

การประยุกต์ตัวแบบปัญหาการเดินทางของเซลส์แมน
กรณีศึกษาการจัดเส้นทางรถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย
An Application of the Travelling Salesman Problem
Case Study: Routing for Streetcar Tour of the Chiang Rai
Municipality

เสกสรรค์ วินยาคกุล^{1*} นิเวศน์ จินะบุญเรือง² ประเวศ อนันต์เอื้อ³ นคร ไชยวงศ์ศักดิ์⁴,
พรวิไล กันทะวงศ์⁵, ณัฐพล หมวกเครือ⁶ และธีระพงศ์ จันทาพูน⁷
^{1*,2,3,4,5,6,7} โปรแกรมวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ และการจัดการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย E-mail: seksanwin@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัญหาการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยการประยุกต์ใช้ตัวแบบปัญหาการเดินทางของเซลส์แมน โดยมีรถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย เป็นกรณีศึกษา โดยข้อมูลระยะทางและเส้นทางทั้งหมดมาจาก Google Earth และการออกสำรวจ ซึ่งในขั้นตอนแรกจะเป็นการนำเอาตัวแบบปัญหาวิถีสั้นที่สุด เข้ามาหาระยะทางระหว่างจุดท่องเที่ยวแต่ละแห่ง โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นหาคำตอบ จากนั้นนำเอาตัวแบบปัญหาการเดินทางของเซลส์แมนเข้ามาหาเส้นทางที่สั้นที่สุดสำหรับรถรางนำเที่ยว โดยจะใช้โปรแกรมเชิงเส้น มาหาคำตอบของตัวแบบ และทำการนำเอาการจัดเส้นทางโดยใช้ค่าประมาณเข้ามาหาคำตอบอีก โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบการประหยัด เพื่อเป็นการเปรียบเทียบวิธีการที่เหมาะสม

ผลการศึกษาวิจัย พบว่าวิธีการที่ใช้โปรแกรมเชิงเส้น ได้คำตอบของระยะทางรวมที่ 5,510 เมตร ส่วนการใช้วิธีการเปรียบเทียบการประหยัด ได้คำตอบของระยะทางรวมที่ 5,850 เมตร ซึ่งวิธีการใช้โปรแกรมเชิงเส้น ในการหาคำตอบ สามารถให้คำตอบที่ดีกว่า ซึ่งจะมีระยะทางรวมที่สั้นกว่า 550 เมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 9.075 และเมื่อเปรียบเทียบระยะทางรวมของเส้นทางเดิมที่รถรางใช้วิ่งในปัจจุบันคือ 6,060 เมตร ซึ่งจะได้คำตอบของเส้นทางที่สั้นกว่าเส้นทางเดิมโดยที่ผ่านจุดท่องเที่ยวครบทุกจุดเหมือนเดิม

คำสำคัญ: ปัญหาการเดินทางของเซลส์แมน, รถรางนำเที่ยว, ปัญหาวิถีสั้นที่สุด, โปรแกรมเชิงเส้น และวิธีการประหยัด

Abstract

The research aims to find the shortest route for an electric car tour in Chiangrai through an application of the travelling salesman problem (TSP). Data on the distances and directions were obtained from Google Earth and from surveying. The shortest path problem was initially used to find the distance between tourist locations by means of linear programming. The traveling salesman problem was then used to find the shortest

route for an electric car tour. Linear programming was used to create a model and the routes were mapped and compared with those from the savings algorithm.

The result showed that linear programming produced the shortest distance of 5,510 meters while the savings algorithm arrived at a distance of 5,850 meters. This is a difference of 340 meters, or 5.80%, and so the use of linear programming resulted in a shorter route. The current route of the electric car tour runs to a total of 6,060 meters, so the findings show that a shorter route that runs through all the tourist locations is possible.

Keywords: Travelling Salesman Problem, Streetcar Tour, Shortest Path Problem, Linear Programming and Saving Algorithm

1. บทนำ

ปัจจุบันจังหวัดเชียงรายเป็นจังหวัดที่มีอัตราการเจริญเติบโต ในด้านการท่องเที่ยวเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มักจะเลือกที่จะเดินทางมาพักผ่อนที่จังหวัดเชียงราย โดยเฉพาะเพื่อเที่ยวชมศิลปะ วัฒนธรรม ประเพณีที่ดึงดูดใจของเมืองเชียงราย ที่มีประวัติศาสตร์เก่าแก่ยาวนานกว่า 750 ปี เทศบาลนครเชียงรายได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาเศรษฐกิจ ในด้านการส่งเสริมการท่องเที่ยวในเขตเทศบาลนครเชียงราย ทั้งนี้เนื่องจากเทศบาลนครเชียงรายเป็นศูนย์กลางของเมืองเชียงราย และมีสถานที่ท่องเที่ยวสำคัญๆหลายแห่ง ไม่ว่าจะเป็นโบราณสถาน หรือโบราณวัตถุ วัตถุโบราณต่าง ๆ ที่มีประวัติความเป็นมาในอดีตที่น่าสนใจ และน่าศึกษาค้นคว้า เหมาะสำหรับการท่องเที่ยวในรูปแบบการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ ตลอดจนศิลปวัฒนธรรมและประเพณี ต่าง ๆ ของชาวเชียงรายในอดีต ดังนั้น เทศบาลนครเชียงรายจึงได้จัดทำโครงการส่งเสริมการท่องเที่ยวโดยรถรางของเทศบาลนครเชียงรายขึ้น เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวในเขตเทศบาลนครเชียงราย และให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวแนวใหม่ในจังหวัดเชียงราย โดยใช้รถรางในการท่องเที่ยวตามเส้นทางที่กำหนดไว้ในเขตเทศบาลนครเชียงราย ทั้งในเชิงการศึกษาประวัติศาสตร์ ไปตามแหล่งท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์ที่สำคัญ แหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศและธรรมชาติ โดยได้เปิดตัวโครงการนี้ในวันที่ 1 พฤศจิกายน 2552 ที่ผ่านมา ณ อาคารศูนย์บริการนักท่องเที่ยว หลังอนุสาวรีย์พ่อขุนเม็งรายมหาราช ลักษณะของรถรางจะเป็นแบบรถรางสมัยโบราณ มีจำนวนที่นั่ง 28 ที่นั่ง ใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาด 3,000 ซี.ซี. ในการขับเคลื่อน ซึ่งในเบื้องต้นกำหนดจะจัดซื้อรถรางจำนวน 2 คัน เดินทางเยี่ยมชมแหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ ในเขตเทศบาล และจอดให้บริการไว้ที่อาคารศูนย์บริการนักท่องเที่ยว หลังอนุสาวรีย์พ่อขุนเม็งรายมหาราช เส้นทางเดินรถตามที่กำหนดเส้นทางเดินรถผ่านแหล่งท่องเที่ยว 9 จุด จุดที่ 1 อนุสาวรีย์พ่อขุนเม็งรายมหาราช จุดที่ 2 หอวัฒนธรรมนิทัศน์ จุดที่ 3 วัดพระสิงห์ จุดที่ 4 วัดพระแก้ว จุดที่ 5 วัดจำเมือง จุดที่ 6 วัดพระธาตุดอกจอกทอง จุดที่ 7 วัดมิ่งเมือง จุดที่ 8 หอนาฬิกาเฉลิมพระเกียรติ จุดที่ 9 สวนตุงและโคมเชียงรายเฉลิมพระเกียรติ กำหนดใช้ชื่อการท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์ว่า “นั่งรถรางแอ่วเมือง เล่าขานเก่าตำนานนครเชียงราย” ซึ่งจะใช้เวลาต่อรอบประมาณ 1.30 ชั่วโมง โดยจะเปิดบริการทุกวัน ไม่เว้นวันหยุดวันละ 4 รอบ คือ รอบเช้า เวลา 09.00 น. และ 09.30 น. รอบบ่ายเวลา 13.00 น. และ 13.30 น.

ซึ่งโครงการที่ได้กล่าวมานั้น เป็นโครงการที่สร้างขึ้นใหม่ และเส้นทางที่รถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงรายใช้วิ่งเมื่อเริ่มทำโครงการขึ้นเป็นเส้นทางที่จัดขึ้น เพื่อความเหมาะสมสำหรับการเดินทางพานักท่องเที่ยวไปยังจุดท่องเที่ยวที่กำหนดให้ครบเท่านั้น ซึ่งยังไม่ได้มีการนำเอาหลักเกณฑ์ใด ๆ เข้ามาทำการจัดเส้นทาง และจากการสำรวจสถานที่ท่องเที่ยวทั้งหมด 9 แห่ง พบว่า เส้นทางที่รถรางใช้วิ่งในปัจจุบัน อาจจะยังไม่ใช้เส้นทางที่สั้นที่สุด หรือดีที่สุด เพราะสถานที่ท่องเที่ยวแต่ละแห่งอยู่ห่างกันออกไป และมีหลากหลายเส้นทางที่จะเดินทางไปถึงยังสถานที่ท่องเที่ยวแต่ละแห่งจากปัญหาดังกล่าว จึงต้องมีการนำเอาทฤษฎีและแบบจำลองต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางเดินรถเข้ามาใช้ เพื่อช่วยในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดสำหรับการเดินทางให้ครบทั้ง 9 แห่ง ซึ่งการที่เส้นทางเดินทางของรถรางสั้นลง จะส่งผลให้เวลาในการเดินทางลดลงตามไปด้วย แต่หากมีปัจจัยอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ปัญหาเรื่องรถติด จำนวนสัญญาณไฟจราจร หรือแม้กระทั่งผิวทางจราจร ปัจจัยเหล่านี้จะมีผลทำให้เวลาในการเดินทางอาจไม่ลดลงตาม แต่ในที่นี้จะไม่นำเอาเรื่องของเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง เพราะจากการไปทดลองนั่งรถรางนำเที่ยวทั้ง 9 แห่งแล้ว พบว่าเวลาจะถูกควบคุมให้ช้าหรือเร็วโดยวิทยากรประจำรถและพนักงานขับรถ ซึ่งจะเหลือเพียงการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเท่านั้น ปัญหาการจัดเส้นทางรถรางจึงเป็นปัญหาที่น่าสนใจ จากรูปแบบของปัญหาดังกล่าวแล้ว จะเห็นได้ว่าอยู่ในรูปแบบของปัญหาการเดินทางของเซลล์แมน (TSP) คือการเริ่มต้นเดินทางจากจุดเริ่มต้น ผ่านทุกๆจุดที่กำหนด แล้วกลับมายังจุดเริ่มต้น โดยให้ได้เส้นทางที่สั้นที่สุด ซึ่งในกรณีของรถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย การจะใช้โปรแกรมเชิงเส้น มาหาคำตอบของปัญหานี้ น่าจะมีความเหมาะสมที่สุด และเพื่อให้เกิดการเปรียบเทียบ จึงนำเอาการจัดเส้นทางเดินรถโดยใช้ค่าประมาณ มาทำการหาเส้นทางด้วย โดยในที่นี้จะใช้วิธีเปรียบเทียบการประหยัด มาทำการหาคำตอบของปัญหานี้ อีกเพื่อเป็นการเปรียบเทียบความเหมาะสม

2. วัตถุประสงค์

เพื่อหาระยะทางการท่องเที่ยวของรถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย และใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงเส้นทางของรถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงรายให้มีระยะทางรวมสั้นที่สุด

3. ขอบเขตของการศึกษา

3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา: หาเส้นทางที่จะให้รถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย วิ่งไปยังจุดท่องเที่ยวต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ให้ครบ แล้วกลับมายังจุดเริ่มต้น โดยเส้นทางที่ใช้นั้นมีระยะทางรวมสั้นที่สุด

3.2 ขอบเขตด้านสถานที่: บริเวณเขตเทศบาลนครเชียงราย ครอบคลุมถนนทุกเส้นทางที่สามารถเชื่อมต่อจุดท่องเที่ยวทั้งหมดที่กำหนดไว้ จุดที่ 1 อนุสาวรีย์พ่อขุนเม็งรายมหาราช จุดที่ 2 หอวัฒนธรรมนิทัศน์ จุดที่ 3 วัดพระสิงห์ จุดที่ 4 วัดพระแก้ว จุดที่ 5 วัดจำเมือง จุดที่ 6 วัดพระธาตุคอกยจอมทอง จุดที่ 7 วัดมิ่งเมือง จุดที่ 8 หอนาฬิกาเฉลิมพระเกียรติ จุดที่ 9 สวนตุ๊กและโคเมเชียงรายเฉลิมพระเกียรติ

4. สมมติฐาน

4.1 การศึกษานี้ศึกษาเฉพาะระยะทางการเดินทางของรถรางเท่านั้น ไม่ได้นำเอาเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง เพราะเนื่องจากเวลาในการเดินทาง จะถูกควบคุมให้ช้าหรือเร็วโดยวิทยากรผู้บรรยายและพนักงานขับรถราง ดังนั้นเวลาจึงไม่มีผลต่อการศึกษาวิจัยครั้งนี้

4.2 การศึกษานี้สามารถจัดลำดับการเดินทางของรถรางไปยังจุดไหนก่อนก็ได้ ซึ่งไม่ได้มีผลต่อการบรรยายของวิทยากร จึงสามารถจัดลำดับการเดินทางใหม่ได้

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 อุปกรณ์และวิธีการ

จากการศึกษาเรื่องการจัดเส้นทางเดินรถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย เพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุด จุดประสงค์ของเนื้อหามุ่งเน้นเพื่อหาเส้นทางที่รถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงรายสามารถใช้วิ่งได้ โดยมีระยะทางรวมสั้นที่สุด ซึ่งเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดเส้นทางเดินรถรูปแบบหนึ่ง เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา ผู้วิจัยจึงกำหนดขั้นตอนการดำเนินได้ดังต่อไปนี้

5.2 ข้อมูลที่ศึกษา

- 1) จำนวนจุดท่องเที่ยวที่จะให้รถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงรายเดินทางไปทั้งหมด
- 2) ทางแยกภายในเทศบาลเชียงรายที่เป็นทางผ่านไปยังจุดท่องเที่ยวต่างๆที่กำหนด
- 3) ระยะทางระหว่างโหนดต่าง ๆ
- 4) ข้อบังคับหรือกฎระเบียบของเส้นทางต่าง ๆ เช่น บางเส้นทางจะอนุญาตให้รถเดินทางเดียว ห้ามรถเข้าบางเส้นทาง เป็นต้น
- 5) ข้อมูลเส้นทางเดิมของการเดินทางของรถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย

5.3 เครื่องมือในการศึกษาวิจัย

- 1) การสอบถามและการทดลองนั่งจริงกับรถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงรายที่ทำการวิ่งนำเที่ยวอยู่ในปัจจุบัน
- 2) การรอกสำรวจเส้นทางจริงที่สามารถให้รถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงรายใช้วิ่งไปยังจุดท่องเที่ยวจุดต่าง ๆ ได้
- 3) แผนที่แสดงเส้นทางในเทศบาลนครเชียงราย
- 4) ระบบหาระยะทางจากอินเทอร์เน็ต (Google Earth)
- 5) ตัวแบบปัญหาวิถีสั้นสุด (Shortest Path Problem)
- 6) ตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem)
- 7) โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming)
- 8) วิธีเปรียบเทียบการประหยัด (Saving Algorithm)
- 9) โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel

5.4 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

1) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์รูปแบบของปัญหา แล้วแบ่งลำดับขั้นตอนในการดำเนินงาน คัดแยกข้อมูลที่ไม่มีผลกับงานวิจัยออก พิจารณาเฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวข้องเท่านั้น

2) จากการวิเคราะห์รูปแบบของปัญหา ผู้วิจัยทำการแบ่งลำดับขั้นออกเป็น 2 ขั้นตอน

2.1) การหาเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุดท่องเที่ยวแต่ละแห่ง ซึ่งอยู่ในตัวแบบปัญหาวิธีสั้นสุด หรือการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดสำหรับการเดินทางจากจุดหนึ่ง ไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยจะผ่านหรือไม่ผ่านจุดอื่น ๆ ก็ได้ โดยจะใช้โปรแกรมเชิงเส้น ในการหาคำตอบ เพื่อลดเส้นทางระหว่างจุดท่องเที่ยวแต่ละแห่งลงให้เหลือเส้นทางที่สั้นที่สุดเพียงเส้นทางเดียว และทำการบันทึกเส้นทางลงในตารางเส้นทาง

2.2) การหาเส้นทางที่สั้นที่สุด สำหรับรถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย ซึ่งปัญหาอยู่ในตัวแบบปัญหาการเดินทางของเซลล์แมน หรือการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ของการเดินทางจากจุดเริ่มต้น ผ่านจุดที่กำหนดทุกจุดที่กำหนด แล้วกลับมายังจุดเริ่มต้น ซึ่งจะใช้โปรแกรมเชิงเส้น ในการหาคำตอบ โดยใช้ข้อมูลระยะทางจากตารางที่ได้จากในขั้นตอนของตัวแบบปัญหาวิธีสั้นสุด

3) เพื่อเป็นการเปรียบเทียบ จึงได้นำเอาการจัดเส้นทางเดินรถโดยใช้ค่าประมาณมาหาเส้นทางของรถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงรายด้วย โดยจะใช้วิธีเปรียบเทียบการประหยัดในการหาคำตอบของเส้นทาง

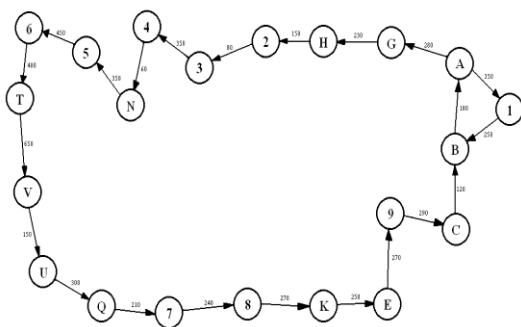
6. ผลการวิจัย

เนื่องจาก ในปัจจุบันเส้นทางที่รถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงรายวิ่งอยู่ เป็นเส้นทางที่จัดขึ้นเพื่อความเหมาะสมเท่านั้น และไม่ได้ใช้หลักเกณฑ์ใด ๆ มาจัดเส้นทาง จึงไม่สามารถจะรู้ได้ว่าเส้นทางที่ใช้วิ่ง เป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดหรือไม่ จึงมีการทำวิจัยนี้เกิดขึ้น ซึ่งผลการวิจัยสามารถอธิบายและสรุปผลได้ดังนี้

จากการสอบถามรายละเอียด เกี่ยวกับการจัดตั้งโครงการรถรางนำเที่ยว ของเทศบาลนครเชียงราย ทำให้ทราบว่าจุดท่องเที่ยวทั้งหมดที่รถรางวิ่งผ่านมีดังนี้

1. อนุสาวรีย์พ่อขุนเม็งรายมหาราช
2. หอวัฒนธรรมนิทัศน์
3. วัดพระสิงห์
4. วัดพระแก้ว
5. วัดจำเมือง
6. วัดพระธาตุดอยจอมทอง
7. วัดมิ่งเมือง
8. หอนาฬิกาเฉลิมพระเกียรติ
9. สวนตุ๊กและโคมเชียงรายเฉลิมพระเกียรติ

เส้นทางการเดินทางของรถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงรายในปัจจุบันสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 1

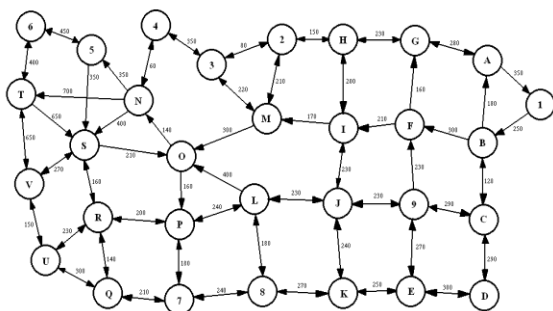


ภาพที่ 1 เส้นทาง ระยะทางเดิม และแผนที่แสดงเส้นทางเดิมที่รกรางของเทศบาลนครเชียงรายใช้วิ่งในปัจจุบัน

ซึ่งสามารถหาระยะทางรวมของเส้นทางเดิมได้จาก

1 , B , A , G , H , 2 , 3 , 4 , N , 5 , 6 , T , V , U , Q , 7 , 8 , K , E , 9 , C , B , A , 1
 ระยะทางรวม = 250 + 180 + 280 + 230 + 150 + 80 + 350 + 60 + 350 + 450 + 400 + 650 + 150 + 300 + 210 + 240 + 270 + 250 + 270 + 290 + 120 + 180 + 350 = 6,060 เมตร
 ระยะทางรวมของเส้นทางเดิมคือ 6,060 เมตร

ลำดับเส้นทางของการเดินทาง คือ 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 5 , 7 , 8 , 9 , 1 จากการศึกษาจากแผนที่และการออกสำรวจเส้นทางจริงแล้ว สามารถสรุปผังของระยะทาง และแผนที่ภายในขอบเขตที่รกรางสามารถวิ่งได้ ได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ผังของระยะทาง และแผนที่ภายในขอบเขตที่รกรางสามารถวิ่งได้

จัดเส้นทางโดยใช้ตัวแบบปัญหาวิถีสั้นสุด

เมื่อพิจารณาแล้ว มีทางเลือกมากมาย ที่จะเดินทางจะจุดท่องเที่ยวหนึ่ง ไปยังอีกจุดท่องเที่ยวหนึ่ง เพื่อที่จะเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุดท่องเที่ยวหนึ่ง ไปยังอีกจุดท่องเที่ยวหนึ่ง ซึ่งปัญหานี้อยู่ในตัวแบบปัญหาวิถีสั้นสุด ผู้วิจัยจึงได้ใช้โปรแกรมเชิงเส้น เข้ามาหาคำตอบ กำหนดให้ระยะทางรวมสั้นที่สุดเส้นทางจากโหนด i ไปยังโหนด j ดังนี้ j

i , j = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O,P,Q,R,S,T,U,V

สมการเป้าหมาย $\text{MIN}_Z = 250X_{1B} + 350X_{A1} + 280X_{AG} + 180X_{BA} + 300X_{BF} + 120X_{BC} + 120X_{CB}$

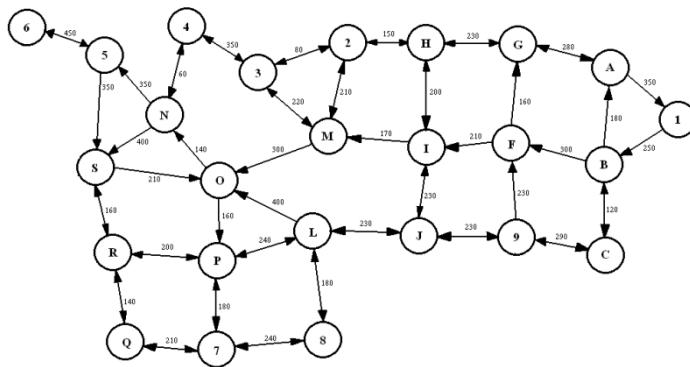
$$\begin{aligned}
&+ 290X_{CD} + 290X_{DC} + 300X_{DE} + 300X_{ED} + 270X_{E9} + 250X_{EK} + 270X_{9E} \\
&+ 230X_{9F} + 230X_{9J} + 160X_{FG} + 210X_{FI} + 280X_{GA} + 230X_{GH} + 230X_{HG} \\
&+ 200X_{HI} + 200X_{IH} + 170X_{IM} + 230X_{IJ} + 230X_{JI} + 230X_{J9} + 240X_{JK} \\
&+ 240X_{KJ} + 250X_{KE} + 270X_{KB} + 270X_{8K} + 180X_{8L} + 240X_{87} + 180X_{L8} \\
&+ 400X_{LO} + 240X_{LP} + 210X_{M2} + 220X_{M3} + 300X_{MO} + 210X_{2M} + 150X_{2I} \\
&+ 80X_{32} + 220X_{3M} + 350X_{34} + 350X_{43} + 60X_{4N} + 60X_{N4} + 350X_{N5} \\
&+ 400X_{NS} + 140X_{ON} + 160X_{OP} + 240X_{PL} + 180X_{P7} + 200X_{PR} + 180X_{7P} \\
&+ 210X_{7Q} + 210X_{Q7} + 140X_{QR} + 300X_{QU} + 140X_{RQ} + 200X_{RP} + 230X_{RU} \\
&+ 160X_{SR} + 210X_{SO} + 270X_{SV} + 350X_{55} + 450X_{56} + 450X_{65} + 400X_{6T} \\
&+ 650X_{TS} + 650X_{TV} + 650X_{VT} + 270X_{VS} + 150X_{VU} + 150X_{UV} + 230X_{UR}
\end{aligned}$$

งานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงได้นำเอาโปรแกรมสำเร็จรูปใน Microsoft Excel มาใช้เพื่อหาคำตอบของสมการข้างต้น ซึ่งโปรแกรมสำเร็จรูปที่กล่าวนั้นคือ โปรแกรม Excel Solver ซึ่งเมื่อหาคำตอบแล้ว สรุปคำตอบของเส้นทางได้ดังตารางที่ 1 และได้ผังเส้นทางใหม่ดังรูปที่ 3

เมื่อพิจารณาเส้นทางแล้ว พบว่ามีเส้นทางที่มีการทับซ้อนกันอยู่ระหว่างจุดท่องเที่ยว ซึ่งจะทำการตัดเส้นทางบางเส้นทางในตารางสรุประยะทางออกได้ จะได้ตารางสรุประยะทางใหม่ และได้ผังเส้นทางใหม่ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ตารางสรุประยะทางระหว่างจุดท่องเที่ยวแต่ละแห่ง

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		1,090	1,150	1,430	1,720	2,170	1,540	1,300	660
2	1,010		80	430	840	1,290	850	990	810
3	1,090	80		350	760	1,210	860	1,070	890
4	1,440	430	350		410	860	970	1,210	1,240
5	2,200	1,190	1,110	760		450	860	1,100	1,410
6	2,650	1,640	1,560	1,210	450		1,310	1,550	1,860
7	1,820	1,230	1,270	920	1,210	1,660		240	880
8	1,580	990	1,030	780	1,070	1,520	240		640
9	940	770	830	1,060	1,350	1,800	880	640	



ภาพที่ 3 ผังเส้นทางและระยะทางใหม่ที่ได้จากขั้นตอนของตัวแบบปัญหาที่สิ้นสุด

ตารางที่ 2 ตารางสรุประยะทางใหม่หลังจากตัดเส้นทางที่ทับซ้อนออก

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		1,090	1,150	-	1,720	-	-	-	660
2	1,010		80	-	-	-	850	990	810
3	1,090	80		350	-	-	860	1,070	890
4	-	-	350		410	-	970	1,210	1,240
5	2,200	-	-	760		450	860	1,100	1,410
6	-	-	-	-	450		-	-	-
7	-	1,230	1,270	920	1,210	-		240	-
8	-	990	1,030	780	1,070	-	240		640
9	940	770	830	1,060	1,350	-	-	640	

แก้ปัญหาการจัดเส้นทางในตัวแบบปัญหาการเดินทางของเซลล์แมน

ทำการใช้ข้อมูลจากตารางระยะทางและผังเส้นทางใหม่ หาเส้นทางที่สั้นที่สุดของการวิ่งผ่านทุกโหนด โดยปัญหานี้อยู่ในตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย จึงใช้โปรแกรมเชิงเส้นเข้ามาหาคำตอบ กำหนดให้ X_{ij} แทนระยะทางแทนเส้นทางจากโหนด i ไปยังโหนด j แทน 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 สมการเป้าหมาย

$$\begin{aligned} \text{MIN_Z} = & 1090X_{12} + 1010X_{21} + 1150X_{13} + 1090X_{31} + 660X_{19} + 940X_{91} + 1720X_{15} + 2200X_{51} \\ & + 990X_{28} + 990X_{82} + 80X_{23} + 80X_{32} + 810X_{29} + 770X_{92} + 850X_{27} + 890X_{39} \\ & + 830X_{93} + 350X_{34} + 350X_{43} + 860X_{37} + 1270X_{73} + 1070X_{38} + 1350X_{95} + 1410X_{59} \\ & + 1060X_{94} + 1240X_{49} + 640X_{98} + 640X_{89} + 760X_{54} + 860X_{57} + 1210X_{75} + 1110X_{58} \\ & + 1070X_{85} + 1210X_{48} + 780X_{84} + 970X_{47} + 240X_{78} + 240X_{87} + 450X_{56} \end{aligned}$$

ข้อจำกัด

1. ผลรวมเส้นทางของทุกโหนด = 0

$$\text{โหนด 1 } X_{21} + X_{31} + X_{91} + X_{51} + X_{12} + X_{13} + X_{19}$$

$$\text{โหนด 2 } X_{12} + X_{32} + X_{92} + X_{72} + X_{82} + X_{21} + X_{23} + X_{29} + X_{27}$$

$$\text{โหนด 3 } X_{13} + X_{23} + X_{83} + X_{73} + X_{43} + X_{93} + X_{31} + X_{32} + X_{38} + X_{37} + X_{34}$$

$$\text{โหนด 4 } X_{34} + X_{54} + X_{74} + X_{84} + X_{94} + X_{43} + X_{45} + X_{47} + X_{48}$$

$$\text{โหนด 5 } X_{15} + X_{95} + X_{85} + X_{75} + X_{45} + X_{51} + X_{59} + X_{58} + X_{57}$$

$$\text{โหนด 6 } X_{56}$$

$$\text{โหนด 7 } X_{87} + X_{27} + X_{37} + X_{57} + X_{47} + X_{78} + X_{72} + X_{73} + X_{75}$$

$$\text{โหนด 8 } X_{28} + X_{38} + X_{98} + X_{58} + X_{48} + X_{78} + X_{82} + X_{83} + X_{89} + X_{85} + X_{84}$$

$$\text{โหนด 9 } X_{19} + X_{39} + X_{29} + X_{89} + X_{49} + X_{59} + X_{91} + X_{93} + X_{92} + X_{98} + X_{94}$$

2. ผลรวมเส้นทางเข้าโหนด = 1

$$\text{โหนด 1 } X_{21} + X_{31} + X_{91}$$

$$\text{โหนด 2 } X_{12} + X_{32} + X_{92} + X_{72}$$

$$\text{โหนด 3 } X_{13} + X_{23} + X_{83} + X_{73} + X_{43}$$

$$\text{โหนด 4 } X_{34} + X_{54} + X_{74} + X_{84}$$

$$\text{โหนด 5 } X_{15} + X_{95} + X_{85} + X_{75}$$

$$\text{โหนด 6}$$

$$\text{โหนด 7 } X_{87} + X_{27} + X_{37} + X_{57}$$

$$\text{โหนด 8 } X_{28} + X_{38} + X_{98} + X_{58} + X_{48}$$

$$\text{โหนด 9 } X_{19} + X_{39} + X_{29} + X_{89} + X_{49}$$

3. ผลรวมเส้นทางออกจากโหนด = 1

$$\text{โหนด 1 } X_{12} + X_{13} + X_{19}$$

$$\text{โหนด 2 } X_{21} + X_{23} + X_{29} + X_{27}$$

$$\text{โหนด 3 } X_{31} + X_{32} + X_{38} + X_{37} + X_{34}$$

$$\text{โหนด 4 } X_{43} + X_{45} + X_{47} + X_{48}$$

$$\text{โหนด 5 } X_{51} + X_{59} + X_{58} + X_{57}$$

$$\text{โหนด 6}$$

$$\text{โหนด 7 } X_{78} + X_{72} + X_{73} + X_{75}$$

$$\text{โหนด 8 } X_{82} + X_{83} + X_{89} + X_{85} + X_{84}$$

$$\text{โหนด 9 } X_{91} + X_{93} + X_{92} + X_{98} + X_{94}$$

เนื่องจากในสมการมีตัวแปรหลายตัว ผู้วิจัยจึงได้นำเอาโปรแกรม Microsoft Excel Solver มาช่วยในการคำนวณหาคำตอบของสมการที่กล่าวมา รอบแรกในการคำนวณของ Microsoft Excel Solver เกิดเส้นทางย่อย หรือ Subtour ขึ้น จึงทำการเพิ่มข้อจำกัดที่ 4 ขึ้นมา นั่นคือ

4. ผลรวมเส้นทางไปกลับของแต่ละเส้นทาง ≤ 1

$$X_{12}, X_{13}, X_{15}, X_{19}, X_{23}, X_{89}, X_{27}, X_{28}, X_{29}, X_{34}, X_{37}, X_{38}, X_{39}, X_{45}, X_{47}, X_{48}, X_{49}, X_{78}, X_{57}, X_{58}, X_{59}$$

โดยข้อจำกัดที่ 4 นี้จะยกเว้นเส้นทางระหว่างโหนด 5 และ 6 เนื่องจากเป็นเส้นทางเดียวที่จะเข้าโหนด 6 และ ออกจากโหนด 6 ได้ ผลรวมจึงต้องมากกว่า 1 คำตอบของการคำนวณในรอบที่สอง ลำดับของเส้นทางที่ได้คือ วังจากอนุสาวรีย์พ่อขุนเม็งรายมหาราชไปหอวัฒนธรรมนิทัศน์ จากหอวัฒนธรรมนิทัศน์ไปวัดพระสิงห์ จากวัดพระสิงห์ไปวัดพระแก้ว จากวัดพระแก้วไปวัดจำเมือง จากวัดจำเมืองไปวัดพระธาตุดอยจอมทอง จากวัดพระธาตุดอยจอมทองกลับมาผ่านวัดจำเมืองแล้วไปวัดมิ่งเมือง จากวัดมิ่งเมืองไปหอนาฬิกาเฉลิมพระเกียรติ จากหอนาฬิกาเฉลิมพระเกียรติไปสวนตุ่งและโคเมียงรายเฉลิมพระเกียรติ และจากสวนตุ่งและโคเมียงรายเฉลิมพระเกียรติ กลับมายังอนุสาวรีย์พ่อขุนเม็งรายมหาราช ซึ่งสามารถหารระยะทางรวมได้ดังนี้

$$1, 2, 3, 4, 5, 6, 5, 7, 8, 9, 1$$

$$1,090 + 80 + 350 + 410 + 450 + 450 + 860 + 240 + 640 + 940 = 5,510$$

ระยะทางรวมของเส้นทางที่ได้จากโปรแกรมเชิงเส้น คือ 5,510 เมตร

จัดเส้นทางโดยใช้ค่าประหยัด

จากการศึกษาวิธีการจัดเส้นทางเดินรถ นอกจากใช้โปรแกรมเชิงเส้นแล้ว ผู้วิจัยได้เลือกการจัดเส้นทางเดินรถโดยใช้ค่าประมาณ มาหาเส้นทางของรถรางด้วย โดยได้นำเอาวิธีเปรียบเทียบการประหยัด เข้ามาหาเส้นทางของรถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงรายอีกวิธีหนึ่ง เพื่อนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของคำตอบ โดยจะใช้ตารางระยะทางที่ได้จากการแก้ปัญหาในตัวอย่างปัญหาวิถีสั้นสุดมาแล้ว สามารถสร้างตารางวิธีเปรียบเทียบการประหยัด ได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางวิธีเปรียบเทียบการประหยัดที่หาได้

	2	3	4	5	6	7	8	9
2		2160	2090	1970	1970	1780	1400	940
3	2020		2230	2110	2110	1830	1380	920
4	2020	2180		2740	2740	2000	1520	850
5	2020	2180	2880		3440	2400	1920	970
6	2020	2180	2880	4400		2400	1920	970
7	1600	1640	2340	2810	2810		2600	1320
8	1600	1640	2240	2710	2710	3160		1320
9	1180	1200	1320	1790	1790	1880	1880	

เส้นทางที่ได้จากวิธีเปรียบเทียบการประหยัด คือ 1, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 หาระยะทางรวมของเส้นทางได้จาก $660 + 640 + 240 + 1,660 + 450 + 760 + 350 + 80 + 1,010 = 5,850$ เมตร ระยะทางรวมของเส้นทางที่ได้จากวิธีเปรียบเทียบการประหยัด คือ 5,850 เมตร

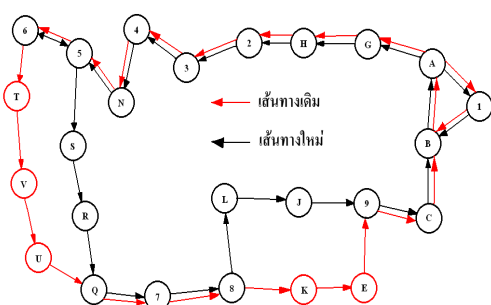
จะเห็นได้ว่า การใช้โปรแกรมเชิงเส้น ทำให้ได้ระยะทางรวมของการเดินทางที่สั้นกว่าการใช้วิธีเปรียบเทียบการประหยัดในการหาเส้นทาง ดูได้จากตารางที่ 4 ซึ่งการเดินทางจะเริ่มจากอนุสาวรีย์พ่อขุนเม็งรายมหาราชไปหอวัฒนธรรมนิทัศน์ จากหอวัฒนธรรมนิทัศน์ไปวัดพระสิงห์

จากวัดพระสิงห์ไปวัดพระแก้ว จากวัดพระแก้วไปวัดงำเมือง จากวัดงำเมืองไปวัดพระธาตุตอดยจอมทอง จากวัดพระธาตุตอดยจอมทองกลับมาผ่านวัดงำเมืองแล้วไปวัดมิ่งเมือง จากวัดมิ่งเมืองไปหอนาฬิกาเฉลิมพระเกียรติ จากหอนาฬิกาเฉลิมพระเกียรติไปสวนตุ้งและโคมเซียงรายเฉลิมพระเกียรติ และจากสวนตุ้งและโคมเซียงรายเฉลิมพระเกียรติ กลับมายังอนุสาวรีย์พ่อขุนเม็งรายมหาราช ระยะทางรวมจะเท่ากับ 5,510 เมตร แต่การใช้วิธีเปรียบเทียบการประหยัดจะเริ่มการเดินทางจากอนุสาวรีย์พ่อขุนเม็งรายมหาราชไปสวนตุ้งและโคมเซียงรายเฉลิมพระเกียรติ จากสวนตุ้งและโคมเซียงรายเฉลิมพระเกียรติไปหอนาฬิกาเฉลิมพระเกียรติ จากหอนาฬิกาเฉลิมพระเกียรติไปวัดมิ่งเมือง จากวัดมิ่งเมืองไปวัดพระธาตุตอดยจอมทอง จากวัดพระธาตุตอดยจอมทองไปวัดงำเมือง จากวัดงำเมืองไปวัดพระแก้ว จากวัดพระแก้วไปวัดพระสิงห์จากวัดพระสิงห์ไปหอวัฒนธรรมนิทัศน์ และจากหอวัฒนธรรมนิทัศน์กลับไปยังอนุสาวรีย์พ่อขุนเม็งรายมหาราช รวมระยะทางจะเท่ากับ 5,850 เมตร ซึ่งจะมีระยะทางสั้นกว่า 340 เมตร

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางที่ทางเทศบาลนครเชียงรายได้จัดขึ้น เพื่อให้รถรางนำเที่ยววิ่งกับเส้นทางที่ได้ทำการวิจัย โดยนำโปรแกรมเชิงเส้นเข้ามาหาคำตอบ จะเห็นได้ว่าเส้นทางที่ได้จากการวิจัย มีระยะทางรวมที่สั้นกว่าเส้นทางเดิม แสดงได้ดังตารางที่ 4 ดังนั้น การนำเอาโปรแกรมเชิงเส้นเข้ามาช่วยในการหาเส้นทางของรถรางนำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย สามารถทำให้ระยะทางรวมของเส้นทางลดลง จากระยะทางรวมเดิมคือ 6,060 เมตร ลดระยะทางลงเหลือ 5,510 เมตร ซึ่งลดลงไป 550 เมตรเส้นทางที่ได้จากการทำวิจัย จึงเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดดังแสดงในภาพที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบระหว่างโปรแกรมเชิงเส้น กับวิธีเปรียบเทียบการประหยัด

	ระยะทางรวม (เมตร)	ผลต่าง (เมตร)	ที่ลดลง (%)
เส้นทางเดิม	6,060	-	-
โปรแกรมเชิงเส้น	5,510	550	9.075
เปรียบเทียบการประหยัด	5,850	210	3.465



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบผังเส้นทางเดิมและผังเส้นทางใหม่

7. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์หลักเพื่อหาระยะทางการท่องเที่ยวเพื่อใช้สำหรับรณรงก์นำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงรายใช้วิ่ง เพื่อนำนักท่องเที่ยวไปยังจุดท่องเที่ยวที่กำหนดให้ครบทุกจุด ซึ่งจุดท่องเที่ยวที่ต้องไปมีอยู่ทั้งหมด 9 จุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเน้นเฉพาะการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรณรงก์นำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย เพื่อให้ได้เส้นทางที่สั้นที่สุด

โดยได้เริ่มทำการวิจัยจากการศึกษา และวิเคราะห์รูปแบบของปัญหา ซึ่งพบว่าปัญหาของการจัดเส้นทางรณรงก์นำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย อยู่ในรูปแบบของปัญหาการเดินทางของเซลล์แมน เรียกสั้น ๆ ว่า TSP ซึ่งเป็นการเดินทางที่ต้องไปให้ครบทุกจุดที่กำหนด แล้วกลับมายังจุดที่เริ่มต้นเดินทาง โดยเส้นทางที่เดินทางนั้นเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด เมื่อทำการวิเคราะห์ได้รูปแบบของปัญหาแล้ว จากนั้นออกสำรวจ เก็บข้อมูลของเส้นทางและระยะทาง ทั้งจากแผนที่ทางอินเทอร์เน็ต และจากเส้นทางจริง พบว่าจุดท่องเที่ยวแต่ละแห่งมีหลายเส้นทางที่จะเชื่อมต่อถึงกัน ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นนี้อยู่ในรูปแบบของปัญหาการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดสำหรับการเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง หรือตัวแบบปัญหาวิถีสั้นสุด จึงได้มีการกำหนดขั้นตอนการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดสำหรับรณรงก์นำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย ออกเป็น 2 วิธีการ

วิธีการที่ 1 เป็นการแก้ปัญหาในตัวแบบปัญหาวิถีสั้นสุด โดยจะใช้วิธีการโปรแกรมเชิงเส้นเพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุดท่องเที่ยวแต่ละแห่ง คำตอบของการหาเส้นทางที่ได้จากโปรแกรมเชิงเส้น คือ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 5, 7, 8, 9, 1 โดยมีระยะทางรวมเท่ากับ 5,510 เมตร

วิธีการที่ 2 การใช้วิธีเปรียบเทียบการประหยัด เมื่อหาคำตอบแล้วเส้นทางที่ได้จากวิธีเปรียบเทียบการประหยัด คือ 1, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 โดยมีระยะทางรวมเท่ากับ 5,850 เมตร

เมื่อนำคำตอบของทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบกันดูแล้ว พบว่า คำตอบที่ได้จากโปรแกรมเชิงเส้น มีระยะทางรวมสั้นกว่าคำตอบที่ได้จากวิธีเปรียบเทียบการประหยัดอยู่ 340 เมตร ดังนั้นโปรแกรมเชิงเส้น สามารถใช้หาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้ดีกว่า และเมื่อเปรียบเทียบระยะทางรวมระหว่างเส้นทางเดิมที่ทางเทศบาลนครเชียงรายกำหนดขึ้น กับเส้นทางที่ได้จากการทำวิจัย พบว่าเส้นทางที่ทางเทศบาลนครเชียงรายกำหนดมีระยะทางรวมคือ 6,060 เมตร แต่เส้นทางที่ได้จากการทำวิจัยมีระยะทางรวมของเส้นทางคือ 5,510 เมตร ระยะทางรวมลดลง 550 เมตร ดังนั้นการทำวิจัยนี้จึงทำให้ได้ทางเลือกของเส้นทางที่สั้นกว่า

8. อภิปรายผลการวิจัย

คำตอบของการวิจัยออกมาพบว่า เส้นทางที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ สามารถลดระยะทางรวมลงได้ 550 เมตร จากระยะทางรวมเดิมที่รณรงก์นำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงรายใช้วิ่งอยู่ ดังนั้นเส้นทางที่ได้จึงเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด แต่ถ้าสังเกตดูแล้ว จะเห็นว่าลำดับของการเดินทางยังคงเป็นลำดับเดิมที่ทางเทศบาลนครเชียงรายกำหนดขึ้น คือ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 5, 7, 8, 9, 1 ดังนั้นการจัดลำดับของการเดินทางที่ทางเทศบาลนครเชียงรายได้จัดขึ้น จึงเป็นลำดับของการเดินทางที่ดีที่สุดแล้ว เพียงแต่การเลือกเส้นทางที่จะเดินทางจากจุดท่องเที่ยวหนึ่ง ไปยังอีกจุดท่องเที่ยวหนึ่ง ยังไม่เป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด การนำเอาโปรแกรมเชิงเส้น เข้ามาช่วยหาคำตอบ ในการหาเส้นทางระหว่างจุดท่องเที่ยว จึงทำให้ได้เส้นทางที่สั้นที่สุดสำหรับการเดินทางระหว่างจุดท่องเที่ยวออกมา เป็นผลให้เกิด

เส้นทางใหม่ ถึงแม้ลำดับการเดินทางจะยังคงเป็นลำดับเดิมก็ตาม ส่วนวิธีเปรียบเทียบการประหยัดเป็นการจัดเส้นทางโดยใช้ค่าประมาณเท่านั้น ดังนั้นคำตอบที่ได้จากวิธีเปรียบเทียบการประหยัดจึงเป็นคำตอบที่ดีพอใช้ แต่ยังไม่ดีที่สุด จากผลการวิจัยที่ได้กล่าวมา ค่าตอบของโปรแกรมเชิงเส้นสามารถหาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้ ทำให้ได้เส้นทางที่สั้นที่สุดสำหรับบรรณานำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย

9. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้งาน

จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่า การจัดเส้นทางสำหรับบรรณานำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงรายสามารถลดระยะทางรวมลงได้จริง และเป็นการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดสำหรับบรรณานำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงราย ที่จะพานักท่องเที่ยวไปยังจุดท่องเที่ยวทั้ง 9 จุดสำคัญ คือเส้นทาง 1, 2, 3, 4, 5, 6, 5, 7, 8, 9, 1 ดังนั้นหากนำไปใช้จริงก็จะสามารถลดระยะทาง และเวลาในการชมลงได้ แต่ก็ต้องนำเอาปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ซึ่งอยู่ภายนอกขอบเขตของวิจัยนี้มาพิจารณาด้วย เช่น สภาพการจราจร ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยว จำนวนของจุดท่องเที่ยวที่จะเพิ่มขึ้น เป็นต้น

การทำวิจัยนี้เป็นเพียงแนวทางในการจัดเส้นทางเดินรถ ในกรณีของบรรณานำเที่ยวของเทศบาลนครเชียงรายเท่านั้น หากเมื่อมีการเพิ่มจุดท่องเที่ยวให้มากขึ้น หรือมีโครงการใหม่ที่จะจัดทำขึ้นโดยมีลักษณะของปัญหาในรูปแบบนี้ เนื้อหาภายในวิจัยก็อาจจะใช้เป็นแนวทางในการจัดเส้นทางได้ รวมไปถึงบริษัทนำเที่ยว หรือบริษัททางธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางเดินรถ แนวทางในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางของวิจัยนี้ก็อาจจะนำไปประยุกต์ใช้ได้เช่นเดียวกัน

10. เอกสารอ้างอิง

ชวลิตร์ พันธุ์ชมพู. (2550). การขนส่งผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง, วิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรม

อุตสาหกรรมและการจัดการ : มหาวิทยาลัยศิลปากร.

บุริม นิลแป้น. (2550). การวางแผนการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลอย่างมีประสิทธิภาพ:

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสุรนารี.

พรชัย ศรีวิชัย และพงษ์พัฒน์ ไผ่จิตร. (2553). การจัดเส้นทางรถขยะในเขตเทศบาลตำบลบ้านดู่

พากะวันออก : สำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.

สมชาย ปฐมศิริ. (2551). การจัดการการขนส่ง: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

อดิธร ศรีประเสริฐ. (2553). การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม

โดยวิธีมูลค่าประหยัด : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.