

การวิเคราะห์ฮิวริสติกส์สำหรับการประยุกต์ในการจัดเส้นทางรถรับส่งนักเรียน

An Analysis Heuristics for Application in School Bus Routing

จารุพงษ์ บรรเทา^{1*} ปวีณา อาสาชาติ¹ สุจิตรา สรภูมิ¹¹สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานJarupong Banthao^{1*}, Paweena Arsachat¹, Suchitra Soraphum¹¹Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Isan

E-mail: jarupong.ba@rmu.ac.th*

(Received: November 21, 2022; Revised: December 18, 2022; Accepted: December 19, 2022)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอวิธีการทางฮิวริสติกส์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางรถรับส่งนักเรียน การศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางรถรับส่งนักเรียนของกรณีศึกษา พบว่าเส้นทางรถรับส่งนักเรียนมีระยะทางรวมมาก ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการเดินทางมาก และยังพบว่าการเดินทางของทุกเส้นทางมีช่วงเวลาจำกัด โดยจะต้องถึงโรงเรียนก่อนเวลา 08:00 น. นอกจากนี้ยังพบว่าในบางเส้นทางมีจำนวนนักเรียนเกินจำนวนที่นั่งกำหนด ซึ่งจะส่งผลต่อความปลอดภัยในการเดินทาง กรณีศึกษามีนักเรียนที่ต้องรับส่งทั้งหมด 346 คนต่อวัน จำนวนจุดรับส่งทั้งหมด 43 จุด และมีรถสองแถวเล็ก 12 ที่นั่ง 2 คัน รถสองแถวใหญ่ 35 ที่นั่ง 2 คัน และรถบัสรับส่ง 55 ที่นั่ง 4 คัน วิธีฮิวริสติกส์ที่นำมาประยุกต์ใช้ 4 วิธีคือ Nearest Neighbor Heuristic, Clarke - Wright Saving Heuristic, Sweep Heuristic และ Cluster First Route Second จากการเปรียบเทียบผลทำให้สามารถจัดเส้นทางภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด พบว่าการประยุกต์ใช้ Cluster First Route Second โดยการใช้รถบัสรับส่ง มีระยะทางที่สั้นลงจากเดิม 287.65 กิโลเมตร หรือคิดเป็น 28.11% และไม่มีจำนวนที่นั่งเกินกว่าที่กำหนดได้

คำสำคัญ: การจัดเส้นทาง รถรับส่งนักเรียน ฮิวริสติกส์

Abstract

This research aims to propose a heuristic method to optimize the routing of student shuttle buses. The study of the problem of arranging the shuttle bus route for school appointments found that, the route to pick up students has a large total distance. As a result, it takes a lot of travel time, and found that the travel of all routes has a limited time. They must arrive at school before 8:00 AM. In addition, found that some routes had more students than the required number of seats. This will affect travel safety. The case study had a total of 346 students per day, 43 pick-up points, including 2 minibuses (12-seat), 2 minibuses (35-seat), and 4 buses (55-seat). The applied 4 heuristics are Nearest Neighbor Heuristic, Clarke - Wright Saving Heuristic, Sweep Heuristic and Cluster First Route Second. The conclusion from the comparison of the results of the experiment provided a result showed that using Cluster First Route Second with a bus to transfer can get the shortest distances in a

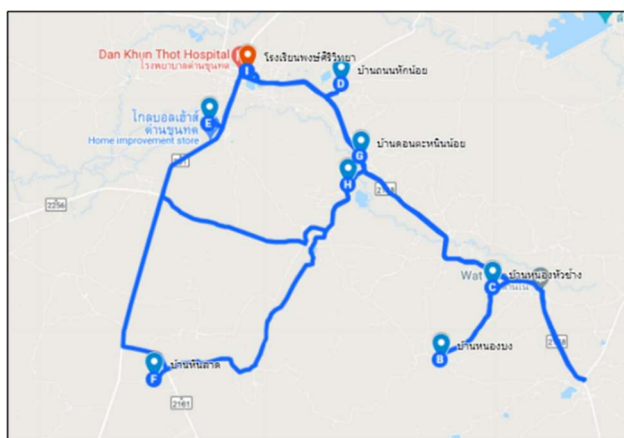
shorter distance relative to the original route, with a reduction of 287.65 kilometers (28.11% of original route) and no more than the number of seats allowed.

Keywords: Routing, School Bus, Heuristics

1. บทนำ

ในปัจจุบันการขนส่งได้มีบทบาทความสำคัญเป็นอย่างมากต่อระบบเศรษฐกิจ ระบบการศึกษา และการดำเนินชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นการขนส่งทางบก ทางน้ำ ทางอากาศ และทางท่อ ทั้งนี้ ระบบการขนส่งทางบกนับว่ามีบทบาทสำคัญในลำดับต้นๆ เนื่องจากการขนส่งทางบก นั้นมีการขนส่งทางถนนเป็นหลัก การขนส่งทางถนนนับว่ามีบทบาทสำคัญอย่างมากในระบบการขนส่ง ทั้งภายในและภายนอกประเทศ ไม่ว่าจะเป็นการขนส่งสินค้า การขนส่งมวลชน หรือการขนส่งอื่น ๆ ซึ่งการขนส่งทางถนนนั้นมีการใช้งานอย่างแพร่หลายทั้งภาครัฐ และเอกชน เนื่องจากการขนส่งทางถนน นั้นสามารถไปยังจุดรับส่งต่าง ๆ ได้โดยมีข้อจำกัดน้อย และต้นทุนการขนส่งที่ต่ำ ทำให้การขนส่งทางถนนมีส่วนสำคัญต่อระบบการขนส่งทางบกเป็นอย่างมาก

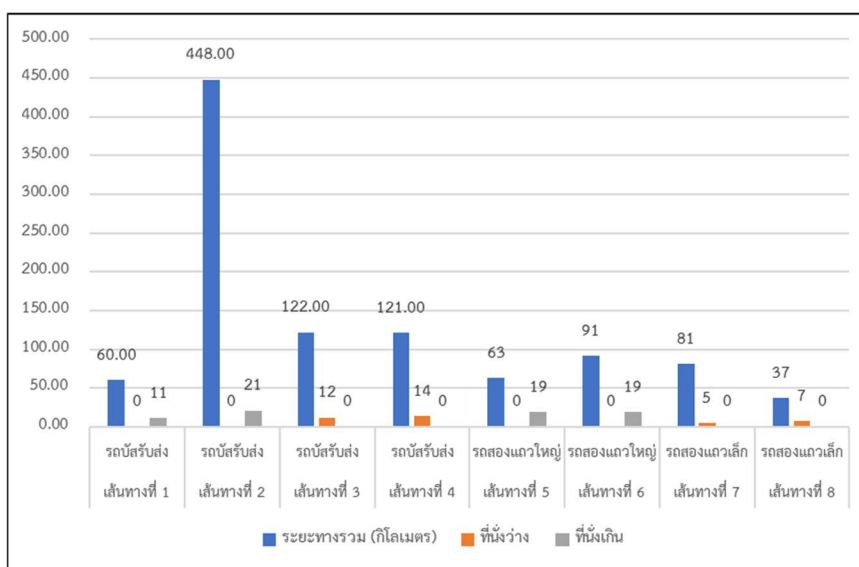
การให้บริการขนส่งรับ-ส่งนักเรียนเช่นเดียวกัน ซึ่งปัจจุบันมีสถานศึกษาไม่ว่าจะเป็นภาครัฐ หรือเอกชนได้ก่อตั้งขึ้นเป็นจำนวนมาก โรงเรียนกรณศึกษา ตั้งอยู่ที่ ตำบลด่านขุนทด อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา เป็นอีกหนึ่งโรงเรียนเอกชนที่มีขนาดใหญ่ เปิดการเรียนการสอนตั้งแต่เตรียมอนุบาลไปจนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา พ.ศ. 2563 มีนักเรียนทั้งสิ้น 3,577 คน นอกจากการจัดการเรียนการสอนแล้วทางโรงเรียนยังให้บริการรับ-ส่งนักเรียน โดยสภาพทั่วไป โรงเรียนกรณศึกษามีรถรับส่งทั้งหมด 8 คัน และนักเรียนที่ใช้รถรับส่งนักเรียนเป็นประจำจำนวน 346 คน ซึ่งแบ่งจุดรับส่งออกเป็น 43 จุด โดยมียานพาหนะ 3 ประเภท ได้แก่ 1) รถสองแถวเล็ก 2) รถสองแถวใหญ่ และ 3) รถบัสรับส่ง โดยแต่ละประเภทมีความจุไม่เท่ากัน ซึ่งมีตัวอย่างเส้นทางที่ 3 ในการใช้รถบัสรับส่ง 55 ที่นั่ง รับ-ส่งนักเรียนของโรงเรียนกรณศึกษา ระยะทางรวมทั้งหมด 122 กิโลเมตร แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างเส้นทางที่ 3 การรถรับ-ส่งนักเรียนของโรงเรียนกรณศึกษา

ซึ่งการจัดเส้นทางกรณศึกษารูปแบบเดิม มีจำนวนเส้นทางรับส่งทั้งหมด 8 เส้นทาง ระยะทางของรถทุกคันรวมทั้งหมด 1,023 กิโลเมตร ที่นั่งว่างรวมทั้งหมด 38 ที่นั่ง และที่นั่งเกินรวมทั้งหมด 70 ที่นั่ง ดังรูปที่ 2 แต่ปัจจุบันระบบรถรับส่งนักเรียนนั้นส่วนใหญ่ผู้ประกอบการมักจะใช้การตัดสินใจจากประสบการณ์ในการจัดการ และการจัดเส้นทาง ทำให้การขนส่งไม่มีประสิทธิภาพ

เท่าที่ควร ส่งผลให้ระยะทางรวมต่อสัปดาห์ของแต่ละเส้นทาง และระยะทางรวมทั้งหมดมีระยะทางมากเกินไป นอกจากนั้นยังเกิดปัญหาการโดยสารเกินความจุของรถรับส่งนักเรียน อาจจะทำให้เกิดอันตรายต่อนักเรียนได้ และรถรับส่งบางคันมีการโดยสารไม่เต็มความจุส่งผลให้ประสิทธิภาพของการขนส่งยังใช้ไม่เต็มที่ จากปัญหาที่กล่าวมาจัดได้ว่าเป็นรูปแบบปัญหาการจัดการจัดเส้นทางยานพาหนะ Vehicle Routing Problem (VRP) และปัญหาประเภทนี้จะประกอบด้วยตัวแปรในการตัดสินใจจำนวนมาก ทำให้มีความซับซ้อนในการหาคำตอบที่ดีที่สุดได้โดยจะเรียกปัญหาในลักษณะนี้ว่าปัญหา NP-hard ทำให้การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมที่เป็นที่นิยมด้วยเหตุผลที่ไม่มีความยุ่งยากในการแก้ไข ใช้เวลาในการแก้ปัญหาไม่นาน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้แบบยืดหยุ่นและเหมาะสมมากกว่า



รูปที่ 2 กราฟแสดงระยะทางต่อสัปดาห์ ประเภทรถ ที่นั่งว่าง และที่นั่งเกินของการจัดเส้นทางโรงเรียนกรณิศศึกษารูปแบบเดิม

ด้วยเหตุนี้กลุ่มผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่ศึกษาการจัดการเส้นทางของรถรับส่งนักเรียนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบรถรับส่งนักเรียนมากยิ่งขึ้นในด้านของระยะทางรวม และความปลอดภัย โดยมุ่งศึกษาการจัดการเส้นทางด้วยวิธีฮิวริสติกส์ที่เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานให้มีระยะทางรวมของเส้นทางรถรับส่งนักเรียนสั้นที่สุด

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1. เพื่อวิเคราะห์หาวิธีฮิวริสติกส์ที่เหมาะสมสำหรับการจัดเส้นทางรถรับส่งนักเรียนของกรณิศศึกษา
- 2.2. เพื่อลดระยะทางรวมสำหรับจัดเส้นทางรถรับส่งนักเรียนของกรณิศศึกษา

3. งานวิจัยเกี่ยวข้อง

สำหรับการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้แบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วนสำคัญได้แก่ การศึกษาการจัดการเส้นทาง และการจัดเส้นทางรถรับส่งนักเรียน โดยเน้นศึกษาการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมฮิวริสติกส์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ไชยา โฉมเฉลา และระพีพันธ์ ปีตา คะโส [1] ได้เสนองานวิจัยเรื่องการจัดเส้นทางรถขนส่งน้ำดื่มสำหรับบริการกลุ่มลูกค้าด้วยวิธีฮิวริสติก กรณิศศึกษา โรงงานน้ำดื่มเรนโบว์ มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหการจัดเส้นทางขนส่งน้ำดื่ม กรณีที่มีความไม่แน่นอน ทั้งปริมาณ และระยะทางของการเกิดความต้องการ

ต้องการแต่ละรอบของลูกค้าแต่ละราย พบว่าการใช้วิธี Cluster first – route second ร่วมกับ Sweep Approach มีระยะทางขนส่งที่ต่ำกว่าวิธี Nearest Neighborhood โดยทางเลือกที่ 3 ให้ผลการทดลองที่ดีที่สุดซึ่งสามารถลดระยะทางได้ 8.5% ในปี พ.ศ. 2555 ศิริพงษ์ ชัยเจริญ [2] ได้นำวิธี Saving Algorithm และวิธี Sweep Approach เพื่อเปรียบเทียบระยะทางในการจัดเส้นทางในปัญหาการจัดเส้นทางรถให้บริการรถขนส่งน้ำดื่มที่เหมาะสมในระบบมัลติครัน เพื่อเสนอแนะเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งน้ำดื่มภายในมหาวิทยาลัย โดยให้มีระยะทางขนส่งรวมสั้นที่สุดภายใต้ข้อจำกัดของความต้องการสินค้า และขนาดความจุบรรทุกของรถ ได้ผลการวิจัยพบว่า วิธี Saving Algorithm มีระยะทางโดยรวมสั้นกว่าการวิ่งแบบเดิม 13.1 กิโลเมตร และวิธีการกวาด Sweep Approach มีระยะทางโดยรวมสั้นกว่าการวิ่งแบบเดิม 10.14 กิโลเมตร ในปี พ.ศ. 2556 มิ่งขวัญที่เกี่ยวข้อง 3 เรื่องคือ ปฏิพัทธ์ หงส์สุวรรณ และคณะ [3] ได้นำวิธีการแก้ปัญหาวิธีฮิวริสติกส์แบบการหาคำตอบใกล้เคียงที่สุด วิธีการแก้ปัญหการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะอัลกอริทึมแบบประหยัด และวิธีการคำนวณเส้นทางโดยโปรแกรมเชิงเส้น ได้ผลสรุปจากการเปรียบเทียบพบว่า วิธีการคำนวณเส้นทางโดยโปรแกรมเชิงเส้น ให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดในการจัดเส้นทางรถขนส่งน้ำดื่ม ที่ระยะทางสั้นที่สุด คือ 40.70 กิโลเมตร และต้นทุนรวมในการขนส่งต่ำที่สุด 4,066.80 บาทต่อเดือน อภิชาติ มณีงาม และคณะ [4] ได้นำเสนอวิธีฮิวริสติกส์สำหรับหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางรถโดยสาร โดยพิจารณาเงื่อนไขการจำกัดเวลาเดินทางรถบรรทุกขนาดใหญ่ในเขตเมือง เพื่อให้ได้เส้นทางรถโดยสารที่มีต้นทุนรวมต่ำที่สุด งานวิจัยนี้พัฒนาวิธีหาคำตอบเป็น 3 ขั้นตอนตามลำดับ ดังนี้ ขั้นตอนแรกจัดกลุ่มลูกค้าตามเงื่อนไขการจำกัดช่วงเวลาในการเดินทาง ขั้นตอนที่ 2 สร้างคำตอบเริ่มต้นด้วยวิธี Savings Algorithm ขั้นตอนที่ 3 นำคำตอบที่ได้จากขั้นตอนที่สองมาปรับปรุงเส้นทางโดยวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่ ผลการศึกษาพบว่า สามารถลดระยะทางรวมจากเดิม 19,367 กิโลเมตร ลดลงเหลือ 17,489 กิโลเมตร หรือลดลง 9.70% ญาณิภา ชินสุวรรณ [5] ได้เสนองานวิจัยเรื่องการจัดเส้นทางรถโดยสารแบบต่อเนื่องที่มีการเปลี่ยนถ่ายสินค้าและพักรถสินค้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีฮิวริสติกส์สำหรับตัดสินใจเพื่อปรับปรุงการจัดเส้นทางรถโดยสารแบบต่อเนื่อง โดยวิธีฮิวริสติกส์ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยกระบวนการคิด 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การพิจารณาหาเส้นทางที่มีโอกาสในการปรับปรุงเส้นทางรถขนส่ง 2. การพิจารณาหาเส้นทางในการถ่ายโอนรถขนส่ง 3. การจับคู่เส้นทางในการถ่ายโอนรถขนส่ง และ 4. การเลือกรถขนส่งที่ทำการถ่ายโอนเพื่อช่วยในการหาเส้นทางใหม่ พบว่าเส้นทางใหม่ที่มีการถ่ายโอน และพักรถสินค้าที่มีค่าใช้จ่ายในการเดินทางต่ำ ซึ่งวิธีที่ใช้ในการวิจัยนี้สามารถลดระยะทางรถโดยสารได้เฉลี่ยร้อยละ 12.42 เมื่อเทียบกับการเดินทางแบบต่อเนื่องซึ่งไม่มีการเปลี่ยนถ่าย และพักรถสินค้า นอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2559 จารุพงษ์ บรรเทา และคณะ [6] ได้เสนอการประยุกต์ใช้วิธีการฮิวริสติกส์สำหรับการจัดการเส้นทางรถขนส่งขึ้นส่วนยานยนต์ ได้ผลสรุปว่าวิธี MNH ให้ระยะทางในการจัดเส้นทางที่สั้นที่สุดคือ 121.94 กิโลเมตร แต่วิธี EDD มีค่าการขนส่งเกินเวลา กำหนดน้อยที่สุด คือ 4 ชั่วโมง 18 นาที และยังสามารถลดการจ้างรถจากภายนอกลด 30.58% ภิกขญา คงแก้ว และธนัญญา วสุศรี [7] ได้เสนอการพัฒนาฮิวริสติกส์เพื่อการจัดเส้นทางรถรับ และส่งสินค้าที่มีชนิด และน้ำหนักที่หลากหลาย ผลการวิจัยพบว่า จำนวนยานพาหนะที่ใช้ลดลงเฉลี่ย 27.38% และสามารถลดระยะทางขนส่งเฉลี่ย 35.52% และงานวิจัยที่จัดเส้นทางรถรับส่งนักเรียนของ ปัญญวัฒน์ จันทร์ชัยภักดิ์ [8] ได้เสนอการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางรถรับส่งนักเรียน โดยใช้ฮิวริสติกส์ในการจัดเส้นทางรถรับส่งนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า การใช้ Saving heuristic โดยการใช้รถบัสนำในการรับส่ง ให้ระยะทางที่สั้นที่สุด โดยมีระยะทางรวม 733 กิโลเมตรต่อรอบ และมีต้นทุนค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในการรับส่งรวม 206,283 บาทต่อเดือน จากต้นทุนการรับส่งแบบเดิมในปัจจุบันพบว่า สามารถลดต้นทุนต่อเดือนได้ 134,817 บาทต่อเดือน

4. การดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยประกอบด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูล และการจัดเส้นทางรถรับส่งนักเรียนด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ 4 วิธี คือ Nearest Neighbor Heuristic, Clarke - Wright Saving Heuristic, Sweep Heuristic และ Cluster First Route Second โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 เก็บรวบรวมข้อมูล

การกำหนดขอบเขตในงานวิจัย โดยสภาพทั่วไปพบว่ารถรับส่งนักเรียนจะต้องมาถึงโรงเรียนภายในเวลา 8.00 น. โดยมีรถรับส่งทั้งหมด 8 คัน ได้แก่ รถสองแถวเล็ก 12 คันนั่ง 2 คน รถสองแถวใหญ่ 35 คันนั่ง 2 คน และรถบัสรับส่ง 55 คันนั่ง 4 คน และจำนวนนักเรียนที่ใช้รถรับส่งนักเรียนเป็นประจำจำนวน 346 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 9.67 ของจำนวนทั้งหมด ซึ่งแบ่งจุดรับส่งออกเป็น 43 จุด และพิกัดละติจูด ลองติจูดของจุดรับส่ง แสดงตัวอย่างดังตารางที่ 1 โดยมียานพาหนะ 3 ประเภท คือ รถสองแถวเล็ก รถสองแถวใหญ่ และรถบัสรับส่ง โดยมีจุดรับส่ง และจำนวนแต่ละจุดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลจุดรับส่งนักเรียนและจำนวนนักเรียนในแต่ละจุด

ลำดับ	จุดรับส่ง	จำนวนนักเรียน (คน)	พิกัดละติจูด	พิกัดลองติจูด
D	โรงเรียนกรณีศึกษา	-	15.21054	101.76846
1	บ้านค่ายพะยั้ง	40	15.07089	101.65831
2	บ้านค่ายพะยั้ง	22	15.06485	101.66152
3	บ้านโกรกลี	4	15.07744	101.69679
4	บ้านด่านใน	37	15.12963	101.88445
.....				
43	บ้านด่านเหนือ	1	15.15063	101.84398

ตารางที่ 2 ประเภทรถรับส่ง ความจุ และจำนวนรถแต่ละประเภท

ลำดับ	ประเภทรถ	ความจุรถรับส่ง (ที่นั่ง)	จำนวนรถ (คัน)
1	รถสองแถวเล็ก	12	2
2	รถสองแถวใหญ่	35	2
3	รถบัสรับส่ง	55	4

4.2 การจัดเส้นทางด้วยวิธี Nearest Neighbor Heuristic

เป็นวิธีการสร้างเส้นทางโดยค้นหาจุดรับส่งที่อยู่ใกล้กับโรงเรียนมากที่สุดก่อน และจากนั้นทำการค้นหาจุดที่ใกล้จุดถัดไปเรื่อย ๆ จนรวมจุดรับส่งครบทุกจุด โดยพิจารณาพร้อมกับความจุของรถรับส่งควบคู่ไปด้วย เมื่อมีความจุเกินให้ทำการเปิดเส้นทางใหม่ และเลือกจุดรับส่งที่ใกล้กับ โรงเรียน ในจุดถัดไป โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) เลือกจุดรับส่งที่มีระยะทางใกล้กับจุดโรงเรียน มากที่สุดก่อน
- 2) ทำการค้นหาจุดรับส่งที่ยังไม่ถูกรวมเข้าในเส้นทาง และมีระยะทางใกล้กับจุดสุดท้ายมากที่สุด เพื่อรวมเข้าในเส้นทาง พร้อมพิจารณาความจุในกรณีที่ความจุเกินให้ทำการสร้างทัวร์ใหม่
- 3) ทำตามขั้นตอนที่ 1 และ 2 จนรวบรวมจุดรับส่งเข้าในเส้นทางครบทุกจุด

4.3 การจัดเส้นทางด้วยวิธี Saving Heuristic

Saving Heuristic เป็นวิธีที่ได้รับความนิยม และใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยวิธีจะสร้างผลเฉลยที่ละขั้นตอน โดยเริ่มจากผลเฉลยเริ่มต้นที่อาจยังมีความเป็นไปได้ จากนั้นสร้างผลเฉลยในลำดับถัดไป โดยความต้องการรวมจะต้องไม่เกินความสามารถในการโดยสาร และความจุของยานพาหนะ การแทรกลูกค้าในเส้นทางจะถูกแทรกเข้าอยู่เรื่อย ๆ จนทำให้เกิดเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดโดยจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) สร้างเส้นทางย่อยจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดรับส่งแต่ละจุด และกลับมายังจุดเริ่มต้น
- 2) ทำการคำนวณค่า Saving ของจุดรับส่งแต่ละคู่โดยคำนวณได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

$$S_{ij} = D_{i0} + D_{0j} - D_{ij}$$

เมื่อ

S_{ij} = ค่า Saving ระหว่างคู่จุดรับส่ง i และ j

D_{i0} = ระยะทางจากจุดรับส่ง i ไปยังคลังสินค้า

D_{0j} = ระยะทางจากคลังสินค้าไปยังจุดรับส่ง j

D_{ij} = ระยะทางจากจุดรับส่ง i ไปยังจุดรับส่ง j

- 3) เรียงลำดับค่า Saving แต่ละคู่จากมากไปหาน้อย และทำการจัดเส้นทางโดยพิจารณาเลือกค่า Saving ที่มีค่ามากที่สุดก่อน
- 4) ตรวจสอบความจุของรถที่ใช้ในการรับส่งว่ามีความจุเกินหรือไม่ถ้าเต็มความจุให้ทำการเปิดเส้นทางใหม่ และทำการจัดเส้นทาง
- 5) ทำการจัดเส้นทางจุดรับส่งจนครบทุกจุดรับส่ง

4.4 การจัดเส้นทางด้วยวิธี Sweep Heuristic

Sweep Heuristic เป็นการจัดเส้นทาง โดยการกวาดจุดรับส่งต่าง ๆ ไปเรื่อย ๆ ตามเข็มนาฬิกา โดยใช้จุดโรงเรียน เป็นจุดศูนย์กลางในการกวาด และทำการรวมจุดรับส่งที่ถูกกวาดเข้าในเส้นทาง พร้อมทำการรวมความจุของแต่ละจุดที่ถูกกวาดไม่ให้เกินความจุของยานพาหนะที่ใช้ขนส่ง ถ้าความจุเกินยานพาหนะในการขนส่งให้ทำการสร้างเส้นทางใหม่โดยมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

- 1) สร้างพิกัดของจุดรับส่งต่าง ๆ ที่ได้จาก Google Earth และกำหนดให้โรงเรียน เป็นจุดศูนย์กลางในการกวาด
- 2) เริ่มกวาดที่มุม 0 องศา และทำการกวาดตามเข็มนาฬิกาไปเรื่อย ๆ เมื่อผ่านจุดรับส่งใดให้ทำการรวมจุดรับส่งนั้นเข้าในเส้นทาง พร้อมทั้งพิจารณาความจุไม่ให้เกินความจุของรถรับส่ง ถ้ามีความจุเกินให้ทำการเปิดเส้นทางใหม่
- 3) ทำการกวาดรวบรวมจุดรับส่งจนครบทุกจุด

4.5 การจัดเส้นทางด้วยวิธี Cluster First Route Second

วิธีการแบ่งพื้นที่ออกเป็นกลุ่มก่อนจัดเส้นทางเป็นการหาเส้นทางโดยการแบ่งกลุ่มเส้นทางก่อน จากนั้นทำการจัดเส้นทางภายในกลุ่มที่แบ่งไว้ โดยกำหนดให้ทำการจัดกลุ่มเป็นขั้นตอนที่ 1 และทำการจัดเส้นทางภายในกลุ่มโดยการใช้วิธีคลัสเตอร์อื่น ๆ จัดลำดับเส้นทางภายในกลุ่ม เช่น Nearest Neighbor เป็นต้น โดยจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) สร้างพิกัดของจุดรับส่งต่าง ๆ ที่ได้จาก Google Earth และกำหนดให้โรงเรียนเป็นจุดศูนย์กลางในการกวาด
- 2) เริ่มกวาดที่มุม 0 องศา และทำการกวาดตามเข็มนาฬิกาไปเรื่อย ๆ เมื่อผ่านจุดรับส่งใดให้ทำการรวมจุดรับส่งนั้นเข้าในเส้นทาง พร้อมทั้งพิจารณาความจุไม่ให้เกินความจุของรถรับส่ง ถ้ามีความจุเกินให้ทำการเปิดเส้นทางใหม่
- 3) ทำการกวาดรวบรวมจุดรับส่งจนครบทุกจุด

4) ทำการใช้ Nearest Neighbor Heuristic จัดลำดับของจุดรับส่งภายในกลุ่มที่ทำการกวาดอีกครั้ง

5. ผลการวิจัย

ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ทั้ง 4 วิธี ได้แก่ Nearest neighbor heuristic, Saving heuristic, Sweep heuristic และ Cluster First Route Second โดยแบ่งยานพาหนะออกเป็น 3 ประเภท และการกำหนดความจุให้รถแต่ละประเภท ได้แก่ รถสองแถวเล็ก 12 ที่นั่ง รถสองแถวใหญ่ 35 ที่นั่ง และรถบัสรับส่ง 55 ที่นั่ง มีรายละเอียดดังนี้

5.1 ผลการจัดเส้นทางวิธี Nearest Neighbor Heuristic

ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธี Nearest Neighbor Heuristic พบว่า ในการใช้รถบัสรับส่ง 55 ที่นั่ง จำนวนเส้นทางรับส่งทั้งหมด 9 เส้นทาง ให้ระยะทางรวมที่เหมาะสมที่สุด 745.44 กิโลเมตร ที่นั่งว่างรวมทั้งหมด 149 ที่นั่ง ซึ่งมีจำนวนเส้นทางย่อย ความจุ ระยะทางย่อยในการรับส่ง ที่นั่งว่าง และที่นั่งเกิน แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการจัดเส้นทางโดยใช้วิธี Nearest Neighbor Heuristic

ลำดับรถรับส่ง	เส้นทางรถขนส่ง	จำนวน รับส่ง(คน)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ที่นั่งว่างรวม	ที่นั่งเกินรวม
เส้นทางที่ 1	0-35-41-23-42-6-0	51	15.77	4	0
เส้นทางที่ 2	0-8-22-16-15-43-17-0	46	46.16	9	0
เส้นทางที่ 3	0-26-40-37-28-39-0	24	35.00	31	0
เส้นทางที่ 4	0-25-31-27-30-36-29-32-34-0	53	106.00	2	0
เส้นทางที่ 5	0-24-38-21-20-14-9-18-13-10-0	37	98.51	18	0
เส้นทางที่ 6	0-4-33-19-0	52	78.00	3	0
เส้นทางที่ 7	0-5-11-7-3-0	20	195.00	35	0
เส้นทางที่ 8	0-2-0	22	58.00	33	0
เส้นทางที่ 9	0-1-12-0	41	113.00	14	0
รวม		346	745.44	149	0

5.2 ผลการจัดเส้นทางวิธี Saving heuristic

ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธี Saving heuristic พบว่า ในการใช้รถบัสรับส่ง 55 ที่นั่ง จำนวนเส้นทางรับส่งทั้งหมด 9 เส้นทาง ให้ระยะทางรวมที่เหมาะสมที่สุด 921.77 กิโลเมตร ที่นั่งว่างรวมทั้งหมด 149 ที่นั่ง ซึ่งมีจำนวนเส้นทางย่อย ความจุ ระยะทางย่อยในการรับส่ง ที่นั่งว่าง และที่นั่งเกิน แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการจัดเส้นทางวิธี Saving heuristic

ลำดับรถรับส่ง	เส้นทางรถขนส่ง	จำนวน รับส่ง(คน)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ที่นั่งว่างรวม	ที่นั่งเกินรวม
เส้นทางที่ 1	0-5-11-9-19-13-33-0	26	172.00	29	0
เส้นทางที่ 2	0-1-3-0	44	59.00	11	0
เส้นทางที่ 3	0-2-12-14-16-20-22-10-34-0	47	251.00	8	0
เส้นทางที่ 4	0-17-32-0	46	45.00	9	0
เส้นทางที่ 5	0-8-15-7-18-24-38-37-40-28-39-30-36-21-43-0	54	266.00	1	0
เส้นทางที่ 6	0-27-31-25-29-0	30	53.00	25	0
เส้นทางที่ 7	0-35-41-23-42-0	41	9.77	14	0
เส้นทางที่ 8	0-6-26-0	21	23.00	34	0
เส้นทางที่ 9	0-4-0	37	43.00	18	0
รวม		346	921.77	149	0

5.3 ผลการจัดเส้นทางวิธี Sweep heuristic

ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธี Sweep heuristic พบว่า ในการใช้รถรับส่ง 55 ที่นั่ง จำนวนเส้นทางรับส่งทั้งหมด 8 เส้นทาง ให้ระยะทางรวมที่เหมาะสมที่สุด 828.43 กิโลเมตร ที่นั่งว่างรวมทั้งหมด 94 ที่นั่ง ซึ่งมีจำนวนเส้นทางย่อย ความจุ ระยะทางย่อยในการรับส่ง ที่นั่งว่าง และที่นั่งเกิน แสดงในตารางที่ 5

5.4 ผลการจัดเส้นทางวิธี Cluster First Route Second

ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธี Cluster First Route Second พบว่า ในการใช้รถรับส่ง 55 ที่นั่ง จำนวนเส้นทางรับส่งทั้งหมด 8 เส้นทาง ให้ระยะทางรวมที่เหมาะสมที่สุด 735.35 กิโลเมตร ที่นั่งว่างรวมทั้งหมด 94 ที่นั่ง ซึ่งมีจำนวนเส้นทางย่อย ความจุ ระยะทางย่อยในการรับส่ง ที่นั่งว่าง และที่นั่งเกิน แสดงในตารางที่ 6

5.5 วิเคราะห์ผลจากการจัดเส้นทางของแต่ละวิธี

ทางผู้วิจัยจะทำการเปรียบเทียบผลของคำตอบที่ได้จากการจัดเส้นทางด้วยวิธีทั้ง 4 วิธี และการจัดเส้นทางรูปแบบเดิม พบว่า การจัดเส้นทางด้วยวิธี Cluster First Route Second โดยการใช้รถรับส่งที่ความจุ 55 ที่นั่ง ให้ระยะทางรวมที่เหมาะสมที่สุด 735.35 กิโลเมตร ที่นั่งว่างรวมทั้งหมด 94 ที่นั่ง ในส่วนของการจัดเส้นทางรูปแบบเดิม โดยมีระยะทางรวมทั้งหมด 1,023 กิโลเมตร ที่นั่งว่างรวมทั้งหมด 38 ที่นั่ง และที่นั่งเกินรวมทั้งหมด 70 ที่นั่ง ส่วนวิธี Nearest neighbor heuristic, วิธี Sweep heuristics และวิธี Saving heuristic มีระยะทางรวมเท่ากับ 745.44, 828.43 และ 921.77 กิโลเมตรตามลำดับ แสดงรายละเอียดในตารางที่ 7 และรูปที่ 3

ตารางที่ 5 ผลการจัดเส้นทางโดยใช้วิธี Sweep heuristic

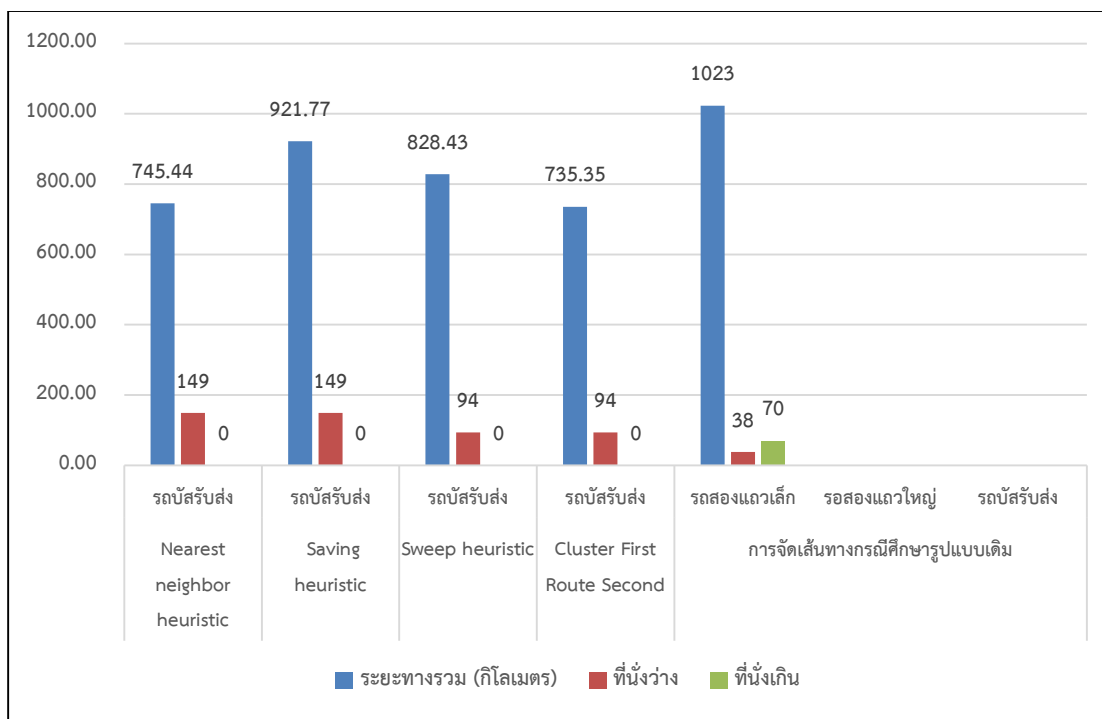
ลำดับรถรับส่ง	เส้นทางรถขนส่ง	จำนวน รับส่ง(คน)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ที่นั่งว่างรวม	ที่นั่งเกินรวม
เส้นทางที่ 1	0-7-11-5-8-22-16-34-33-13-0	48	189.57	7	0
เส้นทางที่ 2	0-32-10-15-0	24	84.00	31	0
เส้นทางที่ 3	0-4-43-14-18-19-9-0	48	116.00	7	0
เส้นทางที่ 4	0-21-17-20-12-38-0	52	166.00	3	0
เส้นทางที่ 5	0-35-41-3-40-37-0	46	56.85	9	0
เส้นทางที่ 6	0-23-26-2-28-39-42-0	46	74.00	9	0
เส้นทางที่ 7	0-1-29-27-31-6-0	55	106.00	0	0
เส้นทางที่ 8	0-25-30-36-0	27	36.00	28	0
รวม		346	828.43	94	0

ตารางที่ 6 ผลการจัดเส้นทางวิธี Cluster First Route Second

ลำดับรถรับส่ง	เส้นทางรถขนส่ง	จำนวน รับส่ง(คน)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ที่นั่งว่างรวม	ที่นั่งเกินรวม
เส้นทางที่ 1	0-8-22-16-13-33-34-5-11-7-0	48	184.57	7	0
เส้นทางที่ 2	0-15-32-10-0	24	49.00	31	0
เส้นทางที่ 3	0-43-4-18-14-9-19-0	48	86.00	7	0
เส้นทางที่ 4	0-17-20-21-38-12-0	52	152.00	3	0
เส้นทางที่ 5	0-35-41-37-40-24-3-0	46	60.85	9	0
เส้นทางที่ 6	0-42-23-26-28-39-2-0	46	56.92	9	0
เส้นทางที่ 7	0-6-31-27-29-1-0	55	110.00	0	0
เส้นทางที่ 8	0-25-30-36-0	27	36.00	28	0
รวม		346	735.35	94	0

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบผลจากการจัดเส้นทางของแต่ละวิธีการ

วิธีการ	ประเภทรถรับส่ง	ความจุรถ รับส่ง	ระยะทางรวม (กม.)	ที่นั่งว่าง รวม	ที่นั่งเกิน รวม
Nearest neighbor heuristic	รถรับส่ง	55	745.44	149	0
Saving heuristic	รถรับส่ง	55	921.77	149	0
Sweep heuristic	รถรับส่ง	55	828.43	94	0
Cluster First Route Second	รถรับส่ง	55	735.35	94	0



รูปที่ 3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลจากการจัดเส้นทางด้วยฮิวริสติกทั้ง 4 วิธี และการจัดเส้นทางรูปแบบเดิม

6. สรุปผลการวิจัย

จากปัญหาการจัดเส้นทางรถรับส่งนักเรียนของโรงเรียนกรณีศึกษาและวัตถุประสงค์ การศึกษาการจัดเส้นทางรถรับส่งนักเรียนกรณีศึกษา พบว่าระบบการขนส่งยังขาดประสิทธิภาพซึ่งจะเห็นได้จากการจัดเส้นทางรูปแบบเดิมมี ระยะทางของรถทุกคันรวมทั้งหมด 1,023 กิโลเมตร ที่ว่างรวมทั้งหมด 38 ที่นั่ง และที่ทิ้งเกินรวมทั้งหมด 70 ที่นั่ง งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบรถรับส่งนักเรียนในด้านของระยะทางรวม และความปลอดภัย เมื่อใช้การจัดเส้นทางด้วยวิธี Cluster First Route Second โดยการใช้รถรับส่งที่ความจุ 55 ที่นั่ง ให้ระยะทางรวมที่เหมาะสมที่สุด 735.35 กิโลเมตร ทำให้ลดระยะทางการรับส่งนักเรียนลงได้ 287.65 กิโลเมตร หรือคิดเป็น 28.11% และลดจำนวนที่เกินคิดเป็น 100% นั่นคือในแต่ละเส้นทางไม่มีจำนวนนักเรียนเกินจำนวนที่นั่งที่กำหนดไว้ ทำให้เกิดความปลอดภัยในการเดินทางและทำให้ผู้ประกอบการเพิ่มความเชื่อมั่นในการเดินทางของบุตรหลานได้อีกทางหนึ่ง นอกจากนั้นยังพบว่า โรงเรียนสามารถเลือกใช้รถรับส่งนักเรียนได้อย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพสูงสุด

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้อำนวยการ บุคลากร นักเรียน และผู้ปกครองนักเรียน โรงเรียนกรณีศึกษา เป็นอย่างยิ่งที่ให้ข้อมูล และคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Chomchalao and R. Pitakaso, "Route Arrangement of Drinking Water Trucks for Customer Service by Heuristic Method: A Case Study Rainbow Drinking Water Factory," *The 28th Conference of Industrial Engineering Network 2010, October*, 2010. (In Thai)
- [2] S. Chaijaroen, "Transportation Route Arrangement of Drinking Water (SUT) The Optimal Solution in Milk Run System," *Suranaree University of Technology Intellectual Repository*, 2012. (In Thai)
- [3] P. Hongsuwan, W. Chantaraksa, and S. Chuapisutkul, "A Study to Increase the Efficiency of Transporting Drinking Water Routes Samut Songkhram Province," *The 31st Conference of Industrial Engineering Network 2013, October*, 2013. (In Thai)
- [4] A. Manee-ngam, K. Sripathasawat, and A. Udomsakdikul, "Solving Bus Routing Problems with Large Bus Operating Time Limits Using Heuristics Method: A Case Study Brick Transport in Bangkok Metropolitan," *Journal of Industrial Technology Ubon Ratchathani Rajabhat University*, vol. 3, no. 5, pp. 73–85, 2013. (In Thai)
- [5] Y. Chinsuwan, "Design of Decision Support System for Continuous Routing of Vehicles with Transfer and Suspension of Goods," *Thesis, Master's Degree Thesis in Science, Bangkok*, 2013. (In Thai)
- [6] J. Banthao, N. Santichuwong, and W. Tanklang, "Solving a Vehicle Routing Problem with Time Window by Heuristics Method: A Case Study of Automotive Part Manufacturer," *Research Journal Rajamangala University of Technology Krungthep*, vol. 10, no. 2, pp. 31–42, 2016. (In Thai)
- [7] P. Kongkaew and T. Wasusri, "Development of Heuristics for Routing of Receiving and Sending Products of Various Types and Weights," *The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, vol. 27, no. 1, pp. 111–123, 2016. (In Thai)
- [8] P. Chanchaiphak, "Problem Solving of Student Shuttle Route Arranging: A Case Study of Prasit Suksa Songkhro School," *Thesis, Master's Degree Thesis in Engineering, Ubon Ratchathani*, 2018. (In Thai)