

การศึกษาความเป็นไปได้ของการขนส่งทางเลือก เพื่อเชื่อมต่อระบบขนส่งมวลชนในพื้นที่แขวงจตุจักร

A Feasibility Study of Alternative Travel Mode Connecting Mass Transport System in Chatuchak Subdistrict

จิรสิน ไชโย¹ ยศวรรธน์ รักษายศ² รัชชกร จิรศุภางกูร³ และ ผศ. ดร. พงษ์สันต์ บัณฑิตสกุลชัย⁴

^{1,2,3,4} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ปัญหาการเชื่อมต่อที่ไม่มีประสิทธิภาพและไม่แน่นอนระหว่างสถานีขนส่ง สถานีรถไฟ และระบบขนส่งมวลชนในพื้นที่จตุจักร ก่อให้เกิดความไม่สะดวกต่อผู้เดินทางอย่างมีนัยสำคัญ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเป็นไปได้ของระบบขนส่งรูปแบบใหม่ โดยวิเคราะห์รูปแบบความต้องการเดินทางของผู้ใช้บริการจริงผ่านแบบสอบถามในรูปแบบ Stated Preference จากกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 203 คน ครอบคลุม 9 กรณีศึกษาที่มีความแตกต่างด้านค่าโดยสารและ Headway จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วย Logistic Regression Model เพื่อประเมินอิทธิพลของปัจจัยด้านประชากรศาสตร์และวัตถุประสงค์การเดินทางต่อความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนมาใช้ระบบใหม่ ผลลัพธ์ที่ได้ถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ โดยพิจารณาทั้งในด้านต้นทุนการลงทุน การกู้ยืมจากสถาบันการเงิน และปัจจัยทางการเงินอื่น ๆ เพื่อประเมินความเหมาะสมในการดำเนินการระบบขนส่งดังกล่าว

คำสำคัญ: ความต้องการเดินทาง, การประเมินมูลค่าโดยวัดความพึงพอใจโดยตรง, แบบจำลองความถดถอยโลจิสติก, การวิเคราะห์ความคุ้มค่าโครงการ

Abstract

The lack of efficient and reliable connectivity between key transportation nodes in the Chatuchak area, including the bus terminal, railway station, and mass transit systems—has caused significant inconvenience for commuters. This study aims to assess the feasibility of a new integrated transport system by examining travel demand patterns and user preferences. A Stated Preference survey was conducted with at least 203 respondents to capture mode choice behavior across nine travel scenarios varying in fare and headway. The data were analyzed using a Logistic Regression Model to explore the impact of socio-demographic factors and trip purposes on the likelihood of adopting the new system. The estimated modal shares under each scenario were then used in a project evaluation, considering financial factors such as investment costs and the potential use of institutional loans. The findings provide a foundation for determining economic viability and user acceptance of the proposed transport solution.

Keywords: Travel Demand, Stated Preference, Logistic Regression Model, Project Evaluation

1 บทนำ

ความสำคัญของพื้นที่แขวงจตุจักร คือการเป็นจุดเชื่อมต่อการเดินทางระหว่างกรุงเทพมหานครกับจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศ ทั้งทางบก ทางราง และทางอากาศ(รถไฟและรถโดยสารสายตรงถึงท่าอากาศยานดอนเมือง) ประกอบไปด้วยพื้นที่สำคัญ 3 แห่ง ได้แก่ 1) สวนจตุจักร 2) สถานีกลางกรุงเทพอภิวัฒน์ 3) สถานีขนส่งผู้โดยสารกรุงเทพฯ จตุจักร (หมอชิต 2)

หากแต่ทั้ง 3 แห่ง กลับไม่เชื่อมต่อกันอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบรถไฟฟ้าไม่ครอบคลุมสถานีขนส่งหมอชิต 2 รถโดยสารประจำทางที่เปรียบเสมือนเส้นเลือดฝอยในการขนส่งมวลชนก็พบปัญหาความสับสนในการใช้บริการ และมีตารางเวลาที่ไม่ชัดเจน และขาดช่วง ส่งผลให้ผู้ใช้บริการไม่สามารถควบคุมเวลาในการเดินทางได้

นำไปสู่การเติบโตของรถโดยสารไม่ประจำทางเป็นทางเลือกให้ใช้บริการ แต่ต่อมาเกิดปัญหาผู้ให้บริการรถโดยสารไม่ประจำทางบางส่วนได้ฉวยโอกาสในการเรียกค่าโดยสารเกินควร และคุกคามผู้โดยสาร สร้างความไม่สบายใจและรู้สึกไม่ปลอดภัยแก่ผู้ให้บริการในพื้นที่

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอการขนส่งทางเลือกรูปแบบใหม่ในการเดินทางเชื่อมต่อสถานีขนส่งทั้ง 2 แห่ง กับสวนจตุจักรอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อเชื่อมต่อการเดินทางระหว่างระบบขนส่งมวลชนภายในกรุงเทพมหานครและระบบขนส่งมวลชนระหว่างจังหวัด ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลช่องว่างงานวิจัยทั้ง 3 ส่วน ได้แก่ 1) ปริมาณความต้องการในการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะระหว่างสวนจตุจักร สถานีกลางกรุงเทพอภิวัฒน์ และสถานีขนส่งหมอชิต 2) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้บริการ และรูปแบบการให้บริการรูปแบบใหม่ที่ผู้โดยสารจะเลือกใช้ด้วยวิธีการประเมินความพึงพอใจแบบ Stated Preference 3) ประเมินความเป็นไปได้ของโครงการตามหลักเศรษฐศาสตร์และการเงิน

ระยะเวลาการศึกษา ตั้งแต่ พฤศจิกายน พ.ศ.2567 ถึง พฤษภาคม พ.ศ.2568 มีกลุ่มเป้าหมายเป็นผู้โดยสารและผู้ให้บริการระบบขนส่งสาธารณะในพื้นที่เชื่อมต่อการเดินทางทั้ง 3 แห่ง

โดยเมื่อดำเนินการวิจัยได้ตั้งใจไว้จนสำเร็จ คณะผู้วิจัยคาดหวังว่าผลการศึกษาจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเชื่อมต่อระบบขนส่งสาธารณะในกรุงเทพมหานครเข้ากับระบบขนส่งระหว่างจังหวัดให้มีประสิทธิภาพ ลดปัญหาการถูกเอารัดเอาเปรียบ สร้างความเป็นธรรมทางราคาและบริการให้แก่ผู้โดยสาร และเป็นจุดเริ่มต้นในการปฏิรูประบบขนส่งมวลชนในประเทศไทยให้มีความเหมาะสมต่อไป

2 การทบทวนวรรณกรรม

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีกรอบการศึกษาที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- 1) การวางแผนด้านการขนส่ง
- 2) การศึกษาดัชนีและวัดระดับการเข้าถึงระบบขนส่งสาธารณะ
- 3) การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการขนส่งมวลชน
- 4) วิธีสำรวจข้อมูลเพื่อศึกษาทัศนคติและความต้องการใช้บริการ
- 5) แนวคิดด้านการพัฒนาและจัดการระบบขนส่งรูปแบบใหม่

จากการสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าว การศึกษาความทับซ้อนของการให้บริการระบบขนส่งมวลชนนั้นมีความจำเป็นต่อการศึกษารวมถึงการจัดการระบบขนส่งสาธารณะมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการจัดการและวางแผน เพื่อเพิ่มจำนวนรอบของการให้บริการ, จัดสรรทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพในการปฏิบัติการ และสร้างความคุ้มค่าในการลงทุนให้แก่ผู้ประกอบการ

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ระบบบริการขนส่งสาธารณะเสริม (Feeder System)

ระบบที่อำนวยความสะดวกในการเชื่อมโยงพื้นที่ที่ระบบขนส่งสาธารณะหลักไม่สามารถเข้าถึงได้ หรือเข้าถึงลำบาก ส่งผลให้ผู้ใช้บริการไม่ได้รับความสะดวกสบาย โดยไม่ใช้เวลาเกิน 30 นาที โดยรูปแบบสามารถเป็นได้ทั้งรถโดยสาร (Bus) หรือรถตู้โดยสาร (Van) แล้วแต่ความเหมาะสมของพื้นที่และปริมาณการเดินทาง

2.2.2 กฎหมายการกำหนดเส้นทางและรถโดยสารประจำทาง

กล่าวโดยสรุปจาก พรบ.การขนส่งทางบก พ.ศ.2522 ความว่าสามารถขออนุญาตในการเปิดให้บริการรถโดยสารในเส้นทางต่างๆ โดยจำเป็นต้องแจ้งขออนุญาต พร้อมข้อมูลประกอบการพิจารณา ดังที่ระบุใน พรบ. ข้างต้น

2.2.3 ข้อดีและข้อเสียของระบบขนส่งสาธารณะในพื้นที่

กล่าวโดยสรุป ในพื้นที่ศึกษามีการเดินทางหลากหลายรูปแบบแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มย่อย ดังตาราง

ตาราง 2.2-1 รูปแบบการให้บริการ และข้อดีข้อเสีย

กลุ่ม	ข้อดี	ข้อเสีย
รถไฟฟ้าใต้ดิน	รวดเร็ว	ไม่ครอบคลุมเส้นทาง
รถโดยสารประจำทาง	ถูก ครอบคลุมเส้นทาง	รอนาน
รถโดยสารไม่ประจำทาง	รวดเร็ว ไม่ต้องรอ	แพง ปัญหาโกงราคา

2.2.4 การสุ่มตัวอย่าง (Sampling Technique)

เนื่องด้วยข้อจำกัดบางประการในการวิจัย เช่น เวลา แรงงานงบประมาณ จึงใช้การสุ่มตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนประชากร ซึ่งอาศัยมีหลักการที่ยอมรับในทางวิชาการซึ่งช่วยให้มีระเบียบแบบแผนตามเหมาะสมกับประชากรแต่ละประเภท

2.2.5 แบบจำลองทางเลือกวิธีการเดินทาง (Discrete Mode Choice Model)

การวิเคราะห์ทางเลือกแบบไม่ต่อเนื่อง เหมาะสมกับการคาดการณ์การเลือกใช้รูปแบบการเดินทางของผู้โดยสาร โดยการวางแผนการขนส่งส่วนใหญ่มักจะใช้แบบจำลอง Binary Logit Model หรือ Multinomial Logit Model ตามความซับซ้อนของโครงการ

2.2.6 การประเมินมูลค่าโดยวัดความพึงพอใจโดยตรง (Stated Preference Techniques)

การสำรวจด้วยวิธีดังกล่าว จัดทำเพื่อสำรวจความพึงพอใจของผู้เดินทางต่อรูปแบบการเดินทางรูปแบบใหม่ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

โดยการสมมติสถานการณ์ขึ้นมา โดยให้ผู้โดยสารแสดงความคิดเห็นที่มีต่อสถานการณ์จำลองนั้น

2.2.7 การประเมินโดยวิธีสังเกตความพึงพอใจที่เปิดเผย (Revealed Preference Techniques)

การสำรวจด้วยวิธีดังกล่าว เป็นการสำรวจ ความพึงพอใจของผู้เดินทางภายใต้สถานการณ์จริงที่มีอยู่ในปัจจุบัน จากประสบการณ์ การรับรู้และการใช้งานที่ผู้โดยสารได้ประสบมา

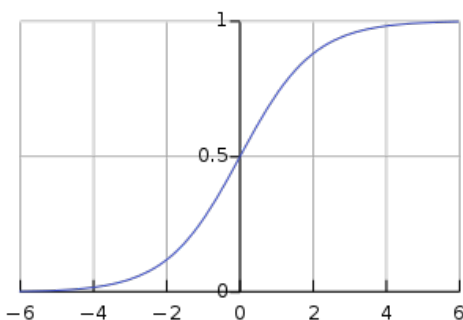
2.2.8 ประเภทของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเลือก

จากวิธีการประเมินทางเลือกที่ได้กล่าวไปใน 2.2.6 และ 2.2.7 จำเป็นต้องมีการใช้อย่างเหมาะสมในแต่ละคำถาม เช่น หากถามถึง ปัญหาที่พบในปัจจุบัน ควรประเมินด้วย Revealed Preference แต่หากถามความคิดเห็นที่มีต่อการให้บริการที่ยังไม่เกิดขึ้นจริง ควร ประเมินด้วย Stated Preference

2.2.9 การวิเคราะห์แบบจำลองความถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression Model)

เป็นการวิเคราะห์แบบจำลองความน่าจะเป็นที่มีความสัมพันธ์ของปัจจัยต่อผลลัพธ์แบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งความน่าจะเป็นของผลลัพธ์เป็นฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid Function) หรือ ฟังก์ชันรูปตัว S โดยฟังก์ชันโลจิสติกมีสมการและลักษณะดังแสดงใน (2.2-1) และรูปที่ 2.2-1

$$F(Z_i) = \frac{1}{1+e^{(-z)}} \quad (2.2-1)$$



รูปที่ 2.2-1 ตัวอย่างฟังก์ชันโลจิสติก

โดยสามารถสร้างแบบจำลองความน่าจะเป็นโดยให้ Z_i เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของตัวแปรดังแสดงใน (2.2-2)

$$Z_i = \beta_1 + \beta_2 X_i \quad (2.2-2)$$

ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่ผลลัพธ์จะเกิดขึ้นเป็นฟังก์ชันโลจิสติกของ Z_i ดังแสดงใน (2.2-3)

$$P(Y_i = 1) = F(Z_i) = \frac{1}{1+e^{(-z)}} \quad (2.2-3)$$

2.2.10 ทฤษฎีอรรถประโยชน์ (Utility Theory)

โดยทั่วไปเป็นทฤษฎีอรรถประโยชน์ที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์ พฤติกรรมการบริโภคของผู้ใช้บริการ ภายใต้ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดย ทฤษฎีผู้ให้บริการจะเลือกการให้บริการที่เกิดอรรถประโยชน์รวม สูงสุด (Utility Maximization) แบ่งเป็น 3 รูปแบบ

1) อรรถประโยชน์ทางเลือก

ใช้วิเคราะห์พฤติกรรมการเลือกวิธีการเดินทางที่มีรายละเอียดแตกต่างกัน โดยมีเซตของทางเลือก (Choice Set) โดยผลลัพธ์จะได้เป็นค่าคะแนนอรรถประโยชน์รวม ที่สามารถนำมาเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบการให้บริการได้

2) อรรถประโยชน์ที่มีความแน่นอน

ผู้เดินทางที่มีพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกอย่างมีเหตุผล ผู้เดินทางจะเลือกทางเลือกที่ให้ค่าอรรถประโยชน์สูงกว่าเสมอ

3) อรรถประโยชน์สุ่ม

ในทางปฏิบัติ การเลือกอาจไม่สมเหตุสมผลเสมอไป ด้วยเหตุผล ส่วนตัวแม้จะให้อรรถประโยชน์ต่ำกว่าก็ตาม ซึ่งสามารถนำไป วิเคราะห์เป็นค่าความมคลาดเคลื่อนของฟังก์ชันอรรถประโยชน์ได้

2.2.11 ต้นทุนทางการเงิน (Finance costs)

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการก่อหนี้สินของกิจการ เช่น ดอกเบี้ย ค่าธรรมเนียมของกิจการ

2.2.13 ต้นทุนทางเศรษฐกิจ (Economics costs)

ต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการผลิตสินค้าหรือบริการนั้น ไม่ว่าจะ มีการจ่ายไปจริงหรือไม่ก็ตาม

2.2.13 สถานะเงินเฟ้อ (Inflation)

ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงดัชนีราคาในปัจจุบันเทียบกับปีก่อน

2.2.14 การหักค่าเสื่อมราคา (Depreciation)

เป็นไปตาม พระราชกฤษฎีกาออกตามความในประมวลรัษฎากร ว่าด้วยหักค่าสึกหรอ และค่าเสื่อมราคาของทรัพย์สิน (ฉบับที่ 145) พ.ศ. 2527 มาตรา 4

2.2.15 การคำนวณภาษีเงินได้นิติบุคคล (Corporate Tax)

เป็นไปตามประมวลรัษฎากร ส่วน 3 การเก็บภาษีจากบริษัทและ ห้างหุ้นส่วนนิติบุคคล

2.2.16 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ (Feasibility Study)

การประเมินความเป็นไปได้ของแผนงานหรือโครงการว่ามี แนวโน้มที่จะประสบความสำเร็จหรือไม่ และมีผลตอบแทนจากการ ลงทุนในรูปแบบกำไรหรือประโยชน์ต่อสังคมเป็นอย่างไร

2.2.17 การดำเนินการศึกษาความเป็นไปได้

(Feasibility Study Implementation)

ตารางที่ 2.2-2 สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการศึกษาความเป็นไปได้

สิ่งที่คำนึงถึง	รายละเอียด
การพิจารณาทางเทคโนโลยี	ถามว่าต้องใช้สิ่งใดบ้าง คุณมีหรือไม่ ถ้าไม่มีคุณหาซื้อได้หรือไม่ มีค่าใช้จ่ายเท่าใด
ตลาดที่มีอยู่	ตรวจสอบตลาดในท้องถิ่นและตลาดที่กว้างขึ้นสำหรับผลิตภัณฑ์ บริการ แผน หรือธุรกิจ
กลยุทธ์ทางการตลาด	อธิบายโดยละเอียด
บุคลากรที่ต้องการ	โครงการนี้ต้องการบุคลากรด้านใดบ้าง จัดทำผังองค์กร
กำหนดการและระยะเวลา	รวมเครื่องหมายความสำคัญสำหรับที่เสร็จสิ้นโครงการ การเงินโครงการ
ผลลัพธ์และข้อเสนอนะ	แยกย่อยเป็นกลุ่มย่อยของเทคโนโลยี การตลาด องค์กร และการเงิน

2.2.18 การประเมินความเป็นไปได้ของโครงการ (Project Evaluation)

กระบวนการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลโครงการทั้งด้านวัตถุประสงค์ การดำเนินงาน และผลลัพธ์ ตามวัตถุประสงค์อย่างเป็นระบบ เพื่อใช้ในการพิจารณาตัดสินใจ ปรับปรุง แก้ไข พัฒนาต่อไปผ่านตัวชี้วัดดังต่อไปนี้

- 1) ระยะเวลาคืนทุน (Discounted Payback Period)
- 2) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Worth: NPW)
- 3) อัตราผลตอบแทน (Internal Rate of Return: IRR)
- 4) การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

3 ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 รูปแบบของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือหลักในการรวบรวมข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ มาใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้รูปแบบการเดินทาง และวิเคราะห์แนวโน้มการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางไปสู่รูปแบบใหม่ที่เหมาะสม โดยให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์ 2 ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกใช้ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเดินทางและระยะเวลาการคอยรถให้บริการ

3.2 การศึกษาหาปริมาณการเดินทาง (Travel Demand)

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหาปริมาณการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะที่มีต้นทางและปลายทางในจุดเชื่อมต่อการเดินทางทั้ง 3 แห่งในปัจจุบัน เพื่อที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์สัดส่วนเพื่อหาจำนวนผู้ใช้งานที่เปลี่ยนมาใช้บริการรูปแบบใหม่

โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะรูปแบบต่างๆ ของผู้โดยสารในขอบเขตวิจัย เพื่อทราบถึงความต้องการเดินทาง (Travel Demand) โดยแบ่งรูปแบบการเก็บข้อมูลได้ ดังแสดงในตาราง

ตาราง 3.2-1 รูปแบบการเก็บข้อมูลเพื่อทราบความต้องการในการเดินทาง

รูปแบบการเก็บข้อมูล	กลุ่มเป้าหมาย	คำถามสัมภาษณ์เพื่อเก็บข้อมูล
สัมภาษณ์	มอเตอร์ไซด์รับจ้างในพื้นที่ศึกษา	- มีผู้โดยสารกี่คนใน 1 วัน - เดินทางด้วยเส้นทางอะไร - วิ่งเส้นไหนบ่อยสุด - ไป BTS/MRT บ่อยแค่ไหน - ใช้ระยะเวลาเท่าไรในการเดินทาง - ได้รับค่าจ้างได้เส้นทางดังกล่าวเท่าไร - ทำวันมีทั้งหมดกี่คัน
GPS Tracking	รถแท็กซี่ที่วิ่งผ่านในเขตพื้นที่การศึกษา	ใช้ข้อมูล GPS Tracking ที่มี หากจำนวนรถแท็กซี่ที่วิ่งผ่านในเขตพื้นที่การศึกษา
สำรวจภาคสนามบนรถบัส (On-Bus Survey)	รถโดยสารประจำทางที่ผ่านในเส้นทาง	การสังเกตจำนวนและลักษณะเฉพาะของผู้โดยสารที่ยืนลงภายในเส้นทางของพื้นที่ศึกษา

คณะผู้วิจัยจะทำการเก็บข้อมูลดังกล่าว โดยเน้นการเดินทางในช่วงที่ไม่มีวันหยุดยาว หรือเทศกาล เพื่อให้ทราบถึงความต้องการเดินทางที่น้อยที่สุด เพื่อใช้วิเคราะห์กรณีที่เลวร้ายที่สุด (Worst Case Scenario)

เมื่อดำเนินการขั้นตอนนี้สำเร็จ คณะผู้วิจัยจะทราบถึงปริมาณการเดินทาง ลักษณะผู้โดยสาร และสัดส่วนการเดินทางรูปแบบต่างๆ ซึ่งจะนำไปใช้ในการกำหนดความน่าจะเป็นในการหาส่วนแบ่งของการขนส่งสาธารณะรูปแบบใหม่

3.3 การศึกษาหาสัดส่วนความเป็นไปได้ ในการเปลี่ยนมาใช้บริการเดินทางรูปแบบใหม่ ด้วยวิธี Stated Preference

จากปริมาณการเดินทางที่ได้จากหัวข้อ 3.2 คณะผู้วิจัยได้นำปริมาณการเดินทางมาคำนวณหาสัดส่วนของการแบ่งมาใช้อย่างเลือกรูปแบบใหม่ เพื่อที่จะนำสัดส่วนที่ได้ไปประเมินความเป็นไปได้ของโครงการตามหลักเศรษฐศาสตร์

3.3.1 การกำหนดรูปแบบการให้บริการ

คณะผู้วิจัยเลือกที่จะให้บริการ คือ รถโดยสารไฟฟ้า (EV Bus) ขนาด 7-9 เมตร เนื่องด้วยมีขนาดเล็ก และคล่องตัวกว่ารถโดยสารในปัจจุบัน และสนับสนุนแนวทางการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า



รูป 3.3-1 แสดงรถโดยสารไฟฟ้าที่จะให้บริการ

โดยรถที่แสดงดังภาพ 3.3-1 เป็นรถโดยสารขนาดตัวที่มีอุปกรณ์ช่วยเหลือการขึ้นลงของผู้พิการ ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกในการขึ้นลงให้กับผู้ใช้บริการทุกกลุ่มมากยิ่งขึ้น

โดยมีเส้นทางให้บริการดังตาราง

ตาราง 3.3-1 รูปแบบการเก็บข้อมูลเพื่อทราบความต้องการในการเดินทาง

ทิศทาง	เส้นทาง	ระยะทาง	เวลาเดินทางเฉลี่ย	ภาพเส้นทาง
ไป หนองจอก 2	สวนจตุจักร (ฝั่งงานจอดรถ)	2.4 กม.	7 นาที	
	สถานีกลางกรุงเทพวิวัฒน์	1.8 กม.	6 นาที	
ไป สวนจตุจักร	สถานีหนองจอก 2			
	สวนจตุจักร (ฝั่งสวน)	2.7 กม.	10 นาที	
หมดระยะบริการ	สวนจตุจักร (ฝั่งสวน)			
	สวนจตุจักร (ฝั่งงานจอดรถ)	2.5 กม.	10 นาที	

โดยเส้นทางที่แสดง ได้พิจารณาแล้วว่ามีความเหมาะสมในด้านระยะทางและเวลาในการเดินทาง และเส้นทางนี้ยังมีการเชื่อมต่อกับระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน หรือรถไฟฟ้าราง 2 สถานี ซึ่งจะส่งเสริมประสิทธิภาพการให้บริการขนส่งมวลชนโดยรวมมากที่สุด

3.3.2 การกำหนดทางเลือกในการใช้บริการของผู้โดยสาร

การออกแบบแบบสอบถามในส่วนของการนำเสนอรูปแบบการเดินทางรูปแบบใหม่จะพิจารณาด้วยวิธี Stated preference ในการสัมภาษณ์ผู้ให้บริการ เนื่องจาก รูปแบบการให้บริการเป็นรูปแบบที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน โดยพิจารณาปัจจัยราคา และระยะเวลาการรอแล้วจึงสร้างสมการอรรถประโยชน์เพื่อพิจารณาทางเลือกจากปัจจัยต่างๆ เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ด้วยวิธี Logistic Regression ในขั้นตอน 3.3.5 โดยมีสมการดังแสดง (3.3-1)

$$V_{in} = \beta_{cost}X_{cost\ in} + \beta_{time}X_{time\ in} + \varepsilon_{in} \quad (3.3-1)$$

เมื่อ i คือ ทางเลือกรูปแบบการเดินทาง และ n คือ ผู้เดินทาง

V_{in} คือ อรรถประโยชน์ที่ผู้เดินทาง n ได้รับจากทางเลือก i

$X_{cost\ i,n}$ คือ ราคาของทางเลือก i ที่ผู้เดินทาง n ประสบ

β_{cost} คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของราคา ของทางเลือก i

$X_{time\ i,n}$ คือ เวลาเดินทางของทางเลือก i ที่ผู้เดินทาง n ประสบ

β_{time} คือ สัมประสิทธิ์ของเวลาที่ใช้ในเดินทางของทางเลือก i

ε_{in} คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของผู้เดินทางคนที่ n ทางเลือก i

ในเบื้องต้นได้กำหนดระยะเวลาในการรอคอยไว้ 3 ระดับ ได้แก่ 15 , 20 , 30 นาที และราคาค่าโดยสาร 3 ระดับ ได้แก่ 15, 20, 25 บาท โดยอ้างอิงจากราคาค่าโดยสารด้วยระบบขนส่งมวลชนในพื้นที่

3.3.3 การดำเนินการสอบถามผู้ให้บริการ

เนื่องด้วยยังไม่ทราบขนาดที่แท้จริงหรือค่าประมาณการประชากร ซึ่งได้ดำเนินการไปพร้อมกันในขั้นตอน 3.2 การพิจารณาขนาดตัวอย่าง (sample size) จึงต้องพิจารณาผ่านการประมาณค่าสัดส่วนประชากร (population proportion) ดังสมการที่ (3.3-2)

$$n = \frac{z^2 p(1-p)}{a^2} \quad (3.3-2)$$

โดย n คือ จำนวนตัวอย่าง

a คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

p คือ ค่าประมาณของสัดส่วนประชากรที่คาดการณ์ไว้

z คือ ค่าคะแนนมาตรฐาน

โดยกำหนดให้ $a = 0.05$, $z = 1.645$ $p = 0.25$ จะได้ว่าได้ค่าประมาณจำนวนเต็มของจำนวนตัวอย่างเท่ากับ 203 คน

3.3.4 การประเมินข้อมูลความต้องการในการเปลี่ยนมาใช้บริการเดินทางรูปแบบใหม่

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้โดยสารในพื้นที่ที่ขอบเขตวิจัย แบ่งเป็น 6 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการเดินทางทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 3 ข้อมูลการเดินทางครั้งล่าสุดของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 4 แบบสอบถามการรับรู้โดยทั่วไป ส่วนที่ 5 แบบสอบถามทางเลือกการเดินทางรูปแบบใหม่ ส่วนที่ 6 การกำหนดรูปแบบการให้บริการ

3.3.5 การวิเคราะห์ผล

วิเคราะห์ข้อมูลจากขั้นตอน 3.3.4 เพื่อหาสัดส่วนการความต้องการในการใช้งานการเดินทางรูปแบบใหม่ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลผ่าน Logistic Regression Model แสดงดังสมการ (3.3-3)

$$P(Y_i = 1) = F(Z_i) = \frac{1}{1+e^{(-z)}} \quad (3.3-3)$$

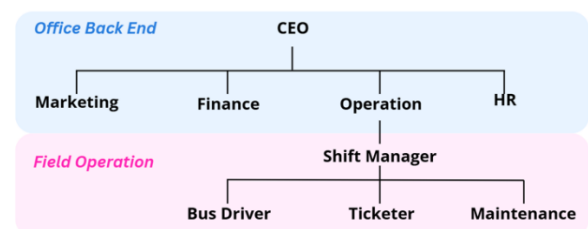
โดย $P(Y_i = 1)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้ให้บริการจะเลือกรูปแบบ i

Z_i คือ ฟังก์ชันรูปแบบการให้บริการที่ราคาและระยะเวลาต่างๆ

เมื่อได้ความน่าจะเป็นของการเลือกใช้รูปแบบต่างๆ แล้ว จะนำมาวิเคราะห์และวางแผนโครงการในด้าน ฝูงรถ จำนวนพนักงาน ตารางการเดินทาง และประเมินความคุ้มค่าโครงการของแต่ละทางเลือกต่อไป

3.4 การประเมินโครงการตามหลักเศรษฐศาสตร์

3.4.1 แผนผังโครงสร้างการปฏิบัติงาน



รูปที่ 3.4-1 แผนผังโครงสร้างการปฏิบัติงาน

3.4.2 การประเมินต้นทุน (Cost Estimation)

ประเมินต้นทุนต่อหน่วยในเบื้องต้นของการจัดหารถโดยสาร การจ้างพนักงานแต่ละตำแหน่ง การบำรุงรักษา และค่าพลังงาน

3.4.3 การวางแผนปฏิบัติการ (Operation Planning)

ในเบื้องต้นแบ่งการวางแผนออกเป็นขั้นตอนดังนี้

- 1) วางแผนตารางการเดินทางให้เหมาะสมกับระยะเวลาการคอยที่ได้กำหนดไว้ในแบบสอบถาม
- 2) วิเคราะห์จำนวนรถที่ใช้ในการให้บริการ ให้สอดคล้องกับตารางการเดินทาง
- 3) วิเคราะห์จำนวนพนักงานในการให้บริการ
- 4) ตรวจสอบขั้นตอนก่อนหน้าและปรับเปลี่ยนการปฏิบัติงานให้สอดคล้องกับความต้องการเดินทางและความคุ้มค่าในการดำเนินโครงการ

3.4.4 การประเมินความเป็นไปได้ของโครงการ (Feasibility Study)

จากการคำนวณต้นทุนข้างต้น และรายได้จากการเดินทางตามที่ได้คำนวณไว้ในขั้นตอน 3.3.5 จะทำให้คณะผู้วิจัยสามารถคำนวณระยะเวลาคืนทุน, อัตราผลตอบแทน, มูลค่าปัจจุบันสุทธิ, อัตราดอกเบี้ย, อัตราภาษีมูลค่าเพิ่ม, อัตราเงินเฟ้อ, อัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ยอมรับได้ และความอ่อนไหวของโครงการ

3.4.5 การวิเคราะห์การกู้เงินเพื่อการประกอบธุรกิจ

(Project Evaluation with Business Loan)

พิจารณาเงินเชื่อจากสถาบันทางการเงินต่างๆ ในช่วงที่ทำการศึกษา เพื่อช่วยในการส่งเสริมความเป็นไปได้และความคุ้มค่าในการลงทุนของโครงการ

4 ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ผลการคาดการณ์ปริมาณการเดินทางเชื่อมต่อดังระบบขนส่งสาธารณะในพื้นที่ศึกษา

ตาราง 4.1-1 ข้อมูลทุกข้อมูที่ใช้ประกอบการศึกษา

ข้อมูล	รายละเอียด	แหล่งที่มา
ประกาศกรมการขนส่งทางบก 9/2562	สายรถโดยสารประจำทางและเงื่อนไขจำนวนการให้บริการอื่น	กรมการขนส่งทางบก
WIN_location.csv	GIS ของบริเวณสถานีรถไฟ	สถาบันการขนส่ง
Taxi_trip_od.csv	ข้อมูล Taxi Meter log การให้บริการ Taxi	รฟท.กรมการขนส่งทางบก
MRT_BL_OD_Matrix.xlsx	สรุปการเดินทางรายสถานีของ MRT สายสีน้ำเงินในรูปแบบ OD matrix	การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

ผลการศึกษาและคาดการณ์ปริมาณการเดินทางรูปแบบต่างๆ จากการสัมภาษณ์และแหล่งข้อมูลต่างๆ ได้ผลการคาดการณ์ปริมาณผู้โดยสารที่เดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะในพื้นที่ศึกษา ดังตาราง

ตาราง 4.1-2 ผลการคาดการณ์ปริมาณการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะรูปแบบต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา

วิธีการเดินทาง	ไปกรุงเทพมหานคร/หมอชิต 2	ไปสวนจตุจักร	รวม (คน/วัน)
รถประจำทาง	226	175	401
วินมอเตอร์ไซด์	1,632	1,992	3,424
Taxi	43	53	96
MRT	7,993	17,204	25,197
รถรับจ้างเอกชนอื่นๆ	ไม่สามารถประมาณได้		
รวม	9,894	19,424	29,254

ตาราง 4.1-3 ผลการคาดการณ์ปริมาณการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะรูปแบบต่างๆ เฉพาะเส้นทางโครงการ

วิธีการเดินทาง	ไปกรุงเทพมหานคร/หมอชิต 2	ไปสวนจตุจักร	รวม (คน/วัน)
รถประจำทาง	226	175	401
วินมอเตอร์ไซด์	1,632	1,992	3,424
Taxi	43	53	96
MRT	7,993	17,204	25,197
รถรับจ้างเอกชนอื่นๆ	ไม่สามารถประมาณได้		
รวม	9,894	2,220	12,114

หมายเหตุ : ไม่สามารถเข้าถึงฐานข้อมูลจำนวนผู้โดยสารของรถรับจ้างเอกชนอื่นๆ ได้ และไม่สามารถทำการสังเกตและสัมภาษณ์ผู้โดยสารรถรับจ้างเอกชนอื่นๆ ได้อย่างทั่วถึง จึงไม่สามารถคาดการณ์ปริมาณผู้โดยสารในหนึ่งวันได้จากการลงพื้นที่

4.2 ผลการสอบถามความต้องการใช้งานระบบการเดินทางเชื่อมต่อทางเลือกรูปแบบใหม่

4.2.1 กลุ่มตัวอย่างในการเก็บแบบสอบถามและสัมภาษณ์

กลุ่มตัวอย่างคือผู้ใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะเชื่อมต่อระหว่างสวนจตุจักร สถานีกลางกรุงเทพอภิวัฒน์ และสถานีขนส่งหมอชิต 2

ด้วยเทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบ Convenience Sampling และ Snowball Sampling

4.2.2 การสัมภาษณ์ผู้โดยสารที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย

จากการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามกับผู้โดยสารที่เป็นกลุ่มเป้าหมายของงานวิจัย ตั้งแต่วันที่ 12 มีนาคม 2568 ถึง 30 เมษายน 2568 มีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 219 คน

4.2.3 การจัดการข้อมูล (Clean Data)

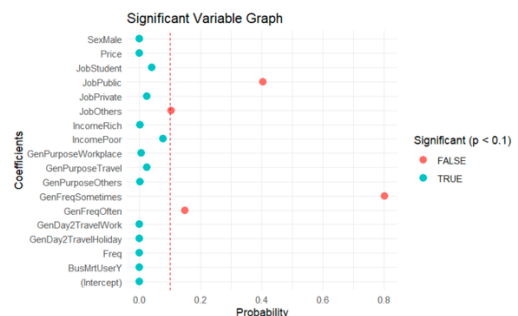
ทำการแยกข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลที่สามารถนำมาวิเคราะห์การเลือกรูปแบบการเดินทาง และข้อมูลความคิดเห็นที่ใช้ในการปรับปรุงการให้บริการ ออกจากกัน พร้อมทั้งจัดระเบียบข้อมูลด้วย Microsoft Excel และ R Programming

รูป 4.2-1 การจัดการข้อมูลด้วย Microsoft Excel

รูป 4.2-2 การจัดการข้อมูลด้วย R Programming

4.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Logistic Regression Model

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Logistic regression model ด้วยคำสั่ง glm() ผ่าน R Programming โดยการพิจารณาตัวแปรที่ส่งผลให้ผลลัพธ์ของโมเดลที่ดีที่สุด ได้แก่ เพศ, อาชีพ, รายได้, วัตถุประสงค์ในการเดินทาง, ความถี่ในการเดินทาง, ช่วงเวลาในการเดินทาง, เป็นผู้ใช้ระบบขนส่งสาธารณะหรือไม่, ราคาของสถานการณทางเลือก, เวลาคอยของสถานการณทางเลือก



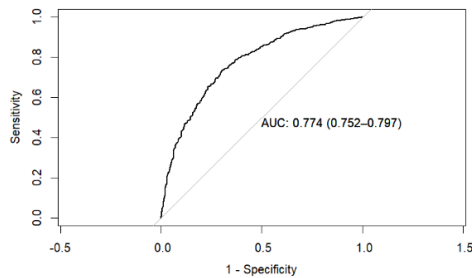
รูป 4.2-3 รูปแสดงระดับนัยสำคัญของตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์

และยืนยันคุณภาพของโมเดลที่เลือกใช้ (myModel21) ด้วยค่า AIC พบว่ามีค่าต่ำที่สุดจากทุกแบบที่ได้ทดลองทำ

Description	df	AIC
myModel11	19	2027.219
myModel21	18	2025.572
myModel31	17	2028.063

รูป 4.2-4 รูปแสดงค่า AIC ของโมเดลที่ทดลองทำ

ผลการทดสอบด้วย ROC curve และ AUC ก็แสดงว่าโมเดลนั้นมีประสิทธิภาพในการ Classification และผลการวิเคราะห์ Train Accuracy อยู่ที่ 76.05%



รูป 4.2-5 ค่า ROC curve และค่า AUC ของ myModel21



รูปที่ 4.2-6 Performance ของ myModel21

		Actual	
		ใช่ (1)	ไม่ใช่ (0)
Predicted	ใช่ (1)	1,274	117
	ไม่ใช่ (0)	355	225

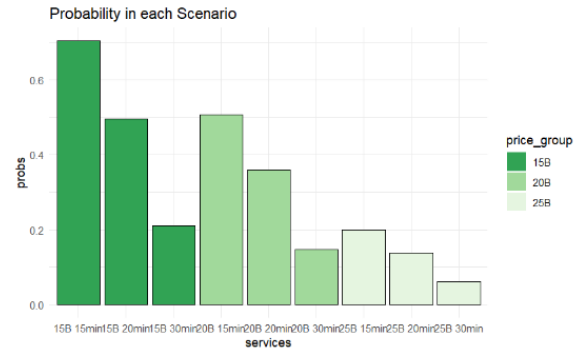
รูปที่ 4.2-7 Confusion Matrix ของแบบจำลอง

4.2.5 ข้อมูลเชิงลึกที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล

ตาราง 4.2-1 ข้อมูลเชิงลึกที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล

ตัวแปร	รายละเอียด
เพศของผู้เดินทาง	ผู้หญิงมีแนวโน้มในการเปลี่ยนมาใช้บริการมากกว่าผู้ชาย
อาชีพของผู้เดินทาง	กลุ่มอาชีพนักเขียนและพนักงานรัฐวิสาหกิจมีแนวโน้มในการเปลี่ยนมาใช้บริการมากที่สุดตามด้วยกลุ่มอาชีพอื่น ๆ และกลุ่มอาชีพพนักงานเอกชนตามลำดับ
รายได้ของผู้เดินทาง	กลุ่มคนที่มีรายได้สูงมีแนวโน้มในการเปลี่ยนมาใช้บริการมากที่สุดตามด้วยกลุ่มคนที่มีรายได้ปานกลาง และกลุ่มคนที่มีรายได้ต่ำ ตามลำดับ
วัตถุประสงค์ในการเดินทาง	ผู้เดินทางที่เดินทางเพื่อไปทำงาน/ธุระ/เรียนมีแนวโน้มในการเปลี่ยนมาใช้บริการมากกว่าผู้เดินทางเพื่อท่องเที่ยวและกลับบ้าน
ความถี่ในการเดินทาง	ผู้เดินทางที่เดินทางบ่อย, ปานกลาง และน้อยมีแนวโน้มในการเปลี่ยนมาใช้บริการในสัดส่วนใกล้เคียงกัน
ประเภทของวันในการเดินทาง	ผู้เดินทางที่เดินทางในวันธรรมดาและวันหยุดมีแนวโน้มในการเปลี่ยนมาใช้บริการมากกว่าผู้เดินทางที่เดินทางภายในวันใดวันหนึ่ง
เป็นผู้ใช้งานขนส่งสาธารณะหรือไม่	ผู้ที่ไม่เป็นผู้ใช้งานขนส่งสาธารณะมีแนวโน้มในการเปลี่ยนมาใช้บริการมากกว่าผู้ที่เป็นผู้ใช้งานขนส่งสาธารณะมาก่อน
ราคาของแต่ละทางเลือก	เมื่อราคาในแต่ละทางเลือกมากขึ้น ผู้เดินทางมีแนวโน้มในการเปลี่ยนมาใช้บริการน้อยลง
Headway ของแต่ละทางเลือก	เมื่อความถี่ในแต่ละทางเลือกมากขึ้น ผู้เดินทางมีแนวโน้มในการเปลี่ยนมาใช้บริการน้อยลง

4.2.6 การนำเสนอข้อมูล (Visualization)



รูปที่ 4.2-8 กราฟความน่าจะเป็นเทียบกับรูปแบบการให้บริการต่างๆ

4.2.7 ผลการวิเคราะห์ความต้องการใช้งานการเดินทางรูปแบบใหม่

เมื่อพิจารณาสัดส่วนความต้องการ ประกอบกับข้อมูลการเดินทางในหัวข้อ 4.1 จะได้ผลคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารดังตาราง

ตาราง 4.2-2 ผลการวิเคราะห์ความต้องการใช้งานการเดินทางรูปแบบใหม่

สถานการณ์	สัดส่วนความต้องการต่อผู้โดยสารรวม	จำนวนผู้โดยสารที่ต้องการเปลี่ยนมาใช้งาน (คน)
15 บาท 15 นาที	70.57 %	8,549
15 บาท 20 นาที	49.62 %	6,011
15 บาท 30 นาที	20.95 %	2,538
20 บาท 15 นาที	50.68 %	6,140
20 บาท 20 นาที	35.92 %	4,351
20 บาท 30 นาที	14.76 %	1,788
25 บาท 15 นาที	19.89 %	2,409
25 บาท 20 นาที	13.70 %	1,659
25 บาท 30 นาที	6.19%	750

4.3 การวางแผนการให้บริการ (Operation Planning)

4.3.1 ผลการสำรวจระยะเวลาการเดินทางโดยเฉลี่ย

ตาราง 4.3-1 ผลการสำรวจระยะเวลาการเดินทางในช่วงต่างๆ

ช่วงเวลา	ระยะเวลาการเดินทางโดยเฉลี่ย				
	ชาวเชียงใหม่			ชาวเชียงใหม่	หมายเหตุ
	จตุจักร มุ่งสวนจตุจักร -> กรุงเทพฯ	กรุงเทพฯ มุ่งจตุจักร -> กรุงเทพฯ	รวมชาวเชียงใหม่	จตุจักร มุ่งสวนจตุจักร -> กรุงเทพฯ	จตุจักร มุ่งสวนจตุจักร -> กรุงเทพฯ
ช่วงโม่งเร่งด่วนที่ไม่ใช่ช่วงเทศกาล	7 นาที 2 วิ	3 นาที 43 วินาที	10 นาที 45 วินาที	14 นาที 11 วินาที	8 นาที 12 วินาที
ช่วงโม่งเร่งด่วนช่วงเทศกาลสงกรานต์	13 นาที 57 วินาที	5 นาที 13 วินาที	19 นาที 10 วินาที	23 นาที 7 วินาที	8 นาที 57 วินาที
นอกช่วงเวลาเร่งด่วน	4 นาที 46 วินาที	2 นาที 50 วินาที	7 นาที 36 วินาที	7 นาที 10 วินาที	5 นาที 42 วินาที

4.3.2 ผลการวิเคราะห์และออกแบบตารางการให้บริการการเดินทางและผู้รถ (fleet Assignment)

เพื่อให้สอดคล้องกับระบบขนส่งมวลชนมากที่สุด โครงการในงานวิจัยนี้ ควรให้บริการ เทียบแรก 05:00 น. จากหมอชิต 2 และเที่ยวสุดท้าย 21:30 น. จากสวนจตุจักร โดยพิจารณาช่วงเร่งด่วน 2 ช่วง ได้แก่ช่วงเวลา 05:00-09:00 น. และ 16:00-20:00 น. ซึ่งจะปรับเปลี่ยนระยะเวลาการคอยการให้บริการเป็น 15 นาที, 20 นาที และ

30 นาที ตามลำดับ โดยช่วงนอกเวลาเร่งด่วนจะปรับเปลี่ยนระยะเวลา รอคอยเป็น 30 นาที รูปแบบเดียว จากเงื่อนไขดังกล่าวสามารถ จำแนกจำนวนเที่ยวการให้บริการและจำนวนรถให้บริการได้ดังนี้

ตาราง 4.3-2 ตารางแสดงจำนวนรถและเที่ยวการเดินรถ ที่สอดคล้องกับระยะเวลาการให้บริการ

ระยะเวลาคอย	จำนวนเที่ยวสูงสุด	จำนวนรถที่ใช้ให้บริการ
15 นาที	106	5
20 นาที	84	4
30 นาที	68	3

ตาราง 4.3-3 ตารางแสดงความสามารถในการรองรับผู้โดยสารของโครงการ

Service		Demand (Pax/Day)	Line Capacity (Pax/Day)	Demand Capture (%)	Load Factor (%)
Fare (Baht)	Headway (min)				
15	15	8,549	4,240	50%	100%
	20	6,011	3,360	56%	100%
	30	2,538	2,720	100%	93%
20	15	6,139	4,240	69%	100%
	20	4,351	3,360	77%	100%
	30	1,788	2,720	100%	66%
25	15	2,409	4,240	100%	57%
	20	1,660	3,360	100%	49%
	30	750	2,720	100%	28%

4.3.3 ผลการวิเคราะห์และออกแบบตารางการทำงานของพนักงานระดับปฏิบัติการ (Crew Assignment)

ในการปฏิบัติงาน โดยจำเป็นต้องมีพนักงานระดับปฏิบัติการ แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ช่วงกะเวลา ได้แก่ 04.30 – 13.30 น. และ 13.30 – 22.30 น. เพื่อให้ได้จำนวนพนักงานแต่ละตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้เครื่องมือ Excel Solver โดยได้ข้อสรุปดังนี้

ตาราง 4.3-3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์จำนวนพนักงาน

		Daily	weekly
15 นาที	พนักงานขับรถให้บริการ	10	14
	พนักงานดูแลตัวโดยสาร และจุดจอดรถให้บริการ	6	9
	พนักงานขับรถให้บริการ	8	12
20 นาที	พนักงานดูแลตัวโดยสาร และจุดจอดรถให้บริการ	6	9
	พนักงานขับรถให้บริการ	4	6
	พนักงานดูแลตัวโดยสาร และจุดจอดรถให้บริการ	6	9

4.3.4 อภิปรายการวางแผนการให้บริการ

ในการให้บริการ จำนวนรถที่ใช้ในการให้บริการดังแสดงในตาราง จะรวมรถโดยสารสำรอง 1 คัน เพื่อใช้ในการหมุนเวียนกรณีเติมพลังงาน และอุบัติเหตุต่างที่อาจเกิดขึ้นได้ แต่พบว่ารถบริการให้บริการ สูงสุดยังไม่สามารถรองรับความต้องการของผู้โดยสารที่มีความต้องการจะเปลี่ยนมาใช้บริการได้ทั้งหมด แต่ด้วยการเพิ่มความจุของระบบที่นอกเหนือจากที่ระบุเอาไว้ในแบบสอบถาม อาจขัดแย้งกับ Stated Preference ที่ได้ดำเนินการในขั้นตอน 4.2 จึงพิจารณาโครงการต่อด้วยผลลัพธ์ที่ได้ในขั้นตอนนี้ต่อไป

4.4. การประเมินความคุ้มค่าโครงการ (Project Evaluation)

4.4.1 ผลการสืบค้นต้นทุนการดำเนินงานเบื้องต้น

ตาราง 4.4-1 ตารางแสดงข้อมูลต้นทุนการดำเนินงาน

รายการ	มูลค่า	หมายเหตุ
ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการ (Overhead)		
ค่าเช่าสำนักงาน	10,000 บาท/เดือน	
ค่าจ้างพนักงานบริหารจัดการ	35,000 บาท/เดือน	
ค่าจ้างพนักงานระดับปฏิบัติการ		
พนักงานขับรถให้บริการ	19,500 บาท/เดือน	
พนักงานเก็บค่าโดยสารและผู้จัดการภาคสนาม	19,000 บาท/เดือน	
ยานพาหนะ		
ราคารถโดยสารให้บริการ	4,950,000 บาท/คัน	
ภาษีรถโดยสารประจำทางประจำปี	2900 บาท/ปี	รถโดยสารประจำทาง หนักรถ 7001 กก.ขึ้นไป
ประกันรถโดยสารประจำทางประจำปี	20000 บาท/ปี	ประกันภัยประเภทสาม รถโดยสารเพื่อการพาณิชย์ พร้อมค่ารักษาพยาบาล
พรบรถยนต์สาธารณะ	7155 บาท/ปี	
ค่าเช่าที่จอดรถให้บริการ	1,000 บาท/คัน-เดือน	
ค่าเชื้อเพลิงรถให้บริการ (ไฟฟ้า)	7.50 บาท/ลิตร-เมตร	
ค่าบำรุงรักษารถให้บริการ	0.5 บาท/กิโลเมตร	

ตาราง 4.4-2 ตารางแสดงข้อมูลการกู้ยืมเงินจากสถาบันการเงิน

สถาบันทางการเงิน	อัตราดอกเบี้ย	วงเงินสูงสุด	เงื่อนไข
A	7.15 %	10,000,000	ต้องมีหลักประกันค้ำ โดยสามารถกู้ได้ 95% ของทรัพย์สิน
B	9.08 %	12,000,000	ต้องมีหลักประกันค้ำ โดยสามารถกู้ได้ 95% ของทรัพย์สิน
C	17.50 %	6,000,000	ไม่ต้องมีหลักประกันค้ำ

4.4.2 ผลการประเมินความคุ้มค่าของโครงการโดยจำแนกแต่ละทางเลือกรูปแบบการให้บริการแก่ผู้ใช้บริการ

ตาราง 4.4-3 แสดงความคุ้มค่าทางการเงินของการบริการรูปแบบต่างๆ

Waiting Time	Fare	NPW	IRR
15 นาที	15 บาท	37,317,356.41	45.60%
	20 บาท	61,999,117.23	70.29%
	25 บาท	33,388,066.66	41.51%
20 นาที	15 บาท	27,671,934.09	42.54%
	20 บาท	47,231,065.30	67.05%
	25 บาท	17,310,251.48	28.72%
30 นาที	15 บาท	18,773,136.62	38.74%
	20 บาท	16,083,756.08	34.02%
	25 บาท	(5,056,311.39)	-8.01%

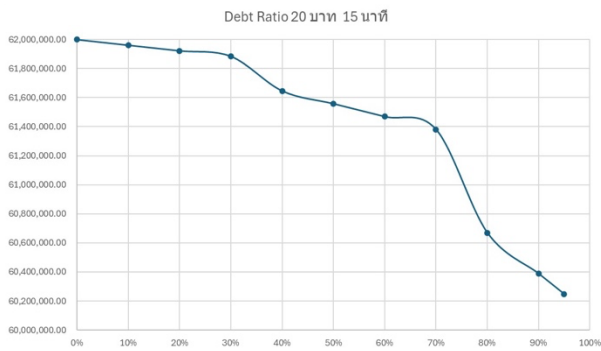
จากการประเมินความคุ้มค่าโครงการ พบว่ารูปแบบการให้บริการที่ส่งผลต่อความคุ้มค่าโครงการมากที่สุด คือค่าโดยสาร 20 บาท ระยะเวลาการรอคอย 15 นาที

4.4.3 ผลการประเมินความคุ้มค่าของโครงการโดยจำแนกกรณีที่มีการกู้ยืมเงินจากสถาบันทางการเงิน

ตาราง 4.4-4 แสดงความคุ้มค่าทางการเงินของการบริการเมื่อมีการกู้ยืมที่ Debt Ratio ต่างๆ

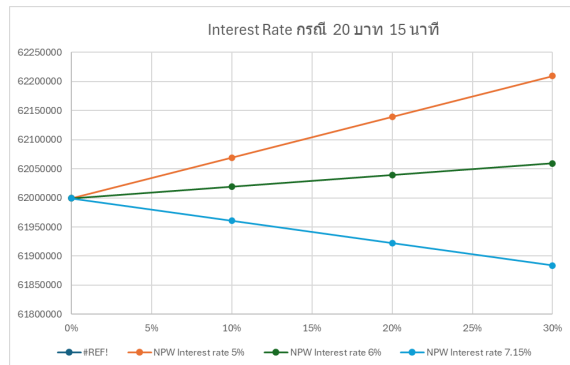
Debt Ratio	ราคา 20 บาท 15 นาที	
	NPW	IRR
0%	61,999,117.23	70.29%
10%	61,960,683.21	76.70%
20%	61,922,249.20	84.59%
30%	61,883,815.19	94.57%
40%	61,645,869.96	107.36%
50%	61,557,558.14	125.14%
60%	61,469,246.33	151.17%
70%	61,380,934.51	193.17%
80%	60,669,922.92	270.73%
90%	60,388,221.71	479.91%
95%	60,247,371.11	807.98%

พิจารณาจำลองการกู้ยืมเพื่อการลงทุนด้วยกรณี 20 บาท 15 นาที



รูป 4.4-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง NPV และ Dept Ratio

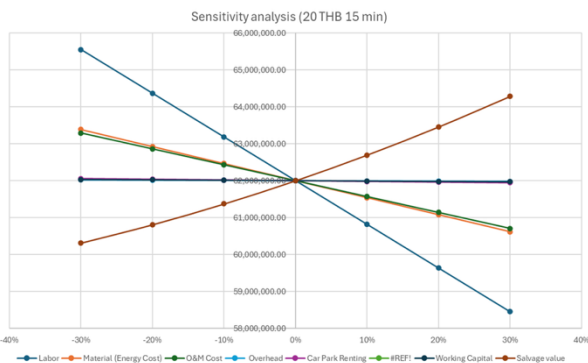
จำแนกกรณีที่มีการกู้เงินจากสถาบันการเงินโดยมีการเปลี่ยนแปลงของ Interest Rate



รูป 4.4-2 กราฟแสดง ความสัมพันธ์ ของ NPV และ Dept Ratio กรณีมีการปรับเปลี่ยนดอกเบี้ยเงินกู้

ดอกเบี้ยที่ 6 % ทำให้ค่า NPW มีมูลค่าเพิ่มขึ้นตาม Debt Ratio ขึ้นจริง แม้ว่า IRR จะลดลงตามการเพิ่มขึ้นของ NPW แต่การเพิ่มขึ้นของ NPW นั้นเกิดมาจากประโยชน์ของการลดหย่อนภาษีจากเงินกู้ และทำให้ต้นทุนรวมของเงินทุน (WACC) ที่ใช้ลดน้อยลง แต่ IRR ก็สะท้อนให้เห็นความเสี่ยงและการะหนักที่สูงขึ้นจริง โดยอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ต้องต่ำกว่า 6.34% จึงจะมีความเหมาะสมในการกู้ยืมเงินจากสถาบัน

4.4.4 การจำแนกประเมินความคุ้มค่าของโครงการกรณีของการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง (Sensitivity Analysis)



รูป 4.4-3 กราฟแสดงปัจจัยที่ส่งผลความคุ้มค่าทางการเงิน

จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหว Sensitivity Analysis ได้ทราบได้ว่าไม่ ว่ากรณีใดก็ตามยกเว้น Salvage Value หากมีการเพิ่มขึ้นถึงปัจจัยต่าง ๆ นั้นย่อมส่งผลเชิงลบต่อ NPV โดยการเพิ่มขึ้นของค่าจ้างพนักงานเป็นจะส่งผลเชิงลบต่อโครงการมากที่สุด

4.4.6 การสรุปและวิเคราะห์ผลความคุ้มค่าของโครงการกรณี Best Case, Base Case และ Worst Case Scenario

ตาราง 4.4-5 ตารางวิเคราะห์ความคุ้มค่า พิจารณาทุกรอบแบบการให้บริการ

5 Years Project		Best Case	Base-Case	Worst- Case
Demand	Average Passenger per Day	4,240	3,360	1,908
	Annual Passenger	1,547,600	1,226,400	696,420
Revenue	Fare (THB)	20	15	25
	Annual Revenue	30,952,000.00	18,396,000.00	17,410,500.00
	Salvage Value	5,000,000.00	5,000,000.00	5,000,000.00
Fixed Cost	Overhead (Fix) / year	-1,350,275.00	-1,350,275.00	-1,350,275.00
	Labor Cost (Fix) / year	-3,708,000.00	-3,708,000.00	-3,708,000.00
	Car Park Renting (Fix) / year	-60,000.00	-60,000.00	-60,000.00
	Working Capital (Fix)	-500,000.00	-500,000.00	-500,000.00
	Borrowed Fund (Fix)	-	-	-
	Equity	-24,750,000.00	-19,800,000.00	-14,850,000.00
Variable Cost	Energy Fuel (Var) / year	-1,450,875.00	-1,149,750.00	-930,750.00
	OM Cost (Var) / year	-23,850.00	-18,900.00	-15,300.00
	Inflation (Var) / year	1.62%	1.62%	1.62%
Depreciation		DDB Method		
Index	NPW	61,999,117.23	27,671,934.09	-5,056,211.39
	IRR	70.29%	67.05%	-8.01%
	Payback Period	127 Years	131 Years	Fail to recover
	%NPW change	65%	0%	-141.44%

ตาราง 4.4-6 ตารางวิเคราะห์ความคุ้มค่า พิจารณากรณี 20 นาที 15 นาที

5 Years Project		Best Case	Base-Case	Worst- Case
Demand	Average Passenger per Day	4,240	2,120	1,798
	Annual Passenger	1,547,600	773,800	656,270
Revenue	Fare (THB)	20	20	20
	Annual Revenue	30,952,000.00	15,476,000.00	13,125,400.00
	Salvage Value	5,000,000.00	5,000,000.00	4,000,000.00
Fixed Cost	Overhead (Fix) / year	-1,350,275.00	-1,350,275.00	-1,476,771.43
	Labor Cost (Fix) / year	-3,708,000.00	-3,708,000.00	-4,055,372.77
	Car Park Renting (Fix) / year	-60,000.00	-60,000.00	-65,620.92
	Working Capital (Fix)	-500,000.00	-500,000.00	-500,000.00
	Borrowed Fund (Fix)	-	-	-
	Equity	-24,750,000.00	-24,750,000.00	-24,750,000.00
Variable Cost	Energy Fuel (Var) / year	-1,450,875.00	-1,450,875.00	-1,948,702.13
	OM Cost (Var) / year	-23,850.00	-23,850.00	-26,084.32
	Inflation (Var) / year	1.62%	1.62%	3.00%
Depreciation		DDB Method		
Index	NPW	62,661,153.16	12,846,098.77	14,507.83
	IRR	70.34%	18.95%	3.02%
	Payback Period	1.28 Years	3.07 Years	4.40 Years
	%NPW change	388%	0%	-99.89%

กรณีที่ให้บริการรูปแบบ 20 นาที 15 นาที พบว่ามีผู้โดยสารให้ได้อย่างน้อย 1,798 คนต่อวัน เมื่อพิจารณาอัตราเงินเฟ้อ 3% และค่าพลังงานเชื้อเพลิงเพื่อ 10% จึงจะสามารถทำให้โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่ยังมากกว่า 0 บาท เมื่อโครงการครบอายุ 5 ปี

5 สรุปผลงานวิจัย

5.1 ผลสรุปงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ของการขนส่งทางเลือกเพื่อเชื่อมต่อบรรณขบวนรถในพื้นที่แขวงจตุจักร ได้แก่ พื้นที่สวนจตุจักร สถานีกลางกรุงเทพอภิวัฒน์ และ สถานีขนส่งผู้โดยสารกรุงเทพฯ จตุจักร (หมอชิต 2) ซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อการเดินทางที่สำคัญระหว่างกรุงเทพมหานครกับจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศไทย

โดยทั้ง 3 แห่งที่ได้กล่าวไปกลับมีปัญหาในการเดินทางด้วยระบบขนส่งมวลชนและพบปัญหาความไม่แน่นอนในระยะเวลารอคอยการให้บริการ นอกจากนี้ผู้ให้บริการรถโดยสารไม่ประจำทางบางส่วนได้ฉวยโอกาสในการเรียกค่าโดยสารเกินควรและมีพฤติกรรมคุกคามผู้ใช้บริการ

จึงนำมาสู่แผนการพัฒนารถโดยสารประจำทางในรูปแบบ Shuttle Bus เพื่อรับส่งเฉพาะจุดเชื่อมต่อการเดินทางทั้งสามแห่ง โดยคาดหวังให้การเดินทางมีความสะดวกรวดเร็ว ทราบเวลารอบการเดินรถอย่างชัดเจน และลดความสับสนในการใช้บริการ

โดยกำหนดรูปแบบการให้บริการด้วยรถโดยสารไฟฟ้าขนาดเล็ก (EV City Bus) ให้บริการในช่วงเวลา 05:00 - 21:30 น.

จากแนวคิดการให้บริการในเบื้องต้นได้แบ่งหัวข้อการศึกษาออกเป็น 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

5.1.1 การประมาณการจำนวนผู้โดยสารด้วยระบบขนส่งสาธารณะเพื่อเชื่อมต่อการเดินทางในพื้นที่ศึกษา

การศึกษาปริมาณการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะรูปแบบต่างๆ ในการเชื่อมต่อพื้นที่ศึกษา ด้วยวิธีการสัมภาษณ์ และศึกษาจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ ได้ผลการศึกษาว่า ใน 1 วันจะมีผู้ใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะในเส้นทางดังกล่าวอย่างน้อย 29,318 คน/วัน รวมไปถึง 12,114 คน/วัน รวมไปถึง เมื่อพิจารณาเฉพาะเส้นทางที่โครงการให้บริการ

5.1.2 การสอบถามความต้องการใช้งานระบบการเดินทางเชื่อมต่อทางเลือกรูปแบบใหม่

จากการสัมภาษณ์ผู้โดยสารกลุ่มเป้าหมายจำนวน 219 คน และวิเคราะห์ด้วย Logistic Regression Model ผ่าน R programming พบว่าสัดส่วนผู้โดยสารที่มีแนวโน้มเปลี่ยนมาใช้งาน Shuttle Bus ระบบใหม่สูงถึงร้อยละ 70.57 เมื่อให้บริการด้วยราคาค่าโดยสาร 15 บาท ที่ระยะเวลารอคอย 15 นาที และสัดส่วนจะลดลงหากราคาหรือระยะเวลาการเพิ่มขึ้น ซึ่งประมาณเป็นจำนวนความต้องการเดินทางสูงสุดได้ที่ 8,549 คนต่อวัน และลดลงตามรูปแบบการให้บริการอื่นๆ ดังแสดงในหัวข้อ 4.2)

5.1.3 การออกแบบตารางการให้บริการและการวิเคราะห์จำนวนรถโดยสารและพนักงานที่ให้บริการ

การออกแบบตารางการเดินทางให้สอดคล้องกับการให้บริการที่ได้กำหนดไว้ในแบบสอบถาม และความต้องการเดินทางของผู้โดยสารกลุ่มเป้าหมาย พบว่ารูปแบบการให้บริการที่ออกแบบไว้ตามแบบสอบถามบางกรณี มีจำนวนผู้โดยสารที่ต้องการเดินทางมากกว่าความจุของระบบที่ให้บริการได้ เช่น กรณีค่าโดยสาร 15 บาท ที่ระยะเวลารอคอย 15 นาที สามารถรองรับความต้องการในการเปลี่ยนมาใช้ได้เพียงร้อยละ 50 เท่านั้น แต่การเปลี่ยนแปลงลักษณะรถที่ให้บริการ ราคา หรือระยะเวลาการให้บริการเพื่อเพิ่มความจุของระบบที่อยู่นอกเหนือจากแบบสอบถาม จะส่งผลให้เกิดการขัดแย้งกับ Stated Preference ที่ได้จากผู้โดยสารในขั้นตอนก่อนหน้า จึงไม่ได้ปรับรูปแบบการให้บริการในส่วนนี้

5.1.4 การประเมินความคุ้มค่าโครงการ

การประเมินโครงการที่ระยะเวลา 5 ปี ด้วยเงื่อนไขต่างๆ พบว่าการให้บริการด้วยค่าโดยสาร 20 บาท ที่ระยะเวลาการรอคอย 15 นาที จะให้ผลตอบแทนที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับทุกกรณี โดยหากมีการใช้งานเต็มความจุของการให้บริการ มูลค่าสุทธิปัจจุบัน (NPW) เท่ากับ 62,661,153.16 บาท และมีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับร้อยละ 70.34 และควรมีผู้ใช้บริการอย่างน้อย 1,798 คนต่อวัน เพื่อให้ NPW มากกว่า 0 บาท และ IRR มากกว่าเงินเฟ้อที่อัตราร้อยละ 3 ต่อปีในทุกปีจกัต้นทุน โดยปีจกัต้นทุนที่มีผลกระทบเชิงลบต่อโครงการมากที่สุดคือค่าจ้างพนักงานปฏิบัติการ และในส่วนของการกู้ยืมเพื่อลงทุน ควรพิจารณาเมื่อดอกเบี้ยเงินกู้้น้อยกว่า 6.65% จึงจะส่งผลให้ ความคุ้มค่าของโครงการเพิ่มสูงขึ้น

5.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

5.2.1 การประมาณการปริมาณการเดินทางในงานวิจัยนี้ มีแนวโน้มต่ำกว่าความเป็นจริง (Underestimate)

เนื่องจากไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลหรือสัมภาษณ์ผู้โดยสารหรือผู้ให้บริการรถรับจ้างเอกชนอื่นๆ เช่น Muvmi Grab Bolt โดยหากสามารถเข้าถึงข้อมูลส่วนนี้ได้จะทำให้ข้อมูลมีความใกล้เคียงกับการเดินทางจริงมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้การวางแผนการดำเนินงานและการประเมินโครงการทำได้อย่างแม่นยำมากยิ่งขึ้น

5.2.2 ประเด็นการย้ายสถานีหมอชิต 2 ไปยังสถานีขนส่งแห่งใหม่ใกล้สถานีกลางกรุงเทพอภิวัฒน์

หลังจากเริ่มต้นการวิจัย ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2568 ทางรัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคม ได้มีการริเริ่มแนวคิดการย้ายสถานีรถโดยสารออกจากพื้นที่สถานีขนส่งหมอชิต 2 ในปัจจุบัน โดยอาจพัฒนาเป็นสนามแข่งขั Formula 1 ซึ่งอาจทำให้อายุโครงการสั้นลง และต้องปรับเปลี่ยนเส้นทางหรือรูปแบบการให้บริการ ซึ่งอาจส่งผลให้โครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุนที่ลดลงได้

5.3 ข้อเสนอแนะของงานวิจัย

5.3.1 การเข้าถึงข้อมูลการเดินทางรูปแบบ Paratransit

การขอความอนุเคราะห์ข้อมูลการเดินทางจากบริษัทที่กำกับรถรับจ้างเอกชนที่เป็น Paratransit เช่น Muvmi Grab Bolt จะช่วยทำให้การคาดการณ์ข้อมูลได้ความครบถ้วนและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

5.3.2 การพิจารณารูปแบบการให้บริการ และประเมินความต้องการใช้บริการใหม่

เนื่องจากจำนวนผู้โดยสารที่ต้องการเปลี่ยนมาใช้ Shuttle Bus รูปแบบใหม่มีมากกว่าที่ระบบจะรองรับได้ ควรออกแบบรูปแบบการให้บริการและสำรวจความต้องการใช้บริการในแต่ละทางเลือกของผู้โดยสารและความคุ้มค่าโครงการใหม่ ให้เหมาะสมกับความต้องการ

5.3.3 การสร้างแบบจำลองในการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งตามช่วงเวลาและรูปแบบการเดินทาง

หากแยกรายละเอียดในการวิเคราะห์ตามช่วงเวลา หรือวิธีการเดินทาง อาจได้ผลการประเมินที่มีความเที่ยงตรงและแม่นยำมากขึ้น ในแต่ละรูปแบบการเดินทาง เพื่อให้ทำการวางแผนการให้บริการและประเมินความคุ้มค่าโครงการได้อย่างแม่นยำมากยิ่งขึ้น

5.3.4 การพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความคุ้มค่าโครงการ

เพื่อให้โครงการได้รับผลกระทบและได้ผลตอบแทนที่ดีที่สุด จึงควรมีการพิจารณาปัจจัยอื่นๆ เช่น การกู้ยืมในอัตราดอกเบี้ยไม่เกิน 6.65% การจัดหารถโดยสารมือ 2 หรือย้ายผู้รถที่ปลดประจำการจากโครงการอื่น จะช่วยเพิ่มความคุ้มค่าในการดำเนินโครงการนี้ได้

5.3.4 การพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความคุ้มค่าโครงการ

จากปัญหาการรับรู้ทางเลือกในการเดินทาง โดยเฉพาะรถโดยสารประจำทาง โครงการควรขุดเด่นเรื่องตารางเวลา จุดขึ้นลงที่ชัดเจน และประชาสัมพันธ์อย่างทั่วถึง เข้าใจง่าย และชัดเจน เพื่อดึงดูดผู้ใช้บริการจากระบบขนส่งสาธารณะประเภทอื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. พงษ์สิทธิ์ บัณฑิตสกุลชัย ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาทางวิทยานิพนธ์นี้เป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาและเสียสละเวลาเพื่อดูแลและให้คำปรึกษาในการดำเนินงานวิจัยตั้งแต่เริ่มต้นการศึกษาค้นคว้าทั้งการวิจัยเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ พร้อมด้วยกำลังใจและความเอาใจใส่เสมอมา

ในลำดับถัดมา ขอขอบพระคุณคณะกรรมการทั้งสองท่าน ได้แก่ ศ. ดร. เกษม ชูจารุกุล และ รศ. ดร. บุญชัย แสงเพชรงาม ที่ได้ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยให้ดียิ่งขึ้น และเสียสละเวลาให้เกียรติเป็นกรรมการในโอกาสนี้ และขอขอบพระคุณ ศ. ดร. ศักดิ์สิทธิ์ เฉลิมวงศ์ และ รศ. ดร. มาโนช โลหเตปานนท์ ที่ได้ให้คำแนะนำและมุมมองในขั้นตอนการเริ่มพัฒนางานวิจัย และรวมถึงคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา และสนับสนุนการศึกษาของคณะผู้วิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ กรมการขนส่งทางบก การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย และสถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์งานวิจัยให้สำเร็จลุล่วง

คณะผู้วิจัยขอกล่าวขอบคุณผู้โดยสารและผู้ให้บริการระบบขนส่งสาธารณะในพื้นที่แขวงจตุจักรทุกท่านที่เสียสละเวลาในการตอบแบบสอบถามและให้การสัมภาษณ์เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์สำหรับงานวิจัยนี้ โดยได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างสูงจากคุณอำนาจ หาญพล และ คุณญาดา ศรีทองเพชร ผู้ให้ความช่วยเหลือในการกระจายแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลในวงกว้าง

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบิดา มารดา และครอบครัว ผู้คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจในทุกช่วงขณะของชีวิต ขอขอบคุณเพื่อนๆ และพี่น้องทุกท่าน ที่ได้ให้กำลังใจและช่วยเหลือตลอดมา

คณะผู้วิจัยทุกคนต่างล้วนซาบซึ้งในทุกกำลังใจ และความช่วยเหลือที่ทุกท่านมอบให้เสมอมา

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาธุรกิจการค้า. (ไม่ระบุวันที่). ความหมายของรายการย่อในงบการเงินของบริษัทมหาชนจำกัด. สืบค้นจาก <https://www.dbd.go.th/storage/law/bc84f01d-d027-4b03-9393-3bd1569bbe9b.pdf>
- [2] กรมสรรพากร. (ไม่ระบุวันที่). คำหักค่าสึกหรอ. สืบค้นจาก <https://www.rd.go.th/2369.html>
- [3] กรมสรรพากร. (ไม่ระบุวันที่). อัตราภาษีและการคำนวณภาษี. กรมสรรพากร. สืบค้นจาก <https://www.rd.go.th/841.html>
- [4] กระทรวงพลังงาน. (2558). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 - 2579 (AEDP2015). สืบค้นจาก <http://www.eppo.go.th/images/POLICY/PDF/AEDP2015.pdf>
- [5] กระทรวงพลังงาน. (2561a). แผนการบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2558 - 2579 (Oil Plan 2015). สืบค้นจาก http://www.eppo.go.th/images/POLICY/PDF/oil_plan_58-79.pdf
- [6] กองบรรณาธิการ. (2568, 19 กุมภาพันธ์). “สุริยะฯ” ผุดไอเดีย “หมอล็อต2-เอกมัย-สายใต้” มาจอยกพื้นที่ “สถานีกลางบางซื่อ”. ไทยรัฐ. สืบค้นจาก https://www.thairath.co.th/money/economics/thai_economics/2842614
- [7] การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย. (ไม่ระบุวันที่). ตารางเดินรถไฟฟ้า. สืบค้นจาก <https://www.mrta.co.th/th/mrt-chaloem-ratchamongkhon/11065>
- [8] การรถไฟแห่งประเทศไทย. (ไม่ระบุวันที่). ตารางเดินรถไฟ. สืบค้นจาก <https://www.railway.co.th/SRTTimetable/StationList>
- [9] นราวุธ ระพันธ์. (ไม่ระบุปีที่เผยแพร่). การวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. สืบค้นจาก <https://rdi.snru.ac.th/wp-content/uploads/2020/07/ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์.pdf>
- [10] บริษัท ขนส่ง จำกัด. (ไม่ระบุวันที่). ตารางเดินรถ บขส.999. สืบค้นจาก <https://timetables.busticket.in.th>
- [11] บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน). (ไม่ระบุวันที่). Timetable. สืบค้นจาก <https://www.bts.co.th/service/timetable.html>
- [12] บางกอกบัสไลน์. (ไม่ระบุวันที่). ตารางเวลาเดินรถ. สืบค้นจาก <https://www.bangkokbusline.co.th/th/schedule.html>
- [13] บุญประสม, เจ. (2568, 19 มีนาคม). สื่อนอกเผย ไทยอาจสร้างสนามแข่ง F1 ถาวรตรงหมอล็อต 2. Main Stand. สืบค้นจาก <https://mainstand.co.th/index.php/th/news/6/article/21002>
- [14] ผู้จัดการออนไลน์. (2567, 29 มกราคม). สายสีแดงนิวไฮ! 20 บาทขึ้นผู้โดยสารกว่า 3.53 หมื่นคน มากสุดที่ “สถานีกลางกรุงเทพฯ” เกือบหมื่นคน. MGR Online. สืบค้นจาก <https://mgronline.com/business/detail/9670000008423>

- [15] สมบัติทัวร์. (ไม่ระบุวันที่). ตารางเดินรถ กรุงเทพฯ - เชียงใหม่ Update. สืบค้นจาก <https://www.sombattour.com/th/schedule/กรุงเทพฯ-เชียงใหม่%20Update>
- [16] Ahmad, T., & Chen, H. (2019). Nonlinear autoregressive and random forest approaches to forecasting electricity load for utility energy management systems. *Sustainable Cities and Society*, 45, 460–473.
- [17] Almeshaiei, E., Soltan, H. A methodology for Electric Power Load Forecasting. *Alexandria Engineering Journal*. 2011, 50, 137–44.
- [18] Anderson, D. R., Burnham, K. P., Gould, W. R., & Cherry, S. (2001). Concerns about finding effects that are actually spurious. *Wildlife Society Bulletin*, 311–316.
- [19] Ardakani, F. J., & Ardehali, M. M. (2014). Long-term electrical energy consumption forecasting for developing and developed economies based on different optimized models and historical data types. *Energy*, 65, 452–461.
- [20] Azadeh, A. Ghaderi, Ghaderi, S. F., & Sohrabkhani, S. (2008a). Annual electricity consumption forecasting by neural network in high energy consuming industrial sectors. *Energy Conversion and management*, 49(8), 2272–2278.
- [21] Barak, S., & Sadegh, S. (2016). Forecasting energy consumption using ensemble ARIMA–ANFIS hybrid algorithm. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 82, 92–104.
- [22] Bolandnazar, E., Rohani, A., & Taki, M. (2020). Energy consumption forecasting in agriculture by artificial intelligence and mathematical models. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 42(13), 1618–1632.
- [23] Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of econometrics*, 31(3), 307–327.
- [24] Chai, J., Liang, T., Lai, K. K., Zhang, Z. G., & Wang, S. (2018). The future natural gas consumption in China: Based on the LMDI-STIRPAT-PLSR framework and scenario analysis. *Energy Policy*, 119, 215–225.
- [25] Chen, B., Chang, M., Lin, C. (2004), Load Forecasting Using Support Vector Machines: A Study on EUNITE Competition 2001, *IEEE Transactions on Power Systems*, 19, 4
- [26] Chen, K., & Yu, J. (2014). Short-term wind speed prediction using an unscented Kalman filter based state-space support vector regression approach. *Applied Energy*, 113, 690–705.
- [27] Chou, J. S., & Tran, D. S. (2018). Forecasting energy consumption time series using machine learning techniques based on usage patterns of residential householders. *Energy*, 165, 709–726.
- [28] Clements, A.E., Hurn, A.S., Li, Z. Forecasting day-ahead electricity load using a multiple equation time series approach. *European Journal of Operational Research*. 2016, 251, 522–530
- [29] Costa, O. L., de Oliveira Ribeiro, C., Ho, L. L., Rego, E. E., Parente, V., & Toro, J. (2020). A robust least square approach for forecasting models: an application to Brazil's natural gas demand. *Energy Systems*, 11, 1111–1135.
- [30] Dong, B., Li, Z., Rahman, S. M., & Vega, R. (2016). A hybrid model approach for forecasting future residential electricity consumption. *Energy and Buildings*, 117, 341–351.
- [31] MyAccount Cloud. (ไม่ระบุวันที่). คำนวณต้นทุนทางการเงิน คิดแบบคนรวย คิดแบบบัญชี. สืบค้นจาก <https://www.myaccount-cloud.com/Article/Detail/89008/คำนวณต้นทุนทางการเงิน-คิดแบบคนรวย-คิดแบบบัญชี>
- [32] SET Investnow. (ไม่ระบุวันที่). อัตราเงินเฟ้อ (Inflation Rate). SET Investnow. สืบค้นจาก <https://www.setinvestnow.com/th/glossary/inflation-rate?lang=en>
- [33] StashAway ประเทศไทย. (2022, 17 พฤษภาคม). ทำความรู้จัก ‘เงินเฟ้อ’ เรื่องที่นักลงทุนต้องเข้าใจ. StashAway ประเทศไทย. สืบค้นจาก <https://www.stashaway.co.th/th-TH/r/what-is-inflation>