

การวิเคราะห์ปัจจัยและการจัดเส้นทางสำหรับการเดินรถสาธารณะในจังหวัดอุบลราชธานี Analysis of Criteria and Public Transportation Routing in Ubonratchathani Province

ชาญณรงค์ ภูชงควาริน¹, กสิณ รังสิกรรพุม^{2*}
Channarong Puchongkwarin¹, Kasin Ransikarbum^{2*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

¹Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Ubonratchathani University

²Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Ubonratchathani University

*Corresponding author e-mail: kasinphd@gmail.com

(Received: 2 March 2019, Revised: 15 January 2020, Accepted: 4 February 2020)

บทคัดย่อ

จังหวัดอุบลราชธานีมีการใช้รถสองแถวในการขนส่งสาธารณะ และมีแนวความคิดในการใช้รถโดยสารประจำทางไฟฟ้ามาเป็นทางเลือกในการขนส่งสาธารณะของจังหวัดด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการให้บริการของระบบขนส่งสาธารณะซึ่งมีหลากหลายรูปแบบ โดยทำการศึกษามุมประเด็นหลัก ๆ สำหรับกรณีศึกษาของจังหวัดอุบลราชธานี คือ 1) ศึกษาความพึงพอใจของการใช้รถโดยสารสาธารณะจากผู้โดยสารในปัจจุบันโดยใช้แบบสอบถามโดยวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างผู้โดยสารในจังหวัดอุบลราชธานีจำนวน 230 ตัวอย่าง จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลด้วยเทคนิควิธีการวิจัยแบบผสม โดยพบว่ากลุ่มตัวอย่างผู้โดยสารต้องการให้พัฒนามากที่สุดคือเรื่องเวลาเดินทางที่แน่นอนสำหรับรถโดยสารสาธารณะปัจจุบัน (28.10%) 2) ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อโลจิสติกส์ด้านการขนส่งรถโดยสารสาธารณะ และทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับรถโดยสารสาธารณะแต่ละแบบโดยใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์สำหรับกลุ่มตัวอย่างเฉพาะ โดยพบว่าทางเลือกรถโดยสารประจำทางไฟฟ้าเป็นหนึ่งในทางเลือกที่เป็นไปได้ด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก 0.23 และ 3) ศึกษาการจัดเส้นทางเดินรถโดยสารสาธารณะโดยใช้เทคนิคการหาค่าตอบที่ดีที่สุด ภายใต้เวลาที่จำกัดเมื่อจุดเริ่มต้นกับจุดสิ้นสุดไม่ใช่จุดเดียวกัน โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการเดินทางของคนขาย ผลการศึกษาพบว่าเทคนิคนี้สามารถจัดเส้นทางสำหรับรถประจำทางไฟฟ้าของจังหวัดอุบลราชธานีเพื่อเป็นแนวทางเชิงนโยบายให้กับผู้เกี่ยวข้องต่อไป โดยระบบที่พัฒนาขึ้นจากเครื่องมือต่าง ๆ ข้างต้น สามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจและในการวิเคราะห์การจัดเส้นทางเดินรถสาธารณะสำหรับเส้นทางอื่นๆ ในจังหวัดอุบลราชธานีเอง และสำหรับจังหวัดอื่นๆ เช่นกัน

คำสำคัญ: ระบบช่วยตัดสินใจ วิธีการวิจัยแบบผสม กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ปัญหาการเดินทางของคนขาย การจัดเส้นทางเดินรถ

Abstract

Ubonratchathani province is currently using a minibus as one of the services and plans to adopt an electric bus for the future public transportation. Thus, this research aims to analyze the public transportation in Ubonratchathani province as a case study by focusing on three key aspects 1) An analysis of satisfaction levels for commuters using the current public transportation and related transportation decisions using questionnaires. The sample data were collected from 230 passengers and analyzed using mixed methods research. The main concern from a logistical aspect accounting for 28.10% is related to the certain arrival and departure time schedule of the minibus. 2) An analysis of logistical factors and alternatives using Analytic Hierarchy Process (AHP) approach for the selected focus group. We found that the electric bus is the best alternative that could be further used with weighted score of 0.23. 3) An analysis of the optimal public transportation routes using mathematical optimization. We used the surveyed data related to preferred locations for the transit to analyze the shortest path/ route using the so-called Traveling Salesman Problem (TSP) under limited travel time, in which the starting and ending points

were not necessarily the same. We then suggest future routes for possible future routes for an electric bus in Ubonratchathani province. The developed system based on the above tools can be used to aid decision makings and analyze other public transportation routings not only for Ubonratchathani province, but also for other provinces as well.

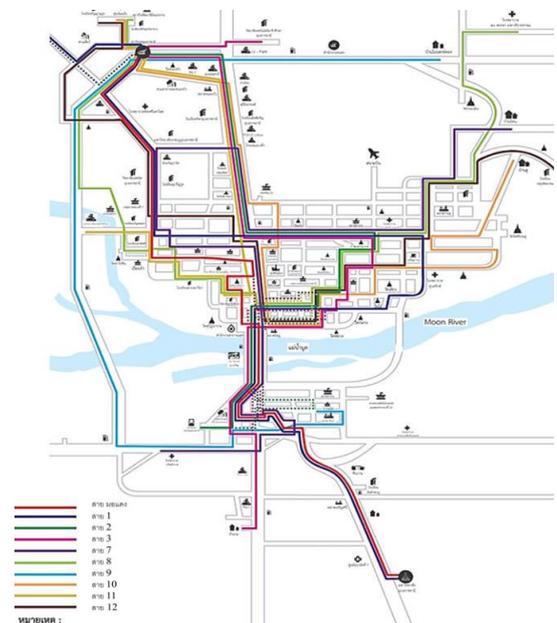
Keywords: Decision support system, Mixed methods research, Analytic hierarchy process, Travelling salesman problem, Transportation routing

1. บทนำและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การให้บริการของระบบรถโดยสารสาธารณะในปัจจุบันมีหลากหลายรูปแบบ โดยการเลือกระบบรถโดยสารสาธารณะให้เหมาะกับแต่ละชุมชนยังมีส่วนส่งเสริมการใช้รถสาธารณะให้มากขึ้นด้วย ทั้งนี้การจัดการรถโดยสารสาธารณะเป็นการจัดการการขนส่งรูปแบบหนึ่งในระบบการจัดการโลจิสติกส์ที่มีความหลากหลายทั้งเรื่องของประเภทรูปแบบพาหนะที่ใช้รูปแบบการให้บริการ (Office of Transport and Traffic Policy and Planning, 2016; Piriyawat, 2014; Department of Land Transport, 2011; Department of Land Transport Planning Division, 2018; Douglas et al., 2004) โดยจังหวัดอุบลราชธานีเองถือเป็นเมืองที่มีความเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในหลายๆ ด้าน รวมถึงเป็นศูนย์กลางทางระบบโลจิสติกส์ (OSM, 2020; Energy Time Online, 2018) โดยทางจังหวัดอุบลราชธานีมีแผนในการพัฒนาจังหวัดภายใต้โครงการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ (Smart City) ซึ่งเป็นโครงการนำร่องที่กำลังใช้ในจังหวัดขอนแก่นและในหลายๆ จังหวัด เพื่อมาช่วยจัดการแก้ปัญหาทางด้านการขนส่งอย่างมีประสิทธิภาพและคล่องตัว สืบเนื่องมาจากการสนับสนุนของกระทรวงพลังงานซึ่งมีนโยบายที่จะส่งเสริมให้การพัฒนาเมืองอัจฉริยะ 4 ด้านนั้นคือด้านพลังงานและสาธารณูปโภคพื้นฐานด้วยระบบไฟฟ้า; ด้านผังเมืองและการขนส่งให้สามารถให้บริการระบบขนส่งมวลชนภายในเมืองของตนเองด้วยพลังงานสะอาด; ด้านชุมชนเมืองสิ่งแวดล้อม และการท่องเที่ยว; และด้านการบริหารจัดการเมืองโดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลมาช่วย (TSC Media, 2018; Ponlakhthong, 2012; Apipratyasakul, 2004; Athikhomratanakul, 2008; Thansettakij, 2019; Guideubon, 2018) โดยเมื่อศึกษาบริเวณที่ตั้งของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีและบริเวณเขตตัวเมืองโดยรอบพบว่าในปัจจุบันมีการใช้ระบบรถโดยสารสาธารณะโดยหนึ่งในนั้นคือรถสองแถวเอกชนในส่วนเชื่อมต่อบริเวณอุบลราชธานี-วารินชำราบ เพื่อรองรับความต้องการของผู้โดยสาร ดังแสดงในรูปที่ 1

สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle) รวมถึงรถโดยสารประจำทางไฟฟ้า (Electric Bus) เอง มีข้อดี เช่นเรื่อง

ของการลดมลภาวะทั้งทางอากาศและทางเสียง ช่วยในการแก้ปัญหาจราจรและปัญหาราคาน้ำมันที่สูงขึ้น รวมถึงมีความสะดวกและมีประสิทธิภาพในการเป็นทางเลือกในการใช้เส้นทางพาหนะเชื่อมต่อกับจุดขนส่งใหญ่ๆ ต่อไป ซึ่งมีการรายงานการใช้งานในหลายๆ ประเทศ โดยพื้นที่กลุ่มตลาดหลักของรถไฟฟ้าที่มากที่สุดคือ จีน อเมริกา นอร์เวย์ อังกฤษ ฝรั่งเศส และญี่ปุ่น ตามลำดับ (Global EV Outlook, 2017) สำหรับประเทศไทยเอง แม้จะได้เริ่มมีการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าบ้าง แต่ยังคงจำกัดเฉพาะในระดับองค์กร หรือเป็นแนวทางการวิจัยเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ซึ่งมีหน่วยงานต่างๆ ให้ความสนใจ เช่นการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) (Ministry of Energy, 2015; Peeratanon & Nuthavorn, 2015; Wang, 1986)



รูปที่ 1 แสดงเส้นทางการเดินรถสองแถวในเขตตัวเมืองอุบลราชธานี-วารินชำราบ (ปรับใช้จาก VeryUBON, 2018)

ทั้งนี้ยังมีงานวิจัยต่างๆ ที่ศึกษาโดยใช้เครื่องมือทางด้านการพัฒนาช่วยในการตัดสินใจ (Decision Support System

- DSS) การใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process - AHP) ปัญหาการเดินทางของคนขาย (Travelling Salesman Problem - TSP) และการจัดเส้นทางการเดินทาง ซึ่งได้มีการใช้ในงานวิจัยนี้ยกตัวอย่างเช่น Cioca and Filip (2015) ได้แนะนำว่าการประยุกต์ใช้ระบบ DSS เป็นการใช้ระบบข้อมูลเพื่อสนับสนุนกิจกรรมต่างๆ ทางด้านธุรกิจ และการตัดสินใจในระดับองค์กร โดยระบบ DSS บางส่วนอาจอยู่ในรูปแบบของการใช้การพัฒนาเว็บไซต์ประกอบ Aqel (2019)

ในส่วนของการวิจัยที่ใช้ AHP มีหลากหลายการใช้งาน (Ransikarbum, 2017) เช่นการวิเคราะห์ปัญหาทางด้านการผลิตแบบเทคนิค 3D printing (Ransikarbum & Kim, 2017) การวิเคราะห์โลจิสติกส์เพื่อการท่องเที่ยว (Ransikarbum, 2018) และการวิเคราะห์การกำจัดขยะติดเชื้อ (Suksi et al., 2018) เป็นต้น นอกจากนี้ Ransikarbum and Mason (2016a; 2016b) ทำการศึกษาปัญหาการจัดการเส้นทาง (Routing) โดยประยุกต์ปัญหาในช่วงการเกิดภัยพิบัติ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ทำการศึกษเกี่ยวกับปัญหาการจัดการเส้นทางการเดินทางสาธารณะ โดยวิเคราะห์ร่วมกับเครื่องมือทำการตัดสินใจแบบหลายปัจจัย ยังมีอยู่จำกัด ซึ่งควรมีการบูรณาการเครื่องมือต่างๆ เข้าด้วยกันในการวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบ (Vaidya & Kumar, 2006; Ho, 2008) โดยทำการวิเคราะห์ปัจจัยและรูปแบบการจัดเส้นทางสำหรับการเดินทางสาธารณะอย่างเป็นระบบ เพื่อเป็นแนวทางในการต่อยอดการพัฒนาช่วยในการตัดสินใจ สำหรับผู้วิเคราะห์นโยบายในการเปิดเส้นทางใหม่สำหรับการเดินทางสาธารณะ โดยคำนึงถึงความต้องการด้านเวลาและเส้นทางของผู้ใช้บริการจริง

1. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการใช้บริการการเดินทางสาธารณะและทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับรถโดยสารสาธารณะแต่ละแบบโดยใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP)
2. เพื่อวิเคราะห์โลจิสติกส์ในส่วนของปัญหาการจัดการเส้นทางโดยสารสาธารณะโดยใช้เทคนิคการหาค่าตอบที่ดีที่สุด ภายใต้เวลาที่จำกัดเมื่อจุดเริ่มต้นกับจุดสิ้นสุดไม่ใช่จุดเดียวกัน จากแบบจำลองปัญหาการเดินทางของคนขาย (TSP)

2. วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ปัจจัยและรูปแบบการจัดเส้นทางสำหรับการเดินทางสาธารณะอย่างเป็นระบบ โดยใช้เครื่องมือหลักในการวิเคราะห์ปัญหาการจัดการเส้นทางโดยสารสาธารณะในจังหวัดอุบลราชธานีโดยเริ่มจากการศึกษาความพึงพอใจของการใช้รถโดยสารสาธารณะจากผู้โดยสารในปัจจุบัน

โดยพัฒนาแบบสอบถามและการวิเคราะห์ผลด้วยเทคนิควิธีการวิจัยแบบผสม จากนั้นทำการวิเคราะห์ปัจจัยด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) และนำผลที่ได้มาสร้างเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการเดินทางของคนขาย เพื่อแนะนำเส้นทางการเดินทางที่เหมาะสม ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์การวิจัยแบบผสม (Mixed Methods Research)

งานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิจัยแบบผสม (Mixed Methods Research) ซึ่งเป็นการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งแบบเชิงปริมาณ (Quantitative) และเชิงคุณภาพ (Qualitative) ทั้งนี้วิธีการวิจัยแบบผสมใช้หลักการการผสมผสานการวิเคราะห์ของข้อมูล โดยอาจผสมผสานในช่วงที่มีการเก็บข้อมูล (Data Collection) และ/หรือ ช่วงที่มีการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) โดยตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) เช่นการวิเคราะห์สถิติเชิงบรรยาย การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ และการวิเคราะห์สมการถดถอย เป็นต้น ในขณะที่ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Analysis) เช่นการสัมภาษณ์ การวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างเฉพาะ (Focus Group) และการใช้คำถามปลายเปิด เป็นต้น โดยในงานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ผลสถิติเชิงบรรยาย และการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างเฉพาะร่วมกับการวิเคราะห์คำถามปลายเปิด ทั้งนี้รูปแบบในการทำการวิจัยแบบผสมแบ่งได้เป็นสองประเภทหลัก คือ 1) แบบสังเคราะห์ข้อมูลเป็นลำดับ (Sequential Diagram) เช่นการทำการวิเคราะห์แบบที่เก็บและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณแล้วนำข้อมูลที่ได้นำมาสังเคราะห์เพื่อเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพต่อกัน (Quan -> Qual) หรือแบบตรงกันข้ามที่ทำเชิงคุณภาพก่อนแล้วค่อยวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Qual -> Quan) และ 2) แบบสังเคราะห์ข้อมูลพร้อมกัน (Concurrent Diagram) ในลักษณะที่เก็บและวิเคราะห์ข้อมูลแบบเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณพร้อมกัน (Quan + Qual) ดังในงานวิจัยนี้ (Terrell, 2012; Gay et al., 2012)

ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้ได้ใช้แบบสอบถามสำหรับเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างผู้โดยสารรถสองแถวสาธารณะ โดยคำนวณกลุ่มตัวอย่างของผู้บริโภคตามสูตรการคำนวณขนาดตัวอย่างของ Ahmad and Halim (2017) ได้เท่ากับอย่างน้อย 196 ตัวอย่าง ดังแสดงในสมการที่ (1) และในการเก็บข้อมูลจริงได้ทำการเก็บทั้งสิ้น 230 ตัวอย่าง ซึ่งมากกว่าที่วางแผนไว้ โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างผู้ให้บริการจริงในเวลาที่หลากหลายจากเส้นทางตัวอย่างสองเส้นทางที่เชื่อมกับมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี นั่นคือ สายมอแดง และสาย 1 จากทั้งหมด 10 เส้นทาง โดยเส้นทางสองเส้นทางนี้มีการใช้บริการที่แออัดจากทั้งนักศึกษา คนทำงาน และผู้บริการอื่นๆ โดยแบบสอบถามเป็นคำถาม

ปลายปิด (Closed-ended Form) 11 ข้อ (ข้อ 1-11) และคำถามปลายเปิด 3 ข้อ (รวมทั้งหมด 14 คำถาม) ซึ่งแบบสอบถามปลายปิดมีสามส่วนหลักคือส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสถานภาพ (ข้อ 1-5) ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านพฤติกรรมการใช้รถโดยสารสองแถว (ข้อ 6-10) และส่วนที่ 3 ข้อมูลที่เป็นการวัดระดับความพึงพอใจของผู้โดยสารต่อปัจจัยต่างๆในการใช้บริการรถโดยสารสองแถว รวม 11 หัวข้อย่อย โดยคำถามเป็นแบบมาตรวัดของลิเคิร์ต (Linkert Scale) โดยมี 5 ระดับ คือมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด (ข้อ 11) นอกจากนี้สำหรับ แบบสอบถามแบบปลายเปิด (Open-ended Form) มีลักษณะที่การแสดงความคิดเห็นทำได้อย่างอิสระซึ่งประกอบด้วยคำถามจำนวน 3 ข้อ (ข้อ 12 - 14) โดยในแบบสอบถามเป็นคำถามปลายเปิดเกี่ยวกับปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับปัจจัยการใช้บริการรถโดยสารสองแถวในปัจจุบัน สถานที่ที่ต้องการให้ครอบคลุม รวมถึงข้อเสนอแนะอื่นๆ โดยผู้ทำวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของแบบสอบถามจากการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ และทำการหาค่าความเชื่อมั่นแบบครอนบาช (Cronbach's Alpha) (Eisinga et al., 2013) ดังแสดงในสมการที่ (2) ซึ่งพบว่าอยู่ที่ค่า 0.88 แสดงว่าแบบสอบถามที่พัฒนาขึ้นมีความน่าเชื่อถือ (Validity and Reliability) สูงมาก

$$N = \frac{P(1-P)Z^2}{d^2} \quad (1)$$

โดยที่ N คือจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ; P คือสัดส่วนของประชากรที่ต้องการสุ่ม; Z คือค่าการกระจายแบบปกติมาตรฐานที่ 0.05; d คือค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมรับได้

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum s_i^2}{s_i^2} \right) \quad (2)$$

โดยที่ α แทนค่าความเชื่อมั่น; K แทนจำนวนข้อคำถามที่วัดผล; s_i^2 แทนผลรวมความแปรปรวนแต่ละข้อ; s_i^2 แทนความแปรปรวนของคะแนนรวม

2.2 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP)

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ถูกพัฒนาโดย Saaty (1990) โดยเป็นเครื่องมือหนึ่งทางการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายปัจจัย (Multi Criteria Decision Analysis - MCDA) (Ransikarbun, 2017) ซึ่งใช้หลักการวิเคราะห์ที่มีพื้นฐานจากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกับหลักการทางจิตวิทยาเข้าด้วยกัน โดยการวิเคราะห์ด้วย AHP ใช้หลักการการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ (Pairwise Comparison) ของสิ่งที่สนใจ แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เป็นค่าถ่วงน้ำหนัก

(Relative Weight) สำหรับปัจจัยและ/หรือสำหรับทางเลือก โดย AHP สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนหลักๆ ได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : สร้างตารางเมตริกซ์จากการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ สำหรับปัจจัย และสำหรับทางเลือกที่มีเมื่อเทียบกับแต่ละปัจจัย ดังแสดงในสมการที่ (3) โดยที่สเกล 1-9 เป็นสเกลที่นิยมใช้ในการนำมาเปรียบเทียบที่ละคู่ โดยที่ 9 หมายถึง 'สำคัญกว่ามากๆ ที่สุด/ชอบมากกว่ามากๆ ที่สุด' ในขณะที่ 1 หมายถึง 'สำคัญเท่าๆ กัน/ชอบเท่าๆ กัน' และมีตัวเลขระหว่าง 1-9 ซึ่งแสดงความหมายที่ลดหลั่นกันไปตามระดับความสำคัญ

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & a_{ji} = 1/a_{ij} & 1 & \dots \\ a_{n1} & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

โดยที่ a_{ij} คือการเปรียบเทียบของทางเลือก i เมื่อเทียบกับปัจจัย j

ขั้นตอนที่ 2 : สร้างตารางเมตริกซ์ที่ได้ทำการนอร์มัลไลเซชัน (Normalization) แล้ว

ขั้นตอนที่ 3 : คำนวณเวกเตอร์ลำดับความสำคัญ (Priority Vector หรือ p) หรือเวกเตอร์ไอเกน (Eigen Vector) โดยใช้เป็นค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับปัจจัย และสำหรับทางเลือกต่างๆ เมื่อเทียบกับปัจจัยใดๆ ดังแสดงในสมการที่ (4)

ขั้นตอนที่ 4 : คำนวณค่าสูงสุดจากเวกเตอร์ไอเกนที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 เรียกว่า λ_{\max}

$$A \cdot p = \lambda_{\max} \cdot p \quad (4)$$

ขั้นตอนที่ 5 : คำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index - CI) ดังแสดงในสมการที่ (5)

ขั้นตอนที่ 6 : เลือกค่าที่เหมาะสมจากตารางดัชนีความสอดคล้องแบบสุ่ม (Random-consistency Index - RI) เมื่อเทียบกับขนาดของเมตริกซ์นั้นๆ

ขั้นตอนที่ 7 : ประเมินอัตราส่วนความสม่ำเสมอ (Consistency Ratio - CR) ของเมตริกซ์ สมการที่ (6)

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

โดยที่ n คือขนาดของเมตริกซ์หรือจำนวนปัจจัย

ขั้นตอนที่ 8 : ประเมินการจัดอันดับ (Ranking) ของแต่ละทางเลือก ตามสมการที่ (7) โดยที่ L_{ij} คือ Local Score ของแต่ละทางเลือก i เมื่อเทียบกับปัจจัย j ; w_j คือค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัย j ; และ g_i คือ Global Score ของทางเลือก i ใดๆ ที่สนใจ

$$g_i = \sum_j w_j L_{ij} \quad (7)$$

ทั้งนี้ ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือ AHP ในการวิเคราะห์ปัจจัยและทางเลือกในการเดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะที่มีอยู่ในปัจจุบัน

2.3 การหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยแบบจำลองปัญหาการเดินทางของคนขาย (TSP)

เครื่องมือต่อมาเป็นการใช้ผลการวิเคราะห์ปัจจัยและสถานที่จากแบบสอบถามส่วนแรก รวมถึงข้อมูลระยะทางในการเดินทาง เพื่อทำการวิเคราะห์เส้นทางการเดินทางโดยสารสาธารณะ โดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง TSP ทั้งนี้เดิมทีแล้วปัญหา TSP คือปัญหาการเดินทางสำหรับคนขายของ (Salesman) ที่ต้องการไปให้ครบทุกเมืองโดยไม่ซ้ำกันจนครบแล้วกลับมาถึงเมืองเริ่มต้น โดยต้องการให้ระยะทางเดินทางน้อยที่สุด ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

เซต (Sets)

เซต I : สถานที่เริ่มต้น $i; i = 1, \dots, n$

เซต J : สถานที่ปลายทาง $j; j = 1, \dots, n$

พารามิเตอร์ (Parameters)

d_{ij} คือระยะทางในการเดินทางจากสถานที่ i ไปสถานที่ j

n คือจำนวนสถานที่ทั้งหมดในเส้นทาง

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

X_{ij} คือตัวแปรแบบ 0-1 (Binary) สำหรับสถานที่ที่เดินทางไป (ค่า 1) หรือสถานที่ที่ไม่เดินทางไป (ค่า 0)

U_i คือตัวแปรช่วย (Auxiliary Variables) สำหรับสถานที่เริ่มต้น i ใช้กับสมการข้อจำกัดป้องกันการเดินทางย่อย (Subtour)

U_j คือตัวแปรช่วย (Auxiliary Variables) สำหรับสถานที่ปลายทาง j ใช้กับสมการข้อจำกัดป้องกันการเดินทางย่อย (Subtour)

ฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function)

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} X_{ij} \quad (8)$$

สมการข้อจำกัด (Constraints)

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad ; \forall i=1, \dots, n \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \quad ; \forall j=1, \dots, n \quad (10)$$

$$U_i - U_j + nX_{ij} \leq n-1 \quad ; \forall i=2, \dots, n \quad (11)$$

$$; \forall j=2, \dots, n; i \neq j$$

$$X_{ij} \in \{0, 1\} \quad ; \forall i, j \quad (12)$$

$$U_j \geq 0 \quad ; \forall j \quad (13)$$

โดยสมการที่ (8) แสดงฟังก์ชันเป้าหมายคือระยะทางทั้งหมดในการเดินทางที่น้อยที่สุด สมการข้อจำกัดที่ (9) และ (10) คือข้อจำกัดว่าการเดินทางออกจากสถานที่ i ใดๆ ต้องมีค่าเท่ากับ 1 ออกจากสถานที่ใดๆ ได้เพียงหนึ่งครั้ง และข้อจำกัดว่าการเดินทางเข้าสถานที่ j ใดๆ ได้เพียงหนึ่งครั้งเช่นกัน ตามลำดับ นอกจากนี้ อสมการข้อจำกัดที่ (11) เป็นการป้องกันการเดินทางย่อย (subtour) ซึ่งหมายถึงการเดินทางที่เริ่มต้นจากสถานที่ใดๆ แล้วเดินทางไม่ครบทุกเมืองที่ต้องการ แล้วกลับไปทำซ้ำทำให้เกิดการเดินทางย่อยขึ้น ส่วนสมการและอสมการข้อจำกัดที่ (12)-(13) แสดงข้อจำกัดเกี่ยวกับตัวแปรตัดสินใจ

ทั้งนี้ปัญหาในงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์เส้นทางการเดินทางโดยสารสาธารณะภายใต้เวลาที่จำกัด โดยจุดเริ่มต้นกับจุดสิ้นสุดไม่ใช่จุดเดียวกันในลักษณะเดียวกันกับปัญหาวิถีแฮมิลตัน (Hamiltonian Path) (Rahman & Kaykobad, 2005) ในลักษณะที่ต้องการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest Path) ซึ่งสามารถปรับปัญหา TSP ดั้งเดิม (จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเดียวกัน) ได้ โดยการสร้างสถานที่ปลอม (Dummy Node) ขึ้นมา โดยกำหนดให้สถานที่ปลอมมีการเชื่อมต่อกับจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดโดยที่กำหนดระยะทางที่เชื่อมต่อนี้ระหว่างสถานที่ปลอมกับจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเป็น 0 ในขณะที่กำหนดระยะทางที่เชื่อมต่อนี้ระหว่างสถานที่ปลอมกับสถานที่อื่นๆ ที่ไม่ใช่จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเป็นค่า M โดยที่ M เป็นตัวเลขที่สูงมากพอ (Arbitrarily Large Number)

3. ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล

3.1 ผลการวิเคราะห์การวิจัยแบบผสม

ผลการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างของผู้โดยสารที่ตอบแบบสอบถาม จำนวน 230 ตัวอย่างในช่วงเดือน มกราคม - พฤษภาคม 2561 โดยทำการเก็บข้อมูลกลุ่มผู้โดยสารที่ขับรถโดยสารสาธารณะสำหรับรถสองแถวสายมอแดง และสาย 1 ในจังหวัดอุบลราชธานีโดยสรุปผลได้ดังนี้

3.1.1 ผลวิเคราะห์แบบสอบถามส่วนที่ 1 (ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสถานภาพ)

- ผู้โดยสารเป็นเพศชาย 34% และเพศหญิง 66%
- ผู้โดยสารมีอายุระหว่าง 20-29 ปี คิดเป็นร้อยละ 70.48 อายุต่ำกว่า 19 ปี คิดเป็นร้อยละ 19.05 อายุระหว่าง 30-39 ปี คิดเป็นร้อยละ 4.29 อายุระหว่าง 50-59 ปี และมากกว่า 60 ปี คิดเป็นร้อยละ 2.38 และอายุระหว่าง 40-49 ปี คิดเป็นร้อยละ 1.43 ตามลำดับ
- ผู้โดยสารมีการศึกษาที่ระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 61.24 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น คิดเป็นร้อยละ 15.31 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย คิดเป็นร้อยละ 12.92

ระดับสูงกว่าปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 6.70 และระดับต่ำกว่ามัธยมศึกษาร้อยละ 3.83 ตามลำดับ

- ผู้โดยสารที่ประกอบอาชีพนักเรียน/นักศึกษา ร้อยละ 80.95 อาชีพข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจร้อยละ 6.19 อาชีพธุรกิจส่วนตัวร้อยละ 4.29 อาชีพพนักงานเอกชนร้อยละ 3.81 อื่นๆ ร้อยละ 3.33 และอาชีพรับจ้างทั่วไป คิดเป็นร้อยละ 1.43 ตามลำดับ
- ผู้โดยสารมีรายได้ต่อเดือนต่ำกว่า 10,000 บาท ร้อยละ 75.85 รายได้ 10,001-20,000 ร้อยละ 18.84 รายได้ 20,001-30,000 กับ 30,001-40,000 ร้อยละ 19.3 เท่ากัน และมากกว่า 40,000 คิดเป็นร้อยละ 1.45 ตามลำดับ

3.1.2 ผลวิเคราะห์แบบสอบถามส่วนที่ 2 (ข้อมูลด้านพฤติกรรมการใช้รถโดยสารสองแถว)

- ผู้โดยสารมีวัตถุประสงค์ในการเดินทางที่จะกลับบ้านร้อยละ 30.12 ไปเรียนหนังสือร้อยละ 21.45 ไปท่องเที่ยวร้อยละ 12.29 ไปห้างสรรพสินค้าร้อยละ 12.05 ไปตลาดร้อยละ 9.40 ไปทำงานร้อยละ 6.51 ไปโรงพยาบาลร้อยละ 5.30 และอื่นๆ ร้อยละ 2.89 ตามลำดับ
- ผู้โดยสารใช้บริการด้วยความถี่ 1-3 ครั้งต่อสัปดาห์ ร้อยละ 60 อื่นๆ (เช่น ความถี่ 1-2 ครั้งต่อเดือน) ร้อยละ 24 ความถี่ 4-5 ครั้งต่อสัปดาห์ร้อยละ 8 ความถี่มากกว่า 10 ครั้งต่อสัปดาห์ร้อยละ 6 และความถี่ 6-10 ครั้งต่อสัปดาห์ร้อยละ 2 ตามลำดับ
- ผู้โดยสารเดินทางในช่วงวันหยุด (เสาร์-อาทิตย์) ร้อยละ 47.16 วันศุกร์ ร้อยละ 22.34 วันธรรมดา (อังคาร-พฤหัสบดี) ร้อยละ 21.63 และวันจันทร์ร้อยละ 8.87
- ผู้โดยสารเดินทางในช่วงสาย (09.00-12.00น.) ร้อยละ 31.64 ช่วงค่ำ (16.00-19.00 น.) ร้อยละ 26.17 ช่วงเช้า (05.00-09.00น.) ร้อยละ 21.09 ช่วงบ่าย (12.00-16.00น.) ร้อยละ 19.53 และอื่น ๆ ร้อยละ 1.56 ตามลำดับ
- ผู้โดยสารจ่ายราคาโดยรถโดยสารปัจจุบันคือ 10 บาท ร้อยละ 91 จ่ายราคา 5 บาท ร้อยละ 5.7 จ่ายราคา 20 บาท ร้อยละ 2.4 และอื่นๆ ร้อยละ 0.5

3.1.3 ผลวิเคราะห์แบบสอบถามส่วนที่ 3

ข้อมูลความพึงพอใจของผู้โดยสารต่อปัจจัยต่างๆในการใช้บริการรถโดยสารสองแถว แสดงในตารางที่ 1 โดยสามประเด็นหลักที่พอใจมากที่สุดคือด้านราคาที่เหมาะสมในการใช้บริการ ด้านเส้นทางรถโดยสารผ่านเส้นทางในจุดที่ต้องการจะไป และด้านพนักงานขับรถมีมารยาทในการขับรถหยุด-รับส่งโดยสารตามป้าย ในขณะที่สามประเด็นหลักที่พอใจน้อยที่สุดคือด้าน

ความรวดเร็วสะดวกสบาย ด้านปริมาณที่นั่ง และด้านที่นั่งเหมาะสมสำหรับพระสงฆ์ เด็กและสตรีมีครรภ์

ตารางที่ 1 แสดงความพึงพอใจต่อปัจจัยโลจิสติกส์เกี่ยวกับการเดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะ

ความพึงพอใจในการได้รับบริการจากต้นทางสู่ปลายทาง แยกตามประเด็นปัจจัยย่อย	ค่าเฉลี่ย
1 รถโดยสารผ่านเส้นทางในจุดที่ผู้โดยสารต้องการ	4.08
2 พนักงานขับรถมีมารยาทในการขับและให้บริการ	3.64
3 พนักงานขับรถหยุดรับ-ส่งโดยสารตามป้ายที่กำหนด	3.78
4 การใช้รถโดยสารมีความรวดเร็วสะดวกสบายทันเวลา	3.23
5 การใช้รถโดยสารประจำทางมีความปลอดภัย	3.45
6 ราคาเหมาะสมในการใช้บริการ	4.23
7 การรักษาสิ่งแวดล้อมและไม่ก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศบนท้องถนน	3.53
8 ความสะดวกต่อการชำระค่าโดยสาร	3.77
9 สภาพรถโดยสารเหมาะสมกับการนำมาให้บริการ	3.52
10 ที่นั่งเหมาะสมสำหรับพระสงฆ์ เด็กและสตรีมีครรภ์	3.02
11 ปริมาณที่นั่งมีความเหมาะสมกับจำนวนผู้โดยสาร	3.21
ค่าเฉลี่ยรวม	3.59

3.1.4 ผลวิเคราะห์แบบสอบถามปลายเปิด

ในส่วนข้อเสนอแนะจากคำถามปลายเปิดพบว่า มีปัญหาที่เจอและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงระบบการบริการจากต้นทางสู่ปลายทาง (โลจิสติกส์) เพื่อการขนส่งและการบริการโดยสามารถวิเคราะห์ได้เป็น 8 ประเด็นหลักๆ (Clusters) ดังตารางที่ 2 ซึ่งปัญหาที่ผู้โดยสารอยากให้การปรับปรุงมากที่สุดตามหลักการพาเรโต (80/20) คือเรื่องของเวลาเดินทางที่แน่นอน เรื่องความปลอดภัยของผู้โดยสาร เรื่องสภาพรถ เรื่องที่นั่งผู้โดยสาร และเรื่องพฤติกรรมของคนขับ ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดง cluster ข้อเสนอแนะการปรับปรุง

Cluster	หัวข้อ (Theme) ข้อเสนอแนะ	%
1	สภาพรถ เช่นอยากให้เกิดแอร์มลภาวะของควันรถ	15.75
2	การรับผู้โดยสาร เช่นรับมากเกินไปทำให้ผู้โดยสารต้องยืนด้านท้ายของรถ	0.68
3	เวลาเดินทางที่แน่นอน เช่นตารางการเดินทางและช่วงเวลาเดินทาง	28.10
4	ที่นั่งผู้โดยสาร เช่นจำนวนที่นั่งผู้โดยสาร ที่นั่งสำหรับพระสงฆ์	11.64
5	พฤติกรรมคนขับ เช่นการจอดรถให้ตรงจุด ขับรถเร็วเกินกำหนด	10.27
6	พื้นที่บนรถ เช่นไม่มีที่ว่างสำหรับวางของ	2.74

7	ความปลอดภัยของผู้โดยสาร	22.60
8	อื่นๆ	8.22

นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์สถานที่ที่ต้องการให้การเดินรถโดยสารครอบคลุมเพิ่มเติม พบว่า 10 อันดับแรกคือ ห้างเซ็นทรัลพลาซาอุบลราชธานี (31.1%) หมู่บ้านต่างๆ (28.9%) อื่นๆ (11.1%) สนามบินนานาชาติอุบลราชธานี (4.4%) โลตัสอำเภวารินชำราบ (4.4%) สถานีรถไฟอุบลราชธานี (2.2%) ศาลากลางใหม่ (2.2%) ห้วยวังนอง (2.2%) ห้างสุนีย์ (2.2%) และโรงพยาบาลอุบลรักษ์ (2.2%) ตามลำดับ

3.2 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้วย AHP

ผลการเก็บข้อมูลของกลุ่มเฉพาะ (Focus Group) จำนวน 30 คนตามทฤษฎีลิมิตคู่ส่วนกลางในการกระจายแบบปกติ โดยทำการสุ่มตัวอย่างนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่เคยใช้บริการรถสองแถวแล้วหาค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิต สำหรับค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยด้วยวิธีการวิเคราะห์ด้วย AHP สามารถสรุปปัจจัยหลัก 5 ปัจจัย (ราคา มลภาวะ เวลา ความปลอดภัย และการบริการ) โดยมีทางเลือก 6 ทางเลือกด้วยกันซึ่งรวมรถสองแถวในปัจจุบันและทางเลือกที่มีการใช้งานจริงในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานีคือรถแท็กซี่และรถตู้ รวมถึงทางเลือกที่มีการใช้ในพื้นที่ หรือที่มีโอกาสนำมาใช้ในอนาคต คือรถจักรยานยนต์รับจ้าง รถเวียนรับส่ง (Shuttle Bus) ทัวไป และรถโดยสารประจำทางไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยทำการบันทึกข้อมูลของผู้ทำการตัดสินใจแต่ละคนโดยใช้โปรแกรม Expert Choice (Expert Choice, 2019) สำหรับการวิเคราะห์ AHP ซึ่งจะทำให้การสังเคราะห์ข้อมูลค่าน้ำหนักตามสมการที่ (3)-(7) ข้างต้น และใช้การวิเคราะห์การทำการตัดสินใจแบบกลุ่ม

ตารางที่ 3 แสดง Local Weight ของทุกทางเลือกเทียบกับปัจจัยใดๆ

ปัจจัยราคา	ทางเลือก	น้ำหนัก
1	รถสองแถว	0.201
2	รถเวียนรับส่งปกติ	0.184
3	รถโดยสารประจำทางไฟฟ้า	0.180
4	รถตู้	0.159
5	รถแท็กซี่	0.149
6	รถจักรยานยนต์	0.127
ปัจจัยมลภาวะ	ทางเลือก	น้ำหนัก
1	รถสองแถว	0.152
2	รถเวียนรับส่งปกติ	0.207
3	รถโดยสารประจำทางไฟฟ้า	0.324
4	รถตู้	0.112
5	รถแท็กซี่	0.105
6	รถจักรยานยนต์	0.100
ปัจจัยราคา	ทางเลือก	น้ำหนัก

ปัจจัยราคา	ทางเลือก	น้ำหนัก
1	รถสองแถว	0.068
2	รถเวียนรับส่งปกติ	0.137
3	รถโดยสารประจำทางไฟฟ้า	0.136
4	รถตู้	0.172
5	รถแท็กซี่	0.318
6	รถจักรยานยนต์	0.169
ปัจจัยปลอดภัย	ทางเลือก	น้ำหนัก
1	รถสองแถว	0.077
2	รถเวียนรับส่งปกติ	0.258
3	รถโดยสารประจำทางไฟฟ้า	0.277
4	รถตู้	0.113
5	รถแท็กซี่	0.204
6	รถจักรยานยนต์	0.071
ปัจจัยบริการ	ทางเลือก	น้ำหนัก
1	รถสองแถว	0.056
2	รถเวียนรับส่งปกติ	0.218
3	รถโดยสารประจำทางไฟฟ้า	0.235
4	รถตู้	0.172
5	รถแท็กซี่	0.268
6	รถจักรยานยนต์	0.051

ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของปัจจัยด้วยวิธีการ AHP พบว่ากลุ่มเฉพาะ ให้ค่าน้ำหนักของปัจจัยเป็นด้านราคา (0.246) ด้านมลภาวะ (0.223) ด้านเวลา (0.204) ด้านความปลอดภัย (0.177) และด้านบริการ (0.150) ตามลำดับ ซึ่งหากทำการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักของทางเลือกทั้งหมด เมื่อเทียบกับปัจจัยใดๆ ได้ค่าน้ำหนักดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งพบว่าทางเลือกรถสองแถวที่ดีที่สุดด้านปัจจัยราคา ทางเลือกรถโดยสารประจำทางไฟฟ้าที่ดีที่สุดด้านปัจจัยมลภาวะ ทางเลือกรถแท็กซี่ที่ดีที่สุดด้านปัจจัยเวลา ทางเลือกรถโดยสารประจำทางไฟฟ้าที่ดีที่สุดด้านปัจจัยความปลอดภัย และทางเลือกรถโดยสารประจำทางไฟฟ้าที่ดีที่สุดด้านปัจจัยการบริการ ทั้งนี้ค่า CR ที่คำนวณสำหรับเมตริกซ์การตัดสินใจใดๆ พบว่ามีค่าน้อยกว่า 10% ซึ่งแสดงว่าการให้ข้อมูลในการตัดสินใจมีความสอดคล้อง

นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ด้วยสมการที่ (6) เพื่อคำนวณหา Global Score ในการประเมินการจัดอันดับ พบว่าทางเลือกรถโดยสารประจำทางไฟฟ้า (0.23) มีค่าสูงที่สุด โดยคำนวณ $0.23 = (0.246)(0.180) + (0.213)(0.324) + (0.214)(0.136) + (0.177)(0.277) + (0.150)(0.235)$ โดยสามารถคำนวณค่า Global Score สำหรับทางเลือกอื่นๆ ได้ในทำนองเดียวกัน นั่นคือรถแท็กซี่ (0.20) รถเวียนรับส่ง (Shuttle Bus) ปกติ (0.20) รถตู้ (0.15) รถสองแถว (0.12) และทางเลือกรถจักรยานยนต์รับจ้าง (0.11) ตามลำดับ

3.3 ผลการวิเคราะห์เส้นทางที่ดีที่สุดด้วย TSP

ในส่วนที่สามของงานวิจัยเป็นการใช้ผลจากส่วนแรกซึ่งเป็นการวิเคราะห์แบบสอบถาม โดยเลือกสถานที่ที่ผู้โดยสารต้องการให้ครอบคลุมเพิ่มเติม และใช้ผลที่ได้จากส่วนที่สองในการวิเคราะห์ AHP โดยใช้ทางเลือกรถโดยสารไฟฟ้าในการนำมาจัดเส้นทาง ทั้งนี้ในเบื้องต้นจากการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญของบริษัทอุบลราชธานีพัฒนาเมือง UBCD (Korat Newspaper, 2019) ถึงแผนการเดินทางโดยสารประจำทางไฟฟ้าที่จะนำมาใช้ในอนาคต มีการคาดว่าเส้นทางควรเชื่อมต่อระหว่าง Code 1: สนามบิน และ Code 7: บขส. อุบลราชธานี โดยควรผ่าน Code 2: จวนผู้ว่าราชการจังหวัด Code 3: อุบลพลาซ่า Code 4: โรงเรียนกีฬาจังหวัดอุบลราชธานี Code 5: ศูนย์ทาวเวอร์ และ Code 6: บิ๊กซีอุบลราชธานี ดังนั้นผู้ทำวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลระยะทางในหน่วยกิโลเมตร และสร้างเมตริกซ์จุดเริ่มต้นกับจุดปลายทางของรถโดยสารประจำทางไฟฟ้า (Origin-Destination Matrix, O-D) ได้ดังแสดงในตารางที่ 4

จากนั้นทำการเพิ่มสถานที่อีก 4 แห่งจากการอ้างอิงโดยผลจากแบบสอบถาม นั่นคือ Code 8: เซ็นทรัลพลาซ่าอุบลราชธานี Code 9: โลตัสวารินชำราบ Code 10: สถานีรถไฟอุบลราชธานี และ Code 11: ศาลากลางใหม่ และทำการสร้างเมตริกซ์ O-D เพิ่มเติม ดังแสดงในตารางที่ 5 ทั้งนี้มีการใส่สถานที่ปลอม (Du) เพิ่มเข้ามาสำหรับกรณีวิเคราะห์แต่ละครั้ง โดยตั้งระยะทางระหว่าง Du กับจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเป็น 0 ในขณะที่กำหนดระยะทางที่เชื่อมต่อระหว่าง Du กับ

สถานที่อื่นๆ ที่ไม่ใช่จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเป็น M โดยที่ M เป็นตัวเลขที่สูงมากพอ เช่น 1000 ดังที่ได้อธิบายข้างต้น โดยผลการวิเคราะห์เส้นทางด้วยโปรแกรม Excel solver ทั้งก่อนเพิ่มสถานที่จากแบบสอบถาม (Codes 1-7) และหลังเพิ่ม (Codes 1-11) แสดงในตารางที่ 6 โดยระยะทางรวมอยู่ที่ 11.55 และ 41.10 กิโลเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นการเริ่มเดินทางที่สนามบินและไปสิ้นสุดที่บริษัทขนส่งจำกัด (บขส.) อุบลราชธานี

นั่นคือแนะนำการจัดเส้นทางสำหรับกรณีเส้นทางเดินทางของรถโดยสารประจำทางไฟฟ้าปกติ (Codes 1-7) คือออกจาก

สนามบินอุบล -> อุบลพลาซ่า -> จวนผู้ว่าราชการจังหวัด -> โรงเรียนกีฬาจังหวัด -> ศูนย์ทาวเวอร์ -> บิ๊กซีอุบลราชธานี -> บขส. อุบลราชธานี ในขณะที่เส้นทางเมื่อเพิ่มสถานที่ (Codes 1-11) คือออกจากสนามบินอุบล -> อุบลพลาซ่า -> สถานีรถไฟอุบลราชธานี -> โลตัสวารินชำราบ -> จวนผู้ว่าราชการ

จังหวัด -> เซ็นทรัลพลาซ่าอุบลราชธานี -> โรงเรียนกีฬาจังหวัด -> ศูนย์ทาวเวอร์ -> บิ๊กซีอุบลราชธานี -> ศาลากลางใหม่ -> บขส. อุบลราชธานี ตามลำดับ

ตารางที่ 4 แสดง O-D matrix ของรถโดยสารประจำทางไฟฟ้า (Codes สถานที่ 1-7)

	1	2	3	4	5	6	7	Du
1	0	12.4	3.1	14.0	4.5	11.5	7.7	0
2	12.4	0	1.3	3.7	4.2	6.3	7.5	M
3	3.0	1.3	0	2.6	3.1	8.8	6.4	M
4	14.0	3.8	2.6	0	0.71	2.8	4.1	M
5	4.5	4.2	3.1	0.71	0	2	3.5	M
6	11.5	8.4	8.0	2.9	2	0	0.8	M
7	7.7	7.6	6.3	3.3	2.7	0.8	0	M
Du	0	M	M	M	M	M	M	0

ตารางที่ 5 แสดง O-D matrix ของรถโดยสารประจำทางไฟฟ้า (Codes สถานที่ 1-11)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Du
1	0	12.4	3.1	14.0	4.5	11.5	7.7	7.5	9.6	7.2	15	0
2	12.4	0	1.3	3.7	4.2	6.3	7.5	5.2	7.3	4.9	12.7	M
3	3.0	1.3	0	2.6	3.1	8.8	6.4	4.1	6.3	3.8	11.6	M
4	14.0	3.8	2.6	0	0.71	2.8	4.1	11.4	13.6	11.1	9	M
5	4.5	4.2	3.1	0.71	0	2	3.5	12.2	14.4	11.9	8.4	M
6	11.5	8.4	8.0	2.9	2	0	0.8	15.7	17.9	14.9	6.2	M
7	7.7	7.6	6.3	3.3	2.7	0.8	0	13.9	19.7	16.7	4.3	M
8	7.5	5.2	4.1	4.9	5.5	8.1	10	0	13.1	8.9	6.2	M
9	9.6	7.3	6.3	8.8	12.5	11.4	12.6	13.1	0	3.6	15	M
10	7.2	4.9	3.8	11.1	11.9	14.9	16.7	8.9	3.6	0	12.8	M
11	15	12.7	11.6	9	8.4	6.2	4.3	6.2	15	12.8	0	M
Du	0	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	0

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์จัดเส้นทางเดินรถโดยสาร

Cases	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	เส้นทาง
1-7	11.55	1-3-2-4-5-6-7
1-11	41.10	1-3-10-9-2-8-4-5-6-11-7

หมายเหตุ: Code 1: คือจุดเริ่มต้นสนามบินนานาชาติอุบลราชธานี Code 7: คือจุดปลายทาง ขสอุบลราชธานี.

4. สรุปผลและแนวทางการวิจัยในอนาคต

งานวิจัยนี้เป็นการสังเคราะห์ปัจจัยและการวิเคราะห์เส้นทางสำหรับการเดินรถโดยสารสาธารณะอย่างบูรณาการ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อเติมเป็นระบบช่วยตัดสินใจสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโดยสารสาธารณะโดยใช้กรณีศึกษาของจังหวัดอุบลราชธานี โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ความพึงพอใจของการใช้รถโดยสารสาธารณะจากผู้โดยสารในปัจจุบันจากแบบสอบถามและการวิเคราะห์ผลด้วยเทคนิควิธีการวิจัยแบบผสม จากนั้นทำการวิเคราะห์ปัจจัยด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) และนำผลที่ได้มาสร้างเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการเดินทางของคนขาย เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับผู้วิเคราะห์นโยบายในการเปิดเส้นทางใหม่สำหรับการเดินรถสาธารณะ โดยคำนึงถึงความต้องการด้านเวลาและเส้นทางของผู้ใช้บริการจริง อย่างเป็นระบบ โดยผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการต่อระบบโลจิสติกส์และการขนส่งผู้โดยสารในการเดินทางด้วยรถ

โดยสารสาธารณะประเภทรถสองแถวในปัจจุบันโดยใช้แบบสอบถาม

โดยผลการวิเคราะห์พบว่าผู้โดยสารที่ใช้รถโดยสารสาธารณะในจังหวัดอุบลราชธานีส่วนใหญ่ มีความพึงพอใจต่อปัจจัยต่างๆ มากและน้อยต่างกันไป โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายปัจจัยจากความพอใจมากไปน้อย พบว่าผู้โดยสารมีความพึงพอใจในด้านราคาที่เหมาะสมในการใช้บริการมากที่สุดและที่น้อยที่สุดคือที่นั่งเหมาะสมสำหรับพระสงฆ์ เด็กและสตรีมีครรภ์ โดยการวิเคราะห์คำถามปลายเปิดพบว่าข้อเสนอแนะในการพัฒนาและปรับปรุงตามหลักพาเรโต คือเรื่องของเวลาเดินรถที่แน่นอน เรื่องความปลอดภัยของผู้โดยสาร เรื่องสภาพรถ เรื่องที่นั่งผู้โดยสาร และเรื่องพฤติกรรมของคนขับรถ

สำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อโลจิสติกส์ด้านการขนส่งรถโดยสารสาธารณะ และทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับรถโดยสารสาธารณะแต่ละแบบโดยใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) โดยการทำการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างเฉพาะพบว่าค่าน้ำหนักของปัจจัยต่างๆ หากกลุ่มหลักคือด้านราคา (0.246) ด้านมลภาวะ (0.223) ด้านเวลา (0.204) ด้านความปลอดภัย (0.177) และด้านบริการ (0.150) ตามลำดับ โดยที่ผลการจัดอันดับ (Ranking) พบว่าทางเลือกรถโดยสารประจำทางไฟฟ้ามีค่าสูงที่สุด ซึ่งอาจเป็นทางเลือกที่จะนำมาใช้ได้ในอนาคต เนื่องจากตอบโจทย์เรื่องของปัญหาต่างๆ ที่ได้จากแบบสอบถามข้างต้น นอกจากนี้ผลการจัดเส้นทางเพื่อเสนอแนะเชิงนโยบายโดยใช้เทคนิคการหาค่าตอบที่ดีที่สุด

ภายใต้เวลาที่จำกัด เมื่อจุดเริ่มต้นคือสนามบินอุบลราชธานี กับจุดสิ้นสุดคือ บขส. อุบลราชธานีไม่ใช่จุดเดียวกัน จากการใช้แบบจำลองปัญหาการเดินทางของคณขาย (TSP) แสดงการจัดเส้นทางโดยเส้นทางสำหรับ 7 สถานีที่รวมอยู่ที่ 11.6 กิโลเมตร และเส้นทางสำหรับ 11 สถานีที่รวมอยู่ที่ 41.1 กิโลเมตร

ทั้งนี้แนะนำงานวิจัยที่อาจต่อยอดในอนาคตโดยอาจเพิ่มปัจจัยย่อยต่างๆ รวมถึงช่วงเวลาที่ต่างกันในการเก็บข้อมูลสำหรับแบบสอบถาม นอกจากนี้ในการวิเคราะห์ AHP ผู้สนใจอาจวิเคราะห์กลุ่มผู้ทำการตัดสินใจที่ต่างกัน ซึ่งค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยไม่จำเป็นต้องเหมือนกัน เพื่อแยกทางเลือกที่ดีที่สุดที่อาจต่างกัน สำหรับแต่ละกลุ่มผู้โดยสารเป็นต้น ส่วนการวิเคราะห์การจัดเส้นทาง เป็นที่คาดการณ์ว่าจะมีการใช้งานทั้งรถโดยสารประจำทางไฟฟ้าที่มีแผนจะนำมาใช้ในอนาคตและรถโดยสารสองแถวที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ร่วมกัน ซึ่งแน่นอนกว่าการจัดเส้นทางทั้งรถโดยสารประจำทางไฟฟ้าร่วมกับรถสองแถวสาธารณะ เป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้การจัดเส้นทางเกิดประโยชน์สูงสุด

5. เอกสารอ้างอิง

- Ahmad, H., & Halim, H. (2017). Determining Sample Size for Research Activities. *Selangor Business Review*, 2(1), 20-34.
- Apipratyasakul, K. (2004). *Logistics for production and operation management Bangkok*. Focus Media and Publishing Company.
- Aqel, M. J. (2019). Decision Support Systems Classification in Industry. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 7(2), 774-785.
- Athikhomratanakul, P. (2008). *Logistics Management*. <http://pongchai.blogspot.com>
- Department of Land Transport Planning Division. (2018). *Transport Statistics Group*. <https://web.dlt.go.th/statistics>
- Department of Land Transport. (2011). *Department of Land Transport Direction*. <http://www.dlt.go.th>
- Douglas, M. L., James, R. S., & Lisa, M. E. (2004). *Supply Chain and Logistics Management*. Top McClure-Hill Publishing.
- Eisinga, R., Te Grotenhuis, M., & Pelzer, B. (2013). The reliability of a two-item scale: Pearson, Cronbach, or Spearman-Brown?. *International journal of public health*, 58(4), 637-642.
- Energy Time Online. (2018). *Smart City in Energy 4.0*. <http://energytimeonline.com>
- Expert Choice. (2019). *Decision Making Leadership*. <https://www.expertchoice.com/>
- Gay, L. R., Mills, G. E., & Airasian, P. W. (2012). *Educational Research: Competencies for Analysis and Applications* (8th ed.). Prentice Hall.
- Global EV Outlook. (2017). *Two million and counting International Energy Agency*. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook2017.pdf>
- Guideubon. (2018). *Mini-bus information from Ubonratchathani province*. <http://guideubon.com/2.0/191/840>
- Ho, W. (2008). Integrated analytic hierarchy process and its applications- A literature review. *European Journal of Operational Research*, 186, 211-228.
- Korat Newspaper. (2019). *North-East People 9 Private Ubon, set up a city development company Determine the direction of self growth. Year 4 3 , No. 2 4 9 4*. <http://koratdaily.com/blog.php?id=7615>
- Ministry of Energy. (2015). *Study preparation project for future use of electric vehicles for Thailand*. Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy.
- Office of Transport and Traffic Policy and Planning. (2016). *Strategic plan*. <http://www.otp.go.th>
- OSM. (2020). *Lower Northeastern Province Development Plan*. <http://www.osmnortheast-s1.moi.go.th>
- Peeratanon, N., & Nuthavorn, W. (2015). *Electric bus without pollution*. <http://www.dede.go.th>
- Piriyawat, S. (2014). *Public transportation*. <http://www.surames.com>
- Ponlakthong, N. (2012). *Research report of vehicle safety standards in bus systems: standardization, enforcement and inspection*. Office of Health Promotion.
- Rahman, M. S., & Kaykobad, M. (2005). On Hamiltonian cycles and Hamiltonian paths. *Information Processing Letters*, 94(1), 37-41.
- Ransikarbum, K. (2017). *Course documentation Multi-Criteria Decision Making*. Faculty of Engineering Department of Industrial Engineering Ubon Ratchathani University.
- Ransikarbum, K. (2018). *Study of factors and routing analysis for tourism logistics for Ubon Ratchathani Province* [Poster presentation]. Ubon Ratchathani, Thailand.
- Ransikarbum, K., & Kim, N. (2017, December). *Multi-criteria selection problem of part orientation in 3D fused deposition modeling based on analytic hierarchy process model: A case study* [Paper presentation]. [In Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Singapore.
- Ransikarbum, K., & Mason, S. J. (2016a). Multiple-objective analysis of integrated relief supply and network restoration in humanitarian logistics operations. *International Journal of Production Research*, 54(1), 49-68.
- Ransikarbum, K., & Mason, S. J. (2016b). Goal programming-based post-disaster decision making for integrated relief distribution and early-stage network restoration. *International Journal of Production Economics*, 182, 324-341.

- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1), 9-26.
- Suksi, S., Ransikarbum, K., & Sinthuchao, S. (2018). *Applications of Analytic Hierarchy Process for selecting the infectious waste incinerator of Surin Provincial Community Hospital* [Poster presentation]. Ubon Ratchathani, Thailand. [29]
- Cioca, M., & Filip, F. (2015). Decision Support Systems—A Bibliography 1947–2007. *Database*, 15(4), 10-14.
- Terrell, S. R. (2012). Mixed-methods research methodologies. *The qualitative report*, 17(1), 254-280.
- Thansettakij. (2019). *Ubon developed the city" to raise the economic level! Molding a large employment center in the lower northeast*. <http://www.thansettakij.com>
- TSC Media. (2018). *Intelligent City Design Support Project*. <http://www.thailandsmartcities.com>
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169, 1-29.
- VeryUBON. (2018). *Mini- bus map of Ubonratchathani*. <http://www.veryubon.com>
- Wang, I. J. (1986). *Delivery of public services in Asian countries: Cases in development administration*. Thammasart University.

6. ประวัตินักวิจัย



Dr .Channarong Puchongkawarin received his Ph.D. in Chemical Engineering from Imperial College London, UK. He is a lecturer at the Department of Chemical Engineering, Ubon Ratchathani University, Thailand. His research interest includes chemical process modeling & optimization, wastewater treatment, waste management and life cycle assessment.



Dr .Kasin Ransikarbum received the B.Eng., M.S., and Ph.D. degrees in Industrial Engineering from King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT); Pennsylvania State University (PSU), USA; and Clemson University, USA, respectively. He was also pursuing a postdoctoral researcher at Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST), Republic of Korea. Currently, he works at the Industrial Engineering Department, Ubonratchathani University, Thailand. His research interest includes logistics and supply chain modeling, humanitarian logistics, and additive manufacturing.