่ 2
6) หากมีการเยี่ยมจุดยอดทั้งหมดในโดเมน ให้ยุติ หรือไปที่ขั้นตอนที่ 3

ลำดับของจุดยอดที่เข้าชมคือผลลัพธ์ของอัลกอริทึมนี้ อัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดนั้นง่ายต่อการใช้งานและดำเนินการอย่างรวดเร็ว

3. อัลกอริทึมทางพันธุกรรม นำไปใช้กับปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ

โดยปกติอัลกอริทึมทางพันธุกรรมจะใช้กับปัญหารูปแบบไบนารี (Binary Problem) (Ralphs et al., 2003) แต่ปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ เป็นปัญหาการเรียงสับเปลี่ยน (Permutation Problem) เพื่อที่จะใช้อัลกอริทึมทางพันธุกรรมกับปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมต้องปรับกระบวนการดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กระบวนการกำหนดค่าเริ่มต้นของประชากร โดยเริ่มต้นโดยการสร้างคำตอบ ซึ่งคำตอบของปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ จะมีรูปแบบเป็นลำดับการขนส่งสินค้า คำตอบเหล่านี้จะถูกเก็บอยู่ในรูปแบบโครโมโซม (Chromosome) ดังภาพที่ 1 จากภาพนี้เริ่มต้นการขนส่งรถยนต์อยู่ที่คลังสินค้าคือหมายเลข 0 แล้วไปหาลูกค้า 1 จากนั้นไปที่ลูกค้า 2 จากนั้นไปที่คลังสินค้า คือหมายเลข 0 และไปที่ลูกค้า 3 และสุดท้ายไปที่คลังสินค้า คือหมายเลข 0 โดยโครโมโซม คือ คำตอบ โครโมโซมถูกสร้างขึ้นโดยสุ่มหมายเลขลำดับของการขนส่ง และจำนวนของโครโมโซมนั้นถูกสร้างขึ้นจนถึงขนาดประชากรสูงสุด (P)

0	1	2	0	3	0

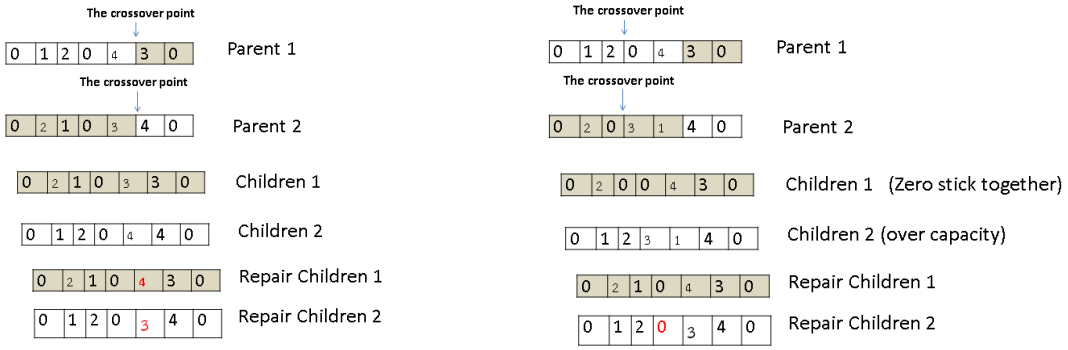
ภาพที่ 1 ตัวอย่างโครโมโซม

ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness) โดยฟังก์ชันค่าความเหมาะสม (Fitness Function) คำนวณจากสมการที่ 1 ค่าความเหมาะสมจะวัดคุณภาพของคำตอบ ถ้าคำตอบของโครโมโซม X ดีกว่าคำตอบของโครโมโซม Y ผลการคำนวณฟังก์ชันค่าความเหมาะสมของโครโมโซม X จะมีค่าน้อยกว่าผลการคำนวณฟังก์ชันค่าความเหมาะสมของโครโมโซม Y

ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติ โครโมโซมทั้งหมดเรียงลำดับตามค่าความเหมาะสม ครึ่งหนึ่งของจำนวนประชากรที่มีค่าความเหมาะสมที่ดี จะได้รับเลือกให้เป็นพ่อแม่ของคนรุ่นต่อไป

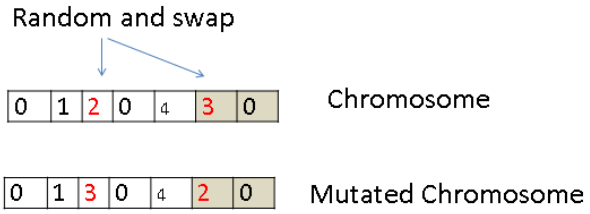
ขั้นตอนที่ 4 กระบวนการผสมพันธุ์ คือ โครโมโซมที่ดัชนี i และโครโมโซมที่ดัชนี i+1 ดำเนินการโดยตัวดำเนินกระบวนการผสมพันธุ์ ในกรณีนี้จะใช้กระบวนการผสมพันธุ์แบบจุดเดียว จุดที่ดำเนินการสลับกันจะถูกสุ่มจากนั้นสลับระหว่างพ่อแม่สองคนที่จุดดำเนินการสลับดังภาพที่ 2 โครโมโซมสองตัว จะแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนกัน ซึ่งอาจจะทำให้เกิดลูกค้าที่ซ้ำกันขึ้นภายในโครโมโซมใหม่ ดังภาพที่ 2 นอกจากนี้ เงื่อนไขข้อจำกัดของโครโมโซมใหม่อาจใช้ไม่ได้ ดังนั้นขั้นตอนการซ่อมแซมจึงถูกนำมาใช้เพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดนี้ โดยขั้นตอนการซ่อมแซมมีดังนี้

1) หากพบว่าเลขศูนย์ติดกัน ให้นำออกหนึ่งหมายเลขแล้วสุ่มใส่ลูกค้าที่สูญหาย
2) หากลูกค้าซ้ำกัน ให้ค้นหาลูกค้าที่สูญหายและแทนที่ลูกค้ารายหนึ่งที่ซ้ำกัน
3) หากเงื่อนไขข้อจำกัดไม่ถูกต้อง ให้ใส่เลขศูนย์ระหว่างตัวเลขที่ทำให้เงื่อนไขข้อจำกัดไม่ถูกต้อง
4) หากลูกค้าซ้ำกันแต่ลูกค้าหายไม่มี ให้สุ่มลูกค้าที่ซ้ำกัน



ภาพที่ 2 ตัวอย่างกระบวนการผสมพันธุ์

ขั้นตอนที่ 5 กระบวนการกลายพันธุ์ คือ การดำเนินการกลายพันธุ์ สุ่มเลือกโครโมโซม จากนั้น ลูกค้าสองคนภายในโครโมโซมเดียวกันจะถูกสุ่มเลือกโดยการสุ่มและสลับ ดังภาพที่ 3 หากเงื่อนไขข้อจำกัดของโครโมโซมใหม่ไม่ถูกต้อง ลูกค้าสองคนจะถูกเปลี่ยนกลับ โครโมโซมจำนวนหนึ่งที่กลายพันธุ์เป็นการกลายพันธุ์จำนวนหนึ่ง (nm)



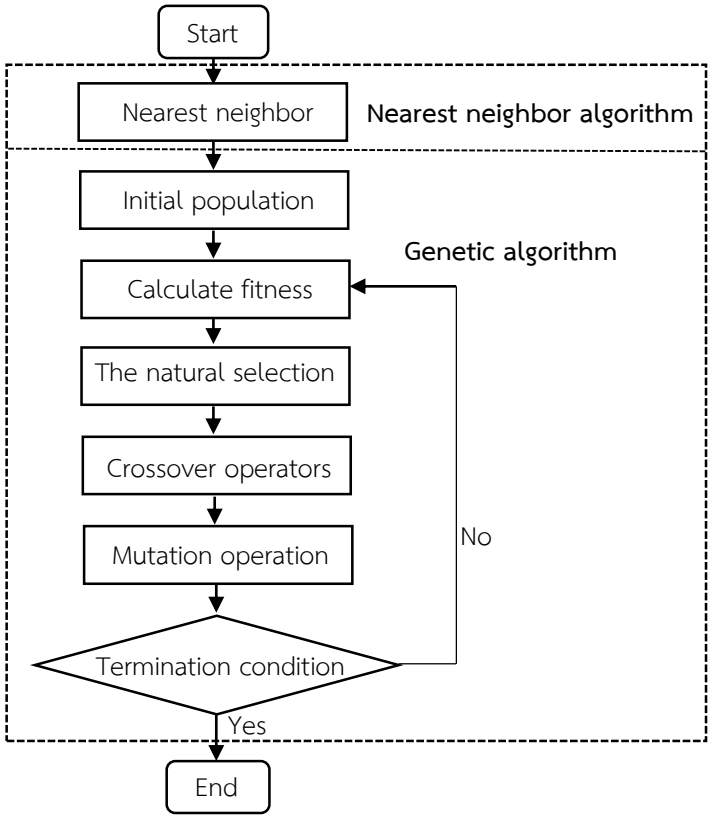
ภาพที่ 3 ตัวอย่างกระบวนการกลายพันธุ์

ขั้นตอนที่ 6 ตรวจสอบเงื่อนไข หากจำนวนรุ่นเท่ากับจำนวนรอบที่ให้ยุติการค้นหา ก็จะหยุดดำเนินการต่อในรุ่นถัดไป

4. การปรับปรุงอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดโดยใช้อัลกอริทึมทางพันธุกรรมสำหรับปัญหาการกำหนดเส้นทางรถที่มีความจุ

อัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด (NN) เป็นอัลกอริทึมที่ใช้งานง่ายและให้ผลลัพธ์อย่างรวดเร็วสำหรับการแก้ปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ (CVRP) คำตอบส่วนใหญ่จากอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดและไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ เพื่อปรับปรุงคำตอบจากอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด บทความนี้ได้เสนออัลกอริทึมทางพันธุกรรม (GA) เพื่อปรับปรุงคำตอบหลังจากดำเนินการอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด อัลกอริทึมที่เสนอใช้เพื่อปรับปรุงคำตอบจากอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด และรับคำตอบที่ดีกว่าสำหรับปัญหาการกำหนดเส้นทางของยานพาหนะที่มีความจุ อัลกอริทึมที่เสนอนี้เรียกว่า การปรับปรุงอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดโดยใช้อัลกอริทึมทางพันธุกรรมสำหรับปัญหาการกำหนดเส้นทางรถที่มีความจุ หรือ NNGA กระบวนการของวิธีที่นำเสนอแสดงในภาพที่ 4 สำหรับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมจะเริ่มต้นการค้นหาคำตอบ

ด้วยอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด หลังจากการดำเนินการค้นหาด้วยอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดเสร็จสิ้น ขั้นตอนต่อมาจะดำเนินการค้นหาคำตอบด้วยอัลกอริทึมทางพันธุกรรม โดยเริ่มต้นด้วยขั้นตอนที่ 1 กระบวนการกำหนดค่าเริ่มต้นของประชากร (Initial Population) ขั้นตอนที่ 2 คือ กระบวนการประเมินค่าความเหมาะสม (Calculate Fitness) ขั้นตอนที่ 3 คือ กระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติ (Natural Selection) ขั้นตอนที่ 4 คือ กระบวนการผสมพันธุ์ (Crossover Operators) ขั้นตอนที่ 5 กระบวนการกลายพันธุ์ (Mutation Operation) และขั้นตอนสุดท้าย คือ การตรวจสอบเงื่อนไข (Termination Condition) ถ้าตรงตามเงื่อนไขก็จะหยุดการดำเนินการค้นหาคำตอบต่อไป เช่น ถึงรอบที่กำหนดให้หยุดการค้นหา เป็นต้น ถ้ายังไม่ครบรอบการค้นหาคำตอบจะวนกลับไปขั้นตอนที่ 2 การดำเนินการทดลองมีขั้นตอนวิธีการสุ่มในขั้นตอนวิธีของอัลกอริทึมทางพันธุกรรม สำหรับการทดลองจะวัดผลประสิทธิภาพของอัลกอริทึมด้วยการค้นหาคำตอบหลาย ๆ ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

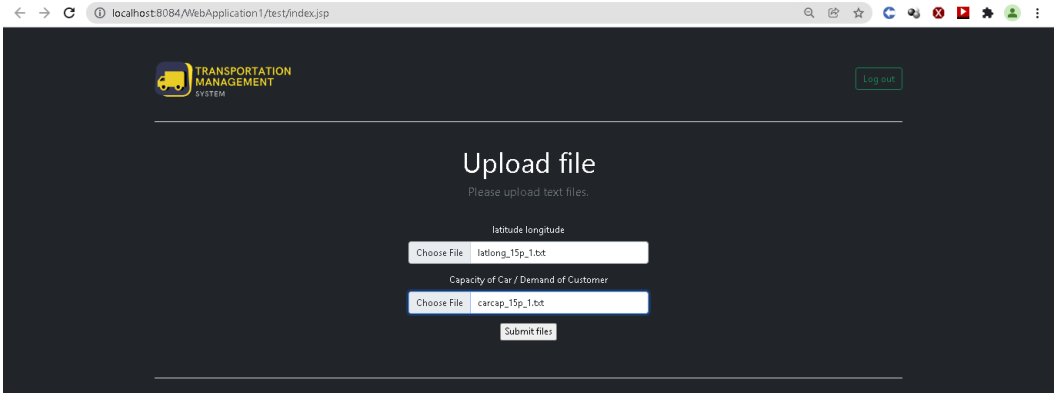


ภาพที่ 4 ผังงานการปรับปรุงอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดโดยอัลกอริทึมทางพันธุกรรม

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เน้นผลลัพธ์จากการปรับปรุงคำตอบอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดด้วยอัลกอริทึมทางพันธุกรรม ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการรัน อัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดกับการปรับปรุงอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดโดยใช้อัลกอริทึมทางพันธุกรรมสำหรับปัญหาการกำหนดเส้นทางรถที่มีความจุ เพื่อให้เห็นผลลัพธ์ของการปรับปรุงคำตอบจากอัลกอริทึมทางพันธุกรรม

เพื่อทำการทดลอง เราได้พัฒนาเว็บไซต์สำหรับอัพโหลดไฟล์ที่มีจุดลูกค้า (ละติจูด และลองจิจูด) ซึ่งได้มาจาก Google Map และไฟล์ที่มีความจุของรถและความต้องการสินค้าของลูกค้าตามที่แสดง ในภาพที่ 5 ภาพที่ 6 แสดงข้อมูลในพิกัดลูกค้า ภาพที่ 7 แสดงข้อมูลความจุของรถยนต์ในบรรทัดแรก และในบรรทัดต่อมาคือความต้องการสินค้าของลูกค้าซึ่งจะต้องตรงกับข้อมูลในพิกัดลูกค้าในภาพที่ 6



ภาพที่ 5 หน้าเว็บไซต์สำหรับอัพโหลดไฟล์

latlong_15p_1.txt

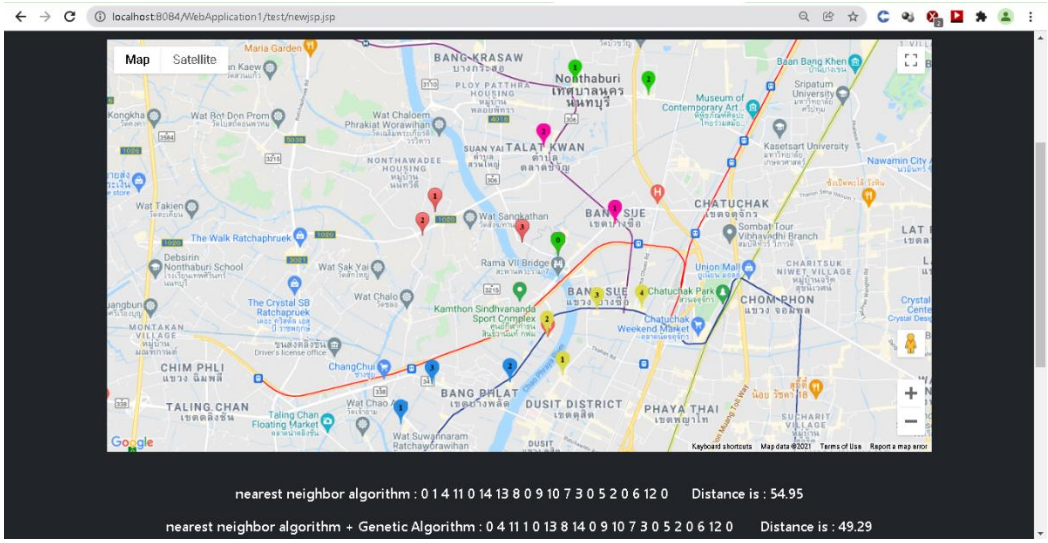
```
1  KMUTNB 13.8188296 100.5142426
2  Satrinonthaburi_School 13.822083896244315 100.50541750103017
3  BigC_Tiwanon 13.84516756677 100.51066056336933
4  Tesco_Lotus_Prachachuen 13.806087374172913 100.53513771089293
5  Makro_Nakhon-in 13.82961355514254 100.4835634156156
6  BigC_Wongsawang 13.826603657536154 100.52846234445077
7  Esplanade_Ngamwongwan 13.86073637451721 100.51847052363306
8  Gatewy_Bangsue 13.805655252948128 100.52405683516754
9  Lotus_Charansanitwong 13.788382476731822 100.50220474957497
10 Supreme_Complex 13.789935791935145 100.51553694752468
11 Yanhee_Hospital 13.799779220363266 100.51156233868736
12 Lotus_Nakhon-in 13.823777272629124 100.48045140106039
13 Pantip_Ngamwongwan 13.85785506800033 100.5369491099545
14 Central_Pinklao 13.77824036180762 100.47499000599015
15 TangHuaSeng_Thonburi 13.78795263026495 100.48286603606381
```

ภาพที่ 6 พิกัดลูกค้า

carcap_15p_1.txt

```
20
0
7
6
5
10
8
15
5
6
3
5
2
4
3
10
```

ภาพที่ 7 ความจุของรถและความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละสถานที่



ภาพที่ 8 ผลการคำนวณอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด และการปรับปรุงอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดโดยอัลกอริทึมทางพันธุกรรม

เซิร์ฟเวอร์คำนวณเส้นทางโดยอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดและการปรับปรุงอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดโดยอัลกอริทึมทางพันธุกรรม หลังจากอัพโหลด (Upload) ไฟล์ จากนั้นเซิร์ฟเวอร์จะแสดงผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากการคำนวณระหว่าง อัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดและการปรับปรุงอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดโดยอัลกอริทึมทางพันธุกรรม ดังแสดงในภาพที่ 8 สำหรับภาพที่ 8 แสดงเส้นทางของรถแต่ละคัน แผนที่นี้มีจำนวนรถทั้งหมดที่มีรถห้าคันตามหมุดสี (เขียว เหลือง น้ำเงิน แดง และชมพู) รถคันแรกเคลื่อนไปตามเส้นทางของหมุดสีเหลือง โดยเริ่มต้นที่หมุดสีเขียวหมายเลข 0 (คลัง) จากนั้นรถไปที่หมุดสีเหลืองหมายเลข 1 จากนั้นรถไปที่หมุดสีเหลืองหมายเลข 2 จากนั้นรถไปที่หมุดสีเหลืองหมายเลข 3 จากนั้นรถไปที่หมุดสีเหลืองหมายเลข 4 ในที่สุดรถก็กลับไปที่หมุดสีเขียวหมายเลข 0 พารามิเตอร์สำหรับการทดลองทั้งหมดมีดังนี้ ความจุของรถคือ 20 หน่วย จำนวนประชากรที่ใช้คือ 50 จำนวนการทดลองของแต่ละกรณีทดสอบคือ 10 ครั้ง จำนวนการสร้างสูงสุดตั้งไว้ที่ 100

รายชื่อลูกค้าทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองนี้และข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ของแต่ละสถานที่ ดังแสดงในตารางที่ 1 นอกจากนี้ การทดลองนี้แบ่งออกเป็น 5 กรณีทดสอบ ดังนี้ กรณีทดสอบที่ 1 คือ ลูกค้าที่ลำดับที่ 1 ถึงลำดับที่ 10 กรณีทดสอบที่ 2 คือ ลูกค้าที่ลำดับที่ 1 ถึงลำดับที่ 15 กรณีทดสอบที่ 3 คือ ลูกค้าที่ลำดับที่ 1 ถึงลำดับที่ 20 กรณีทดสอบที่ 4 คือ ลูกค้าที่ลำดับที่ 1 ถึงลำดับที่ 25 กรณีทดสอบที่ 5 คือ ลูกค้าที่ลำดับที่ 1 ถึงลำดับที่ 30 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทดลองจึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการทดลองหลาย ๆ ครั้ง เพื่อพิสูจน์ว่าขั้นตอนวิธีที่นำเสนอนั้นมีประสิทธิภาพดีกว่าขั้นตอนวิธีอื่น ๆ จริง ๆ ในหลาย ๆ กรณี ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงดำเนินการทดลอง 5 ครั้งโดยแบ่งการทดลองเป็น 5 กรณีดังตัวอย่างนี้ สำหรับจำนวนรถยนต์นั้นขึ้นอยู่กับกรณีศึกษา ซึ่งแต่ละกรณีศึกษาใช้จำนวนรถไม่เท่ากัน แต่ขั้นตอนวิธีทั้งสอง (NN และ NNGA) ใช้จำนวนรถเท่ากัน

สำหรับขั้นตอนการทดลอง มีรายละเอียดดังนี้

1) เปิดหน้าเว็บไซต์ดังภาพที่ 5 ซึ่งเว็บไซต์นี้ได้พัฒนาเพื่อใช้ในการทดลองขั้นตอนวิธีที่นำเสนอ

2) สร้างไฟล์ข้อมูลรายละเอียดพิกัดลูกค้าดังภาพที่ 6 และดำเนินการอัพโหลดเข้าไปในเว็บไซต์จากภาพที่ 5 เพื่อการประมวลผลขั้นตอนวิธี NN และ NNGA

3) สร้างไฟล์ข้อมูลรายละเอียดความจุของรถและความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละสถานที่ดังภาพที่ 7 และดำเนินการอัพโหลดเข้าไปในเว็บไซต์จากภาพที่ 5 เพื่อการประมวลผลขั้นตอนวิธี NN และ NNGA

4) เว็บไซต์ดำเนินการประมวลคำนวณเส้นทาง และแสดงผลลัพธ์ดังภาพที่ 8 โดยแสดงผลของ NN และ NNGA

ตารางที่ 1

รายชื่อลูกค้าและความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละราย

ลำดับ	สถานที่	ความต้องการของลูกค้าแต่ละราย
1	โรงเรียนสตรีนนทบุรี	0
2	บิ๊กซี วงศ์สว่าง	5
3	เกทเวย์ บางซื่อ	6
4	บิ๊กซี ติวานนท์	5
5	หอสมุดแห่งชาติ	2
6	ช่างชุ่ย	5
7	สุพรีม คอมเพล็กซ์	7
8	โลตัส จรัญสนิทวงศ์	5
9	ตลาดราชวัตร	6
10	แม็คโคร นครอินทร์	3
11	โลตัส ประชาชื่น	5
12	ตั้งฮั่วเส็ง ธนบุรี	2
13	ตลาดโบ๊เบ๊	4
14	โลตัส นครอินทร์	3
15	ตลาดจตุจักร	5
16	โรงพยาบาลยันฮี	6
17	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	5
18	เอสพลานาด งามวงศ์วาน	8

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	สถานที่	ความต้องการของลูกค้าแต่ละราย
19	เซ็นทรัลลาดพร้าว	3
20	เดอะมอลล์งามวงศ์วาน	5
21	ตลาดดอกไม้กรุงเทพ	3
22	พันธุ์ทิพย์ งามวงศ์วาน	2
23	เดอะ คริสตัล ราชพฤกษ์	6
24	เซ็นทรัลปิ่นเกล้า	4
25	ปัตตานี	8
26	THE CIRCLE ราชพฤกษ์	5
27	มาบุญครอง	5
28	สามย่าน มิตรทาวน์	4
29	เมก้าพลาซ่า	5
30	ตลาดสำเพ็ง	5

ตารางที่ 2

ผลการทดลองของอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด (NN) และ การปรับปรุงอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดโดยอัลกอริทึมทางพันธุกรรม (NNGA)

กรณีศึกษา	NN	NNGA	เปอร์เซ็นต์การปรับปรุงคำตอบของ NN กับ NNGA
1	39.66	37.81	4.66
2	54.95	49.29	10.30
3	75.71	69.14	8.68
4	115.54	108.57	6.03
5	134.12	128.25	3.63
เปอร์เซ็นต์การปรับปรุงคำตอบของ NN กับ NNGA โดยเฉลี่ย			**6.66**

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองตารางที่ 2 แสดงระยะรวมของอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดของกรณีทดสอบแต่ละกรณีและระยะรวมของการปรับปรุงอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดโดยอัลกอริทึมทางพันธุกรรมของกรณีทดสอบแต่ละกรณี ร้อยละของการปรับปรุงอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดโดยอัลกอริทึมทางพันธุกรรมของแต่ละกรณีทดสอบ ร้อยละของการปรับปรุงเฉลี่ยของการปรับปรุงอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดโดยอัลกอริทึมทางพันธุกรรม จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า อัลกอริทึมทางพันธุกรรมสามารถปรับปรุงคำตอบจากอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดได้ เนื่องจากระยะทางของการปรับปรุงอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดโดยอัลกอริทึมทางพันธุกรรมนั้นมีระยะทางโดยรวมทุกกรณีน้อยกว่าอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ ในทุกกรณีทดสอบเป็นการพิสูจน์ว่าอัลกอริทึมทางพันธุกรรมสามารถปรับปรุงคำตอบจากอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ได้ นอกจากนี้

อัลกอริทึมทางพันธุกรรมสามารถลดระยะทางและปรับปรุงคำตอบได้ 6.66 เปอร์เซ็นต์ โดยภาพรวมจากการทดลองพบว่า อัลกอริทึมทางพันธุกรรมจะมีประสิทธิภาพได้ดีนั้นขึ้นอยู่กับสถานที่ที่ใช้ในการขนส่งสินค้า ถ้าสถานที่เหมาะสมอัลกอริทึมทางพันธุกรรมจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งได้มากและได้ระยะทางที่สั้น เช่น กรณีศึกษาที่ 2 และ 3 จะเห็นว่าสามารถปรับปรุงคำตอบได้ดี ในขณะที่สถานที่ที่ไม่เหมาะสมอัลกอริทึมทางพันธุกรรมจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งได้น้อย เช่น กรณีศึกษาที่ 1 และ 5

การอภิปรายผล

การใช้อัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด เพื่อแก้ปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุ ทำได้ง่ายและดำเนินการได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม คำตอบจากอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดนั้นค่อนข้างแย่ เพื่อปรับปรุงคำตอบจากการค้นหา งานวิจัยฉบับนี้ขอเสนออัลกอริทึมทางพันธุกรรมที่ใช้กับอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดในการปรับปรุงคำตอบ เทคนิคที่นำเสนอนี้เรียกว่า การปรับปรุงอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดโดยอัลกอริทึมทางพันธุกรรม เพื่อดำเนินการทดลอง ทางผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเว็บไซต์สำหรับทดสอบ นอกจากนี้ ทางผู้วิจัยได้สร้างกรณีทดสอบสำหรับการทดลองนี้ กรณีทดสอบเหล่านี้สร้างขึ้นจากสถานที่ต่าง ๆ ในกรุงเทพฯ จาก Google Map จากผลการทดลองใน 5 กรณีทดสอบ อัลกอริทึมทั้งหมด (NN, NNGA) ได้รับการทดสอบและเปรียบเทียบผลลัพธ์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อัลกอริทึมทางพันธุกรรมสามารถปรับปรุงคำตอบจาก อัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดได้ เนื่องจากระยะทางของการปรับปรุงอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดโดยอัลกอริทึมทางพันธุกรรมนั้นต่ำกว่าระยะทางของอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดในทุกกรณีทดสอบ นอกจากนี้ การปรับปรุงอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดโดยอัลกอริทึมทางพันธุกรรมสามารถลดระยะทางได้ 6.66 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด อย่างไรก็ตาม อัลกอริทึมทางพันธุกรรมจะมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงอัลกอริทึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดนั้นขึ้นอยู่กับสถานที่ที่ใช้ในการขนส่งสินค้าด้วย ในกรณีที่สถานที่ที่ใช้การขนส่งสินค้านั้นเหมาะสมอัลกอริทึมทางพันธุกรรมจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งได้มากและได้ระยะทางที่สั้นลงมาก

เอกสารอ้างอิง

Akbar, M. D., & Aurachmana, R. (2020). Hybrid genetic–tabu search algorithm to optimize the route for capacitated vehicle routing problem with time window. **International Journal of Industrial Optimization, 1**(1), 15-28. doi:10.12928/ijio.v1i1.1421

Bang-Jensen, J., Gutin, G., & Yeo, A. (2004). When the greedy algorithm fails. **Discrete Optimization, 1**(2), 121-127. doi:10.1016/j.disopt.2004.03.007

Bendall, G., & Margot, F. (2006). Greedy-type resistance of combinatorial problems. **Discrete Optimization, 3**(4), 288-298. doi:10.1016/j.disopt.2006.03.001

Gutin, G., Yeo, A., & Zverovich, A. (2002). Traveling salesman should not be greedy: Domination analysis of greedy-type heuristics for the TSP. **Discrete Applied Mathematics, 117**(1-3), 81-86. doi:10.1016/s0166-218x(01)00195-0

Gutin, G., Yeo, A., & Zverovitch, A. (2007). Exponential neighborhoods and domination analysis for the TSP. In G. Gutin & A. P. Punnen (Eds.), **The traveling salesman problem and its variations** (pp. 223-256). doi:10.1007/0-306-48213-4_6

Ibrahim, M. F., Nurhakiki, F. R., Utama, D. M., & Rizaki, A. A. (2021). Optimised genetic algorithm crossover and mutation stage for vehicle routing problem pick-up and delivery with time windows. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1071**(2021),. doi:10.1088/1757-899x/1071/1/012025

Ibrahim, M. F., Putri, M. M., Farista, D., & Utama, D. M. (2021). An improved genetic algorithm for vehicle routing problem pick-up and delivery with time windows. **Jurnal Teknik Industri, 22**(1), 1-17. doi:10.22219/jtiumm.vol22.no1.1-17

Lawler, E. L., Lenstra, J. K., Rinnooy Kan, A. H. G., & Shmoys, D. B. (Eds.). (1985). **The traveling salesman problem: A guided tour of combinatorial optimization.** Chichester [West Sussex], England: John Wiley & Sons.

Masum, A. K. M., Shahjalal, M., Faruque, F., & Sarker, I. H. (2011). Solving the vehicle routing problem using genetic algorithm. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 2**(7), 126-131. doi:10.14569/ijacsa.2011.020719

Ralphs, T. K., Kopman, L., Pulleyblank, W. R., & Trotter, L. E. (2003). On the capacitated vehicle routing problem. **Mathematical Programming, 94**(2-3), 343–359. doi:10.1007/s10107-002-0323-0

Sadok, A. (2020). A genetic local search algorithm for the capacitated vehicle routing problem. **International Journal of Advanced Computer Research, 10**(48), 105-115. doi:10.19101/ijacr.2020.1048021

Theodoridis, S., & Koutroumbas, K. (2003). **Pattern recognition** (2nd ed.). Amsterdam: Academic Press.