การศึกษาความเป็นไปได้ของระบบให้บริการร่วมกันภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
On-Demand In-Campus shared Mobility Platform

นันทฐิตา พิเศษพงษา[1] พชรธรณ์ ลีพิทักษ์รัตน์[2] ภูริพงศ์ ประเสริฐสุข[3] และ อาจารย์พงษ์สันธ์ บัณฑิตสกุลชัย[4]

[1,2,3,4] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของระบบให้บริการเดินทางร่วมกันภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และนำข้อมูลไปใช้เป็นแนวทางในการวางระบบให้บริการเดินทางรูปแบบใหม่ในอนาคต โดยใช้วิธีการอ้างอิงและวิเคราะห์ข้อมูลจากการให้บริการมูฟมี (Muvmi) และสถิติการใช้รถโดยสารจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CU Shuttle bus) เพื่อหาปริมาณความต้องการเดินทางของระบบให้บริการเดินทางร่วมกันภายในจุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย จากนั้นวิเคราะห์หาเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสมที่สุดโดยอาศัยทฤษฎีปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับพาหนะ (Vehicle Routing Problem) และคำนวณตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการเพื่อประเมินความคุ้มค่าและความเป็นไปได้

ผลการวิจัยพบว่ามีความเป็นไปได้ของระบบให้บริการเดินทางร่วมกันภายในจุฬาฯ ในกรณีที่มีการให้บริการ 365 วันต่อปี รวมถึงมีปริมาณความต้องการคงที่ จากการเทียบระหว่าง อัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ยอมรับได้ (MARR) และผลตอบแทนการลงทุน (IRR) โดย IRR จากการประเมินโครงการมีค่าที่ร้อยละ 28.08 ต่อปี มากกว่า MARR ซึ่งมีค่าที่ ร้อยละ 8.13 ต่อปี แสดงให้เห็นว่าเป็นโครงการที่น่าลงทุน แต่หากพิจารณากรณีที่ให้บริการเพียง 300 วันต่อปี ซึ่งไม่ให้บริการในวันหยุดเสาร์-อาทิตย์และวันหยุดนักขัตฤกษ์ พบว่าไม่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

ระบบให้บริการเดินทางร่วมกันภายในจุฬาฯ ถือเป็นระบบการเดินทางที่น่าสนใจ แต่จากการประเมินโครงการพบว่าเป็นโครงการที่ต้องการลงทุนแรกเริ่มที่สูง การพิจารณาความต้องการใช้งานเกิดจากหลายปัจจัย หากมีความต้องการลงทุนควรศึกษาเพิ่มเติมโดยละเอียดขึ้น

คำสำคัญ: การประเมินโครงการ; ความต้องการ; การเดินทาง

Abstract

This research project aims to study the feasibility of On-Demand In-Campus shared Mobility Platform and use the data as a guideline for implementing a new transportation system in the future. The study references and analyzes data from the Muvmi service and CU Shuttle Bus usage statistics to determine the demand for In-Campus shared Mobility Platform. Subsequently, it analyzes the optimal routes for the service using Vehicle Problem Theory and finally assesses the project's feasibility and cost-effectiveness.

The research findings suggest the feasibility of On-Demand In-Campus shared Mobility Platform. In the case of a year-round operation with consistent demand, by comparing the Minimum Acceptable Rate of Return (MARR) and the Internal Rate of Return (IRR), 28.08% per annum, significantly higher than the MARR of 8.13% per annum, indicating that the project is worth investing in. However, if the service operates only 300 days a year, excluding weekends and public holidays, it is found to be not cost-effective.

The ride-sharing service within Chulalongkorn University is an interesting transportation system. However, the project evaluation reveals that it requires a high initial investment. The demand for the service depends on various factors. Therefore, if there is an interest in investing, a more detailed study should be conducted.

Key words: Project Evaluation; Demand; Transportation

1. บทนำ

ปัจจุบันตัวเลือกในการเดินทางภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีมากขึ้นจากในอดีต มีบริการการเดินทางให้เลือกใช้ได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขและความต้องการ ของนิสิต นักศึกษา อาจารย์ บุคลากรและพนักงานมหาวิทยาลัย ไม่ว่าจะเป็น รถโดยสารภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CU Shuttle Bus) จักรยานไฟฟ้า สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า หรือมูฟมี (Muvmi) ซึ่งบริการแต่ละรูปแบบก็มีความสามารถในการตอบสนองความต้องการที่แตกต่างกันออกไป และอาจไม่เพียงพอต่อการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการภายในมหาลัยได้อย่างครอบคลุม ไม่ว่าจะเป็นระยะเวลาการรอที่มากเกินไปของมูฟมีหรือรถโดยสารภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งอาจเกิดจากจำนวนรถที่ให้บริการไม่เพียงพอหรือปัญหาการจราจรติดขัดภายในกรุงเทพฯ ไปจนถึงปัญหาด้านความปลอดภัยในการใช้บริการสกู๊ตเตอร์หรือจักรยานไฟฟ้า เนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ความเร็วในการขับที่มากเกินไป การจำกัดบริเวณใช้งานของสกู๊ตเตอร์หรือจักรยานไฟฟ้า หรือการไม่ปฏิบัติตามข้อบังคับการใช้งาน ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษารูปแบบการเดินทางแบบใหม่ที่เป็นไปได้ภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บางกลุ่ม รวมไปถึงสามารถป้องกันไม่ให้เกิดทกล่าวมาข้างต้นได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มทางเลือกการเดินทางรูปแบบใหม่ที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของนิสิต นักศึกษา อาจารย์ บุคลากรและพนักงานมหาวิทยาลัย ภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยจะประกอบไปด้วยเส้นทางและรูปแบบการให้บริการ รวมไปถึงโครงสร้างราคาที่เหมาะสม ซึ่งในการหารูปแบบการให้บริการ ผู้วิจัยได้ศึกษาความต้องการในการใช้บริการโดยอ้างอิงจากจำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่ ซึ่งจะส่งผลต่อพฤติกรรมการใช้บริการ ณ พื้นที่นั้นๆ และนำไปวิเคราะห์รูปแบบในการให้บริการที่จะทำให้ได้เส้นทางรวมต่อวันน้อยที่สุดซึ่งจะส่งผลต่อต้นทุนในการให้บริการและการกำหนดราคาค่าบริการที่เหมาะสม

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยเห็นว่ารูปแบบการเดินทางที่สามารถเป็นตัวเลือกเพื่อตอบสนองความต้องการและแก้ไขปัญหาของผู้ใช้บริการได้ คือรถกอล์ฟ 5 ที่นั่ง เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้ความสามารถของผู้ขับขี่ในการเดินทาง ไม่มีกฎข้อบังคับที่ผู้ใช้บริการจำเป็นต้องรู้ สามารถเพิ่มจำนวนรถได้ตามความต้องการของผู้ใช้บริการเนื่องจากเป็นรถที่ใช้ภายในพื้นที่ส่วนตัว และเป็นระบบการให้บริการร่วมกัน จึงสามารถให้บริการผู้ใช้ได้จำนวนมาก

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP)

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถมีเป้าหมายสำคัญ คือการออกแบบกลุ่มของยานพาหนะทุกคันให้มีการเดินทางโดยใช้ต้นทุนต่ำที่สุด ซึ่งมีจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดที่ศูนย์กระจายสินค้า ยานพาหนะจะวิ่งไปตามเส้นทางที่จะส่งสินค้าโดยพิจารณาถึงเงื่อนไขหรือข้อจำกัดต่างๆ เช่น เวลาที่ใช้ แบตเตอรี่ของยานพาหนะ มีหลักการดังนี้

1) ในแต่ละเส้นทางต้องมีจุดเริ่มและสิ้นสุดที่จุดกระจายสินค้า

2) ลูกค้าแต่ละรายต้องได้รับการบริการจากรถขนสินค้าคันเดียวเท่านั้น

3) ปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าต้องไม่เกินปริมาณความจุของรถขนส่งสินค้า

2.2 ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ. แบบมีข้อจำกัดเนื่องจากความจุ (Capacitated Vehicle Routing Problem: CVRP)

ปัญหา CVRP เป็นส่วนขยายมาจากปัญหา VRP โดยมีการเพิ่มเงื่อนไขที่ทำให้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์นี้มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น นั่นคือ ความสามารถในการบรรทุกของรถสินค้าที่มีอยู่อย่างจำกัด (Akhtar, Hanna, Begum, Basri & Scavino, 2017)

ความสามารถในการบรรจุของรถสินค้านั้น ส่วนใหญ่มักถูกแบ่งออกเป็น 2 มุมมอง คือ ปริมาตร และ น้ำหนัก ซึ่งจะมีค่าแตกต่างออกไปตามประเภทของรถที่ใช้บรรทุก

นอกจากปัญหา CVRP แล้ว ยังมีปัญหารูปแบบอื่นๆ เช่น ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งแบบมีเงื่อนไขเกี่ยวกับช่วงเวลาที่สามารถเข้าสถานที่ได้ (Vehicle Routing Problem with Time Window : VRPTW) ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับพาหนะที่มีทั้งการรับและส่งรอบเดียวกัน (Vehicle Routing Problem with pick-up and delivery : VRPDP) ปัญหาการจัดการเส้นทางการขนส่งสินค้าที่ตำแหน่งของจุดรับ-ส่งสมารถเปลี่ยนแปลงได้ (Vehicle Routing Problem with Floating Targets)

2.3 วิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ

วิธีการแก้ปัญหาเส้นทางเดินรถสามารถแบ่งได้ตามประเภทของคำตอบดังนี้ (Bodin, 1982)

2.3.1 วิธีที่ให้คำตอบดีที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution)

วิธี Branch and Bound จัดเป็นวิธีที่ให้ค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดวิธีหนึ่ง แต่ต้องการคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพสูง ต้องการหน่วยความจำขนาดใหญ่ และใช้เวลานานในการประมวล ทำให้ขนาดของปัญหาที่สามารถหาคำตอบได้ด้วยวิธีนี้มีขนาดจำกัด

2.3.2 ฮิวริสติกส์ (Heuristics) เป็นหนึ่งในเทคนิคที่ใช้แก้ปัญหาเส้นทางในการหาคำตอบที่เหมาะสมโดยใช้สามัญสำนึกเข้าช่วยในการแก้ไขปัญหาอย่างง่ายเพื่อให้ได้คำตอบที่รวดเร็วที่สุด โดยคำตอบต้องเป็นคำตอบที่ดีพอ และยอมรับได้

2.4 ตัวชี้วัดความคุ้มค่าโครงการ

2.4.1 ระยะเวลาคืนทุน (Discounted Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุน หมายถึงระยะเวลาที่ได้ผลตอบแทนในรูปของกระแสเงินสดเข้าเท่ากับกระแสเงินสดที่ลงทุนโดยไม่คำนึงถึงเรื่องมูลค่าของเงินตามระยะเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนจึงมองที่กระแสเงินสดรับไม่ใช่ตัวกำไรหรือขาดทุนของโครงการ โดย ณ จุดได้ที่ผลสะสมของกระแแสเงินสดรับเท่ากับเงินลงทุนในครั้งแรกก็จะได้ระยะเวลาคืนทุน

การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนจึงเป็นการวิเคราะห์โดยโครงการลงทุนที่มีระยะค่อนข้างนาน และพิจารณาความเสี่ยงจากการลงทุน เพื่อใช้ในการเลือกโครงการลงทุน โดยดูจากระยะเวลาที่คืนทุนเร็วที่สุด เพราะจะทำให้ผู้ประกอบการมีความเสี่ยงจากการลงทุนน้อยที่สุดด้วย แต่อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์การลงทุนโดยใช้ระยะเวลาการคืนทุนเพียงอย่างเดียวไม่เหมาะสมนัก ต้องใช้เครื่องมืออื่นๆ ประกอบด้วย เช่น มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) อัตราผลตอบแทนจากโครงการ (Internal Rate of Return) เป็นต้น

2.4.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Worth: NPW)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (*Net Present Worth) หมายถึง ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุของโครงการกับเงินลงทุนเริ่มแรก ณ อัตราผลตอบแทนที่ต้องการหรือต้นทุนของเงินทุนของโครงการ*

มูลค่าปัจจุบัน (*NPW) = มูลค่าปัจจุบันเงินสดรับ – มูลค่าปัจจุบันเงินสดจ่าย*

เกณฑ์การตัดสินใจ

- มูลค่าปัจจุบัน (NPV) มีค่าเป็นบวก จะยอมรับโครงการ
- มูลค่าปัจจุบัน (NPV) มีค่าเป็นลบ จะปฏิเสธรับโครงการ

2.4.3 อัตราผลตอบแทนจากโครงการ (Internal Rate of Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนจากโครงการ (IRR) คือ อัตราผลตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการมีค่าเท่ากับเงินสดจ่ายสุทธิที่ลงเมื่อเริ่มแรก

หลักเกณฑ์ กิจการจะตอบรับโครงการลงทุน ถ้าอัตราผลตอบแทนจากโครงการ (IRR) มากกว่าอัตราตอบแทนที่ต้องการ (MARR)

2.4.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว เป็นการทดสอบความมั่นคงของข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์บนพิสัยของการประมาณค่าความน่าจะเป็น การใช้ดุลยพินิจเกี่ยวกับตัวเลขต่างๆ ตลอดจนข้อสมมติพื้นฐานที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนั้น ทั้งนี้โดยการแทนที่ข้อสมมติ หรือตัวเลขตัวใหม่ ซึ่งแตกต่างไปจากเดิมในระดับที่กำหนดหรือต้องการทดสอบลงไปแทนข้อสมมติหรือตัวเลขที่ใช้อยู่เดิมในการประมาณการงบประมาณ และทำการคำนวณใหม่อีกครั้ง แล้วพิจารณาผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ว่า แตกต่างไปจากเดิมมากน้อยเพียงใด หากผลการวิเคราะห์ไม่แตกต่างไปจากเดิมมากนักหรือแตกต่างเพียงเล็กน้อยในระดับที่ไม่มีผลในทางปฏิบัติอาจกล่าวได้ว่าวิธีการที่ใช้วิเคราะห์ต้นทุนหรือประมาณการงบประมาณนั้นมีความมั่นคงไม่อ่อนไหว ได้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือและถูกต้อง แต่หากผลลัพธ์ที่ได้แตกต่างจากเดิมมาก จะทำให้เกิดความไม่มั่นใจในความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของผลวิเคราะห์ที่ได้มาก่อนหน้า

3. ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินการ

3.1 การศึกษาข้อมูลการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง

ใช้ข้อมูลการเดินทางในอดีตเพื่อมาคาดการณ์ความต้องการที่จะเกิดขึ้นกับรูปแบบการเดินทางในงานวิจัย โดยจะอ้างอิงข้อมูลจากการใช้รถตุ๊กตุ๊กไฟฟ้ามูฟมี (MuvMi) และข้อมูลการใช้บริการรถโดยสารภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CU Shuttle Bus) เนื่องจากรูปแบบการเดินทางมีความใกล้เคียงกับงานวิจัย และพื้นที่ให้บริการครอบคลุมพื้นที่ศึกษาของงานวิจัย โดยจะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (Morning peak), ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (Evening peak), นอกช่วงเวลาเร่งด่วน (Off-peak)

มูฟมี (MuvMi) มีระบบการให้บริการโดยเรียกผ่านแอปพลิเคชั่น (On-demand mobility platform) และมีการให้บริการแบบเดินทางร่วมกันด้วยยานพาหนะเดียวกัน เพื่อไปถึงจุดหมายที่ใกล้เคียง (Ridesharing) ซึ่งมีรูปแบบเดียวกับงานวิจัย ผู้วิจัยจึงใช้จำนวนผู้เดินทางโดย มูฟมี (MuvMi) มาใช้ในการคาดการณ์ความต้องการที่จะเกิดขึ้น

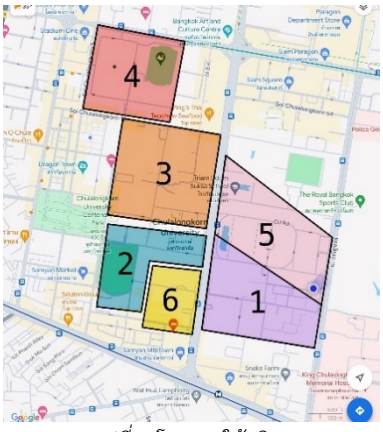
รถโดยสารภายในจุฬาฯ (CU Shuttle Bus) เป็นระบบขนส่งที่ให้บริการมาเป็นเวลานาน มีจุดจอดทั่วจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และให้บริการโดยไม่คิดค่าโดยสาร จึงสามารถสะท้อนสัดส่วนความต้องการในการเดินทางของนิสิต คณาจารย์และบุคลากรจุฬาฯ ได้

เมื่อนำจำนวนและสัดส่วนการเดินทางที่เกิดขึ้นจริงของมูฟมี (MuvMi) และรถโดยสารภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CU Shuttle Bus) มาปรับแก้เพื่อให้เป็นไปตามรูปแบบการเดินทางในงานวิจัยแล้ว จะทราบจำนวนผู้ใช้บริการ ตำแหน่งต้นทาง (Origin) และตำแหน่งปลายทาง (Destination) ของผู้โดยสารรวม

3.2 การนำข้อมูลมาคาดการณ์การจำนวนการเดินทางที่จะเกิดขึ้น

3.2.1 กำหนดจุดจอดของรูปแบบการเดินทางในงานวิจัย

ซึ่งแบ่งโซนการให้บริการออกเป็น 6 โซน ดังรูป



รูปที่ 1 โซนการให้บริการ

จึงต้องกำหนดจุดจอดรับ-ส่งให้อยู่ภายในบริเวณนั้น การกำหนดตำแหน่งของจุดรับ-ส่งจะอ้างอิงจากจุดจอดรับ-ส่งของมูฟมี (MuvMi) ร่วมกับรถโดยสารภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CU Shuttle Bus) เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการ โดยจุดจอดรับส่งแบ่งตามโซนมีดังนี้

โซนที่ 1: โรงอาหารรัฐศาสตร์, เศรษฐศาสตร์, อาคารมหามกุฏ, ศาลาพระเกี้ยว และคณะวิทยาศาสตร์

โซนที่ 2: คณะครุศาสตร์, จาม 9, สนามกีฬา, CU Complex, และ Indoor Stadium

โซนที่ 3: PMCU, Dharma Center, ตรงข้าม CU Dorm, วิทยพัฒนา, ศศิน และจาม 10

โซนที่ 4: วิทย์กีฬา, สหเวชศาสตร์, จุฬาพัฒน์ 13, สนามศุภัชลาศัย, กรมพละศึกษา และสนามกีฬาเทพหัสดิน

โซนที่ 5: วิศวกรรมศาสตร์, อักษรศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์

โซนที่ 6: นิเทศศาสตร์ และสาธิตจุฬา

3.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการให้บริการมูฟมี (MuvMi)

เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับมมีรูปแบบเฉพาะ จึงต้องทำการแปลงข้อมูลที่ได้รับมาให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานต่อสำหรับโครงการวิจัย โดยมีข้อกำหนดดังนี้

1) ผู้โดยสารที่เข้ารับบริการก่อนจะออกจากระบบให้บริการก่อน (First in-First out)

2) หากจุดจอดของมูฟมี (Muvmi) ที่ถูกเรียกใช้อยู่ในบริเวณพื้นที่ที่กำหนดในงานวิจัย จะใช้เป็นความต้องการของโซนให้บริการนั้น

3) หากจุดจอดของมูฟมี (Muvmi) ที่ถูกเรียกใช้อยู่นอกบริเวณพื้นที่ที่กำหนดในงานวิจัยแต่ไม่ไกลเกิน 30 เมตร จะอนุมานความต้องการนั้น เป็นความต้องการของโซนให้บริการที่อยู่ใกล้ที่สุด

4) หากจุดจอดของมูฟมี (Muvmi) ที่ถูกเรียกใช้อยู่ไกลบริเวณพื้นที่ที่กำหนดในงานวิจัยเกิน 30 เมตร ไม่นับเป็นความต้องการที่นำมาคาดการณ์ในงานวิจัย

5) ข้อมูลที่ได้มาจะใช้ในส่วนของจำนวนผู้ใช้บริการรวม โดยแยกตามจุดต้นทาง (Origin) และจุดปลายทาง (Destination) ทำให้ได้ ตารางผลการวิเคราะห์ออกมาเป็น O-D ของผู้ใช้บริการรวม

3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลการให้บริการรถโดยสารภายในจุฬาฯ (CU Shuttle Bus)

เนื่องด้วยขอบเขตและเส้นทางการเดินรถที่แตกต่างกันของรูปแบบการเดินทางในงานวิจัยและรถโดยสารภายในจุฬาฯ (CU Shuttle Bus) ดังจะเห็นได้จาก รูปที่ 3-5 จึงต้องมีการปรับเปลี่ยนโซนให้สอดคล้องกับการใช้งานของรูปแบบการเดินทางในงานวิจัยซึ่งมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถเดินรถบนทางสาธารณะ นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้มาเดิมทีเป็นข้อมูลแบบสัดส่วน ไม่แสดงจำนวนการเดินทางที่แท้จริง จึงต้องมีการอ้างอิงจำนวนผู้ใช้บริการมูฟมี (Muvmi) เพิ่มเติม

3.2.4 การรวมและปรับแก้ข้อมูล

การรวมข้อมูลที่ได้จาก 3.2.1 และ 3.2.2 ใช้ในการคาดการณ์ความต้องการที่อาจเกิดขึ้นกับรูปแบบการเดินทางในงานวิจัย โดยยึดข้อมูลจากการใช้บริการรถโดยสารภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CU Shuttle Bus) เป็นหลัก แล้วจึงเพิ่มเติมข้อมูลจากการให้บริการมูฟมี (Muvmi) เนื่องจากรูปแบบการเดินทางในงานวิจัยมีเส้นทางที่สอดคล้องกับรถโดยสารภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CU Shuttle Bus) มากกว่า แต่ด้วยการกำหนดเส้นทางที่ไม่ตายตัว และจุดจอดที่มีมากกว่า ทำให้มีความคล่องตัวและยืดหยุ่นที่มากกว่า สามารถตอบสนองความต้องการเดินทางได้คล้ายกับการให้บริการมูฟมี (Muvmi) จึงมีการนำจำนวนผู้ใช้บริการมูฟมี (Muvmi) เข้ามาเพิ่มเติมในส่วนที่ไม่พบความต้องการในรถโดยสารภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CU Shuttle Bus)

3.2.5 การใช้หลักความน่าจะเป็นเพื่อคาดการณ์ความต้องการในแต่ละช่วงเวลา

นำข้อมูลที่ได้จาก 3.2.4 มาใช้เพื่อหาความต้องการในช่วงเวลาย่อย 10 นาที โดยจะใช้วิธีการสุ่ม เนื่องจากการเกิดความต้องการในการใช้ระบบขนส่งมีการกระจายตัวแบบทวินาม (Binomial Distribution) ผู้วิจัยจึงใช้การสุ่มความต้องการใช้ระบบขนส่งในช่วงเวลาย่อยโดยใช้คำสั่ง rbinom ในโปรแกรม R

โดยคำสั่ง rbinom จะสร้างเวกเตอร์ของตัวแปรสุ่มแบบกระจายแบบทวินาม โดยกำหนดความยาวเวกเตอร์เป็น N จำนวนการทดลองเป็น SIZE และความน่าจะเป็นที่จะประสบความสำเร็จในแต่ละครั้งเป็น PROB มีรูปแบบการเขียนดังนี้

rbinom(N, SIZE, PROB)

และการคำนวณความน่าจะเป็นที่จะประสบความสำเร็จในแต่ละครั้งจะคำนวณจากฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบทวินาม

$$P(X=x) = f(x; n, p) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}$$

x คือ จำนวณครั้งของความสำเร็จ

n คือ จำนวณครั้งของการกระทำซ้ำ

p คือ ความน่าจะเป็นของความสำเร็จในแต่ละครั้ง

3.3 วางแผนการเดินรถและจัดหารเส้นทาง

การออกแบบเส้นทางการเดินรถ รับ-ส่ง ผู้โดยสารในงานวิจัยนี้ใช้หลัก Vehicle Routing Problem (VRP) และอ้างอิงข้อมูลที่ได้จาก 3.2.5 โดยกำหนดระยะเวลาตั้งแต่เกิดความต้องการของผู้ใช้บริการไปจนถึงส่งผู้ใช้บริการไปยังจุดปลายทางไม่เกิน 15 นาที

3.3.1 สมมติฐานในการออกแบบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

2) โครงการกำหนดการใช้รถกอล์ฟไฟฟ้ามากที่สุดที่ 5 คัน

3) รถทุกคันใช้ความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

4) เส้นทางที่ใช้เกิดจากการคำนวณหาระยะทางที่สั้นที่สุด

3.3.2 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

1) Set and Parameters

$x_{ij} = 1$;เมื่อมีการเดินทางจากจุด *i* ไป จุด *j*

$x_{ij} = 0$; เมื่อไม่มีการเดินทางจากจุด i ไป จุด j

D_{ij}= ระยะทางที่ใช้ในการเดินทางจากจุด i ไป จุด j

t_{ij} = ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากจุด i ไป จุด j

f_i = ความต้องการของผู้โดยสารที่เกิดขึ้นที่จุด i

C = ความสามารถในการบรรทุกผู้โดยสาร (5 คน)

w = ระยะเวลาที่ผู้โดยสารใช้ในการขึ้นรถหลังจากรถมาถึง

$x_{ij} \in \{0,1\}$

$f_{ij} \in I^+$

2) Objective Function

$$\sum_{i=1}^{6} \sum_{j=1}^{6} x_{ij} D_{ij} \qquad (1)$$

3) Constraint

$$\sum_{i=1}^{6} x_{ij} \leq 1 \qquad (2)$$

$$\sum_{j=1}^{6} x_{ij} \leq 1 \qquad (3)$$

$$f_{1j} = 0 \qquad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{6} \sum_{j=1}^{6} (c\, x_{ij} - f_{ij}) \geq 0 \qquad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{6} \sum_{j=1}^{6} (t_{ij}\, x_{ij} + w) \leq 900 \qquad (6)$$

แบบจำลองคณิตศาสตร์ข้างต้น มีจุดประสงค์เพื่อหาวิธีการเดินรถที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ระยะทางการเดินรถต่ำที่สุด (1)

โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีเงื่อนไขคือ รถจะมีการเข้า-ออกในแต่ละจุด ได้ไม่เกิน 1 ครั้ง (2), (3) และจะไม่มีความต้องการเรียกใช้รถที่จุด 1 (4) รถจะต้องมีผู้โดยสารไม่เกิน 5 คน และจำนวนความจุของรถโดยสารต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 (5) และเวลาการเดินทางต่อรอบของรถต้องไม่เกิน 900 วินาที หรือก็คือ 15 นาที (6)

ผลการจำลองที่ได้ทำให้ทราบระยะทางรวมและเวลาที่ใช้ในการเดินรถในแต่ละวัน สามารถนำไปใช้ต่อยอดในการประเมินโครงการต่อไป

3.4 การทดสอบและวัดผลตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

นำชุดข้อมูลความต้องการในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการปรับแก้เสร็จสิ้นแล้ว มาทดสอบด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ออกแบบไว้ โดยการประยุกต์จากการใช้ VRP Model และโปรแกรม Solver ของ Microsoft Excel ในการแก้ปัญหาตัวแบบทางคณิตศาสตร์

3.5 การประเมินโครงการ

การประเมินโครงการทำเพื่อวิเคราะห์และตรวจสอบความเป็นไปได้ของโครงการรวมถึงการใช้ทรัพยากรต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ภายใต้ข้อกำหนดอายุโครงการเป็น 10 ปี โดยใช้รถกอล์ฟ 5 ที่นั่งไม่รวมคนขับในการให้บริการ โดยใช้รถกอล์ฟไฟฟ้าในการให้บริการทั้งหมด 4 คัน โดยขั้นตอนการประเมินโครงการมีดังนี้

1) สำรวจค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการ

2) กำหนดอัตราค่าบริการ

พิจารณาจากหลายปัจจัย เช่น กำไร, ยอมรับของผู้ใช้บริการ และการเปรียบเทียบกับราคาของคู่แข่งขัน

3) คำนวณระยะเวลาคืนทุน, อัตราผลตอบแทน, มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

ศึกษาเพิ่มเติมในส่วนอัตราดอกเบี้ย, อัตราภาษีส่วนเพิ่ม, อัตราเงินเฟ้อ, อัตราผลตอบผลตอบแทนขั้นต่ำที่ยอมรับได้ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ไปประกอบกับ ข้อ 1) เพื่อใช้ในการคำนวณผลลัพธ์ต่างๆ

4) วิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

ตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์ความอ่อนไหว ได้แก่ อัตราค่าบริการ, ความต้องการใช้บริการ, เงินเดือนคนขับรถ, ค่าจ้างดูแลแอปพลิเคชัน, ค่าเช่าที่จอดรถ และราคารถกอล์ฟ โดยกำหนดส่วนเบี่ยงเบนที่ร้อยละ 5, 10, 15 และ 20

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ผลจากการวิเคราะห์คาดการณ์ปริมาณการเดินทางที่จะเกิดขึ้น

4.1.1 ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลการให้บริการมูฟมี (Muvmi)

สามารถสรุปข้อมูลเป็นตารางจำนวนผู้เดินทางจากจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดการเดินทางโดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (7.30 - 9.30 น.) นอกช่วงเวลาเร่งด่วน (12.00 - 13.30 น.) และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16.00 – 18.00 น.)

4.1.2 ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้บริการรถโดยสารภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CU Shuttle Bus)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การแบ่งโซนใหม่และอ้างอิงสัดส่วนจากข้อมูลเดิมประกอบกับข้อมูลจำนวนผู้ใช้บริการมูฟมีสามารถสรุปเป็นตารางจำนวนผู้เดินทางจากจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดการเดินทางโดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (7.30 - 9.30 น.) นอกช่วงเวลาเร่งด่วน (12.00 - 13.30 น.) และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16.00 – 18.00 น.)

4.1.3 ผลจากการรวมและปรับแก้ข้อมูล

จากการรวมและปรับแก้ข้อมูลทำให้ได้จำนวนความต้องการใช้รูปแบบการเดินทางในงานวิจัย สามารถสรุปผลเป็นตารางจำนวนผู้ต้องการใช้รูปแบบการเดินทาในงานวิจัยงจากจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดการเดินทางโดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (7.30 - 9.30 น.) นอกช่วงเวลาเร่งด่วน (12.00 - 13.30 น.) และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16.00 – 18.00 น.)

Morning peak Combined	7:30 - 9:30						
O/D	1	2	3	4	5	6	
1	0	1	0	0	0	0	1.0000
2	1	1	0	0	1	0	3.0000
3	2	0	0	3	5	0	10.0000
4	1	3	2	9	3	0	18.0000
5	3	0	0	0	0	0	3.0000
6	6	0	0	0	1	0	7.0000
	13.0000	5.0000	2.0000	12.0000	10.0000	0.0000	42.0000

off-peak Combined	12:00 - 13:30						
O/D	1	2	3	4	5	6	
1	0	2	15	0	0	0	17.0000
2	2	1	1	0	1	0	5.0000
3	1	0	0	1	1	3	6.0000
4	0	0	1	1	0	0	2.0000
5	3	0	0	0	1	0	4.0000
6	1	0	0	0	0	0	1.0000
	7.0000	3.0000	17.0000	2.0000	3.0000	3.0000	35.0000

Evening peak Combined	16:00 - 18:00						
O/D	1	2	3	4	5	6	
1	0	7	27	0	0	1	35.0000
2	3	2	2	0	1	0	8.0000
3	1	0	2	5	3	0	11.0000
4	0	0	7	0	0	0	7.0000
5	11	0	9	0	3	0	23.0000
6	1	0	12	0	1	0	14.0000
	16.0000	9.0000	59.0000	5.0000	8.0000	1.0000	98.0000

รูปที่ 2 ความต้องการใช้ระบบขนส่งภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.4 ผลจากการใช้หลักความน่าจะเป็นคาดการณ์ความต้องการในแต่ละช่วงเวลา

ผู้วิจัยได้นำแบบจำลองกระจายการเดินทางจากหัวข้อที่ 4.1.3 ซึ่งแสดงการเดินทางรวมในช่วงเร่งด่วนเช้า (7.30 - 9.30 น.) นอกช่วงเวลาเร่งด่วน (12.00 - 13.30 น.) และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16.00 – 18.00 น.) มาแบ่งออกเป็นช่วงเวลาย่อย 10 นาที เพื่อกระจายให้เป็นความต้องการของช่วงเวลาย่อยโดยใช้วิธีการสุ่มด้วยโปรแกรม R โดยในกรณีของความต้องการนอกช่วงเวลาเร่งด่วน (12.00 – 13.30 น.) ซึ่งมีข้อมูลเพียง 1 ชั่วโมง 30 นาที และผู้วิจัยใช้ความต้องการที่เก็บมานี้เป็นตัวแทนของนอกช่วงเวลาเร่งด่วนทั้งหมด (9.30 – 16.00 น., 18.00 – 20.30 น.) เป็นเวลา 9 ชั่วโมง จึงทำการคูณเพื่อให้เทียบเท่ากับความต้องการในช่วงเวลาทั้งหมด และนำมาแบ่งออกเป็นช่วงเวลาย่อย 10 นาที และทำการสุ่มความต้องการ

4.2 ผลจากการออกแบบเส้นทางการเดินรถ

ผลของการคำนวณด้วยโปรแกรม Solver ของ Microsoft Excel เกิดจากการนำข้อมูลความต้องการในแต่ละช่วงเวลา 10 นาที มาใช้โดยมีสมการข้อกำหนด และสมการวัตถุประสงค์ตามตัวแบบทางคณิตศาสตร์ดังที่เขียนไว้ใน หัวข้อที่ 3.3 ได้ผลออกมาเป็นระยะทาง และระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางแต่ละรอบ และเส้นทางการเดินรถของรถแต่ละคัน

สมการวัตถุประสงค์		
ระยะทางทั้งหมด	3260	เมตร
ระยะเวลาทั้งหมด	481.2	วินาที

ตารางที่ 4-2-1 แสดงสมการวัตถุประสงค์

เส้นทางที่ 1	4	2	6	5
เส้นทางที่ 2	-	-	-	-
เส้นทางที่ 3	-	-	-	-
เส้นทางที่ 4	-	-	-	-
เส้นทางที่ 5	-	-	-	-

ตารางที่ 4-2-2 แสดงเส้นทางการเดินรถ

จากตารางที่แสดงด้านบน คือ ระยะทางและเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทางของ ช่วงเวลา 8:10 น. ถึง 8:20 น. โดยรถกอล์ฟไฟฟ้าได้ทำการเดินทางทั้งหมด 3260 เมตร และใช้เวลา 481.2 วินาที โดยใช้รถ 1 คัน เริ่มเดินทางจาก จุดรับ-ส่งที่ 4 ไปยังจุดรับ-ส่งที่ 2 ไปต่อที่จุดรับ-ส่งที่ 6 และสิ้นสุดการเดินทางที่จุดรับ-ส่งที่ 5

4.3 ผลการประเมินโครงการ

4.3.1 รายการค่าใช้จ่ายตลอดอายุโครงการ

รายการค่าใช้จ่าย	ราคาต่อหน่วย		จำนวน	ราคารวม		
รถกอล์ฟ	THB	250,000.00	4	THB	1,000,000.00	
ค่าติดตั้งสถานีชาร์จรถไฟฟ้า	THB	40,000.00	1	THB	40,000.00	
ค่าพัฒนาแอปพลิเคชัน	THB	400,000.00	1	THB	400,000.00	
ค่าจ้างดูแลแอปพลิเคชัน	THB	480,000.00	1	THB	480,000.00	ต่อปี
เงินเดือนคนขับรถ	THB	15,000.00	5	THB	75,000.00	ต่อเดือน
ค่าเช่าที่จอดรถ	THB	50,000.00	1	THB	50,000.00	
ค่าบำรุงรักษารถกอล์ฟไฟฟ้า :				THB	-	
ค่ายาง	THB	24,000.00	1	THB	24,000.00	ต่อปี
ค่าเบรค	THB	7,200.00	7200	THB	51,840,000.00	ต่อปี
ค่าแบตเตอรี่	THB	127,200.00	127200	THB	16,179,840,000.00	ต่อ 10 ไตรมาส
ค่าซ่อมบำรุงช่วงล่าง	THB	12,000.00	12000	THB	144,000,000.00	ต่อ 10 ไตรมาส
ค่าบำรุงรักษาทั่วไป	THB	6,000.00	6000	THB	36,000,000.00	ต่อ 2 ไตรมาส
ค่าไฟฟ้า						
ค่าไฟฟ้า (0.6125 บาท/กิโลเมตร)	THB	22,356.25	4	THB	89,425.00	ต่อปี

รูปที่ 3 รายการค่าใช้จ่ายตลอดอายุโครงการ

4.3.2 อัตราค่าบริการ

เดินทางภายโซน	15	บาท
เดินทางข้าม 1 โซน	20	บาท
เดินทางข้ามมากกว่า 1 โซน	25	บาท

4.3.3 ผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return) และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Worth)

จากการศึกษาในส่วนของอัตราดอกเบี้ยและภาษีต่างๆ ที่จำเป็นต่อการประเมินราคา สรุปได้ดังนี้

อัตราดอกเบี้ย	ร้อยละ	7.10	ต่อปี
อัตราภาษีส่วนเพิ่ม	ร้อยละ	20	ต่อปี
อัตราเงินเฟ้อ	ร้อยละ	1.033	ต่อปี
MARR	ร้อยละ	8.133	ต่อปี

จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลดังกล่าวสามารถหาค่าต่างๆ แบ่งเป็น 2 กรณี ได้ดังนี้

(1) รถกอล์ฟให้บริการ 365 วัน ต่อ 1 ปี

ผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return) = 7.02 % ต่อไตรมาส
= 28.08 % ต่อปี

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Worth) = 1,174,277.29 บาท

(2) รถกอล์ฟให้บริการ 300 วัน ต่อ 1 ปี โดยเว้นวันหยุดนักขัตฤกษ์ วันเสาร์และวันอาทิตย์

ผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return) ไม่สามารถหาค่าได้ เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันของโครงการมีค่าน้อยเกินไป

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Worth) = -1,2911,100 บาท

4.3.4 ระยะเวลาคืนทุน (Discounted Payback Period)

เมื่อได้รายการค่าใช้จ่าย รายได้ ค่าเสื่อมราคา เงินทุนสำรอง รวมไปถึงเงินทุนกู้ยืมตลอดอายุโครงการแล้ว สามารถแสดงกระแสเงินสด (Cash Flow Diagram) ออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

(1) รถกอล์ฟให้บริการ 365 วัน ต่อ 1 ปี

สามารถแสดงกระแสเงินสด (Cash Flow Diagram) ได้ดังรูปที่ 4

จากตารางสามารถสรุปได้ว่าระยะเวลาคืนทุนอยู่ระหว่างไตรมาสที่ 16–17 หรือเทียบเท่าในช่วงต้นปีที่ 5 ของโครงการ

Quarter	Net Cash Flow (Baht)		Cumulative Cash Flow		Quarter	Net Cash Flow (Baht)		Cumulative Cash Flow	
0	THB	(1,037,500.00)	THB	(1,037,500.00)	21	THB	77,510.86	THB	322,747.56
1	THB	80,124.31	THB	(957,375.69)	22	THB	72,900.74	THB	395,648.31
2	THB	75,014.04	THB	(882,361.65)	23	THB	77,890.54	THB	473,538.84
3	THB	79,528.86	THB	(802,832.78)	24	THB	48,320.23	THB	521,859.07
4	THB	49,507.50	THB	(753,325.28)	25	THB	78,269.81	THB	600,128.89
5	THB	79,028.78	THB	(674,296.50)	26	THB	73,659.28	THB	673,788.16
6	THB	74,011.55	THB	(600,284.95)	27	THB	78,648.61	THB	752,436.77
7	THB	78,614.74	THB	(521,670.22)	28	THB	49,077.80	THB	801,514.56
8	THB	48,677.31	THB	(472,992.91)	29	THB	79,026.83	THB	880,541.39
9	THB	78,278.31	THB	(394,714.60)	30	THB	74,415.70	THB	954,957.09
10	THB	73,336.79	THB	(321,377.81)	31	THB	79,404.39	THB	1,034,361.48
11	THB	78,011.88	THB	(243,365.93)	32	THB	49,832.88	THB	1,084,194.36
12	THB	(63,217.26)	THB	(306,583.19)	33	THB	79,781.18	THB	1,163,975.54
13	THB	77,808.58	THB	(228,774.61)	34	THB	75,169.26	THB	1,239,144.80
14	THB	72,928.63	THB	(155,845.98)	35	THB	80,157.11	THB	1,319,301.90
15	THB	77,662.18	THB	(78,183.80)	36	THB	50,584.72	THB	1,369,886.62
16	THB	47,848.54	THB	(30,335.26)	37	THB	80,532.07	THB	1,450,418.69
17	THB	77,567.07	THB	47,231.81	38	THB	75,919.15	THB	1,526,337.83
18	THB	72,737.14	THB	119,968.95	39	THB	80,905.95	THB	1,607,243.78
19	THB	77,518.16	THB	197,487.12	40	THB	105,560.21	THB	1,712,803.99
20	THB	47,749.58	THB	245,236.70					

รูปที่ 4 กระแสเงินสดของโครงการกรณีที่ 1

(2) รถกอล์ฟให้บริการ 300 วัน ต่อ 1 ปี โดยเว้นวันหยุดนักขัตฤกษ์ วันเสาร์และวันอาทิตย์

สามารถแสดงกระแสเงินสด (Cash Flow Diagram) ได้ดังรูปที่ 5

จากตารางสามารถสรุปได้ว่าโครงการนี้ไม่เกิดระยะเวลาคืนทุน หรือกล่าวคือโครงการไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน

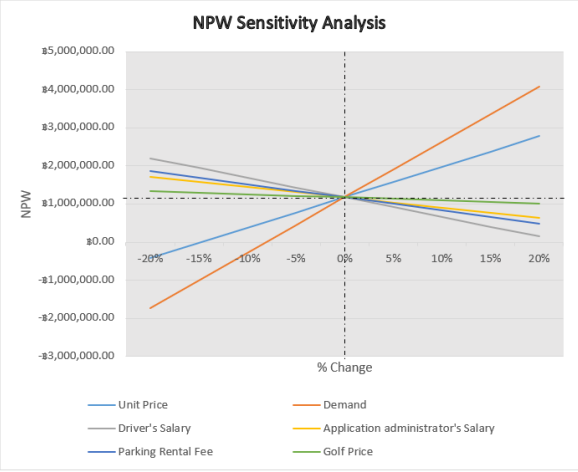
Quarter	Net Cash Flow (Baht)		Cumulative Cash Flow		Quarter	Net Cash Flow (Baht)		Cumulative Cash Flow	
0	THB	(1,037,500.00)	THB	(1,037,500.00)	21	THB	(399.73)	THB	(1,271,910.57)
1	THB	6,130.71	THB	(1,031,369.29)	22	THB	(5,211.06)	THB	(1,277,121.62)
2	THB	829.36	THB	(1,030,539.93)	23	THB	(422.99)	THB	(1,277,544.61)
3	THB	5,152.59	THB	(1,025,387.33)	24	THB	(30,195.54)	THB	(1,307,740.15)
4	THB	(25,060.84)	THB	(1,050,448.17)	25	THB	(448.72)	THB	(1,308,188.87)
5	THB	4,267.86	THB	(1,046,180.31)	26	THB	(5,262.55)	THB	(1,313,451.43)
6	THB	(942.44)	THB	(1,047,122.75)	27	THB	(477.04)	THB	(1,313,928.46)
7	THB	3,467.18	THB	(1,043,655.57)	28	THB	(30,252.19)	THB	(1,344,180.65)
8	THB	(26,664.31)	THB	(1,070,319.88)	29	THB	(508.02)	THB	(1,344,688.67)
9	THB	2,742.11	THB	(1,067,577.76)	30	THB	(5,324.56)	THB	(1,350,013.23)
10	THB	(2,394.48)	THB	(1,069,972.24)	31	THB	(541.80)	THB	(1,350,555.03)
11	THB	2,085.04	THB	(1,067,887.20)	32	THB	(30,319.76)	THB	(1,380,874.79)
12	THB	(139,340.18)	THB	(1,207,227.38)	33	THB	(578.46)	THB	(1,381,453.24)
13	THB	1,489.07	THB	(1,205,738.32)	34	THB	(5,397.91)	THB	(1,386,851.15)
14	THB	(3,587.98)	THB	(1,209,326.29)	35	THB	(618.12)	THB	(1,387,469.28)
15	THB	947.97	THB	(1,208,378.32)	36	THB	(30,399.12)	THB	(1,417,868.39)
16	THB	(29,063.78)	THB	(1,237,442.10)	37	THB	(660.91)	THB	(1,418,529.30)
17	THB	456.12	THB	(1,236,985.98)	38	THB	(5,483.51)	THB	(1,424,012.81)
18	THB	(4,572.95)	THB	(1,241,558.93)	39	THB	(706.93)	THB	(1,424,719.74)
19	THB	8.42	THB	(1,241,550.51)	40	THB	24,157.55	THB	(1,400,562.18)
20	THB	(29,960.33)	THB	(1,271,510.83)					

รูปที่ 5 กระแสเงินสดของโครงการ กรณีที่ 2

4.3.5 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

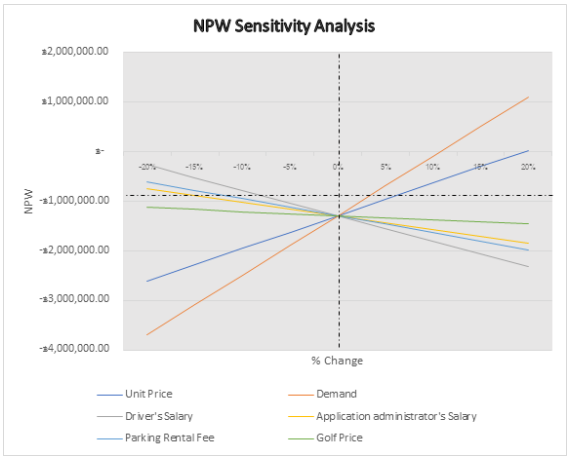
จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการสามารถสรุปผลในรูปของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPW) และ ผลตอบแทนการลงทุน (IRR) ที่เปลี่ยนไป แบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

(1) รถกอล์ฟให้บริการ 365 วัน ต่อ 1 ปี



รูปที่ 6 NPW Sensitivity Analysis กรณีที่ 1

(2) รถกอล์ฟให้บริการ 300 วัน ต่อ 1 ปี โดยเว้นวันหยุดนักขัตฤกษ์ วันเสาร์และวันอาทิตย์



รูปที่ 7 NPW Sensitivity Analysis กรณีที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบรูปที่ 6 และ 7 จะเห็นได้ว่า ทั้งสองกรณีมีผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวที่คล้ายคลึงกัน โดยเงินเดือนคนขับรถมีผลต่อรายจ่ายมากที่สุด และในส่วนของรายรับ ความแปรผันของปริมาณความต้องการใช้บริการส่งผลมากที่สุด รองลงมาคืออัตราค่าบริการต่อหน่วย

5. สรุปผลการวิจัย

5.1 ผลสรุปงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ของระบบให้บริการเดินทางร่วมกันภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และนำข้อมูลไปใช้ในเป็นแนวทางการให้บริการในอนาคต ทั้งนี้แบบจำลองกระจายการเดินทาง (Trip Distribution Model) จะอ้างอิงจากข้อมูลการให้บริการมูฟมี (MuvMi) และสถิติการใช้รถโดยสารภายในจุฬาฯ (CU Shuttle Bus) โดยจะนำมาปรับแก้ให้เหมาะสมกับรูปแบบการเดินทางในงานวิจัย เพื่อนำไปศึกษาเส้นทางการเดินรถต่อไป

การกำหนดเส้นทางการเดินรถโดยใช้การประยุกต์วิธีการแก้ปัญหาด้วยทฤษฎี Vehicle Routing Problem (VRP) การกำหนดตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อให้เข้ากับปัญหาของโครงการ โดยมีสมการวัตถุประสงค์ คือ ระยะทางที่น้อยที่สุด และมีสมการข้อจำกัดดังที่แสดงไว้ในหัวข้อที่ 3.3.2 โดยผู้วิจัยทำการเลือกใช้โปรแกรม Solver ของ Microsoft Excel ดังที่แสดงไว้ในหัวข้อ 3.4 โดยได้ระยะทางรวมที่ใช้ในการเดินทางของรถกอล์ฟไฟฟ้าทั้งหมด 231.3 กิโลเมตรต่อวัน และในแต่ละช่วงเวลามีความจำเป็นในการใช้รถกอล์ฟไฟฟ้าทั้งหมด 2 คัน แต่เมื่อพิจารณาถึงช่วงเวลาพักในการชาร์จไฟของรถกอล์ฟไฟฟ้า ทางผู้วิจัยจึงได้ลงความเห็นว่า ควรใช้รถ 4 คัน ในการดำเนินโครงการ

การประเมินโครงการเพื่อนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ โดยจะต้องการกำหนดค่าใช้จ่ายตลอดอายุโครงการให้ครอบคลุม เพื่อนำไปวิเคราะห์ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ ซึ่งได้แก่ ผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return), มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

(Net Present Worth), ระยะเวลาคืนทุน (Discounted Payback Period), การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

โดยระบบการเดินทางร่วมกันนี้ จะใช้ยานพาหนะเป็นรถกอล์ฟ 6 ที่นั่ง จำนวน 4 คัน มีช่วงเวลาให้บริการคือ 7.30-20.30 น. และอายุโครงการเป็น 10 ปีหรือ 40 ไตรมาส ซึ่งจากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลได้ผลลัพธ์ดังนี้

1) แบบจำลองกระจายการเดินทาง (Trip Distribution Model)

2) เมื่อผ่านการคำนวณผลของช่วงเวลาตั้งแต่ 7:20 น. ถึง 20:20 น. จะได้ระยะทางรวมที่รถกอล์ฟไฟฟ้าใช้ทั้งหมดใน 1 วัน เท่ากับ 213.3 กิโลเมตรต่อวัน และได้เส้นทางการเดินรถของความต้องการของผู้โดยสารในแต่ละช่วงเวลา

3) ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ

ใช้อัตราค่าบริการคือ

- เดินทางภายในโซน	15	บาท
- เดินทางข้าม 1 โซน	20	บาท
- เดินทางข้ามมากกว่า 1 โซน	25	บาท

3.1) ผลตอบแทนการลงทุน และระยะเวลาคืนทุน

กรณีที่ (1) รถกอล์ฟให้บริการ 365 วัน ต่อ 1 ปี

ผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return) = 28.08 % ต่อปี โดยค่ามากกว่าอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ยอมรับได้ (MARR) ซึ่งอยู่ที่ 8.13% ต่อปี สามารถสรุปได้ว่า ในกรณีนี้โครงการมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Worth) = 1,174,277.29 บาท

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) อยู่ในช่วงช่วงต้นปีที่ 5 ของโครงการ

กรณีที่ (2) รถกอล์ฟให้บริการ 300 วัน ต่อ 1 ปี โดยเว้นวันหยุดนักขัตฤกษ์ วันเสาร์และวันอาทิตย์

ผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return) ไม่สามารถหาค่าได้ เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันของโครงการมีค่าน้อยเกินไป

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Worth) = -1,2911,100 บาท

ไม่เกิดระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) กล่าวคือในกรณีนี้โครงการไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน

3.3) การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) เมื่อพิจารณาร่วมกับมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) ทั้ง 2 กรณี พบว่าตัวแปรที่ส่งผลต่อรายรับของโครงการมากที่สุดคือ ความต้องการใช้ในระบบขนส่ง รองลงมาคือ อัตราค่าบริการต่อหน่วย และตัวแปรที่ส่งผลต่อรายจ่ายมากที่สุดคือ เงินเดือกพนักงานขับรถ รองลงมาคือ ค่าเช่าที่จอดรถ ค่าดูแลแอปพลิเคชัน และราคารถกอล์ฟ ตามลำดับ

5.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

- ข้อมูลปริมาณความต้องการในการใช้บริการ

เนื่องด้วยเวลาในการทำวิจัยที่จำกัด ข้อมูลที่นำมาใช้ในการคาดการณ์ปริมาณความต้องการใช้บริการจึงเป็นข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งทำให้การคาดการณ์ไม่มีความชัดเจนและถูกต้อง เท่าการใช้ข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่งต้องทำการสำรวจใหม่

- โปรแกรม Solver ของ Microsoft Excel

เนื่องจากข้อจำกัดของโปรแกรม Solver ของ Microsoft Excel จึงต้องทำการลดจุดที่ใช้เป็นตัวแทนของโซนที่ใช้ในการรับ-ส่ง ลง 1 จุด ด้วยการควบรวมจุดที่ใช้เป็นตัวแทนของโซนที่ใช้ในการรับ-ส่ง ของโซน 2 มารวมกับโซน 6 เพื่อแก้ปัญหาด้านข้อจำกัดของโปรแกรม

- การขยายพื้นที่การศึกษาและเส้นทางการเดินรถ

ยานพาหนะที่ใช้ในการให้บริการในงานวิจัยคือรถกอล์ฟไฟฟ้า ซึ่งหากพิจารณาตามมาตราที่ 7 ของพระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522 รถกอล์ฟไฟฟ้าไม่สามารถเดินรถ หรือขับขี่บนท้องถนนทั่วไปได้ ยกเว้นจะเป็นพื้นที่ส่วนตัว เช่น ถนนภายมหาวิทยาลัย ถนนรีสอร์ตและโรงแรม ถนนในโรงพยาบาล เป็นต้น การออกแบบเส้นทางการเดินรถรวมไปถึงจุดจอดรับ-ส่ง จึงต้องกำหนดขึ้นภายใต้ข้อจำกัดข้างต้น

5.3 ข้อเสนอแนะของงานวิจัย

- เนื่องจากปริมาณความต้องการในการใช้บริการอ้างอิงมาจากงานวิจัยที่เก็บจากเหตุการณ์ทั่วไปในชีวิตประจำวันของผู้ใช้งานในช่วงเวลาเปิดภาคเรียน จึงไม่สามารถใช้อ้างอิงได้เมื่อเกิดเหตุการณ์นอกเหนือจากนี้ขึ้น เช่น มีการสอบกลางภาค อยู่ในช่วงเวลาปิดภาคเรียน ซึ่งจะส่งผลให้ความต้องการในการใช้บริการเปลี่ยนไป จึงควรพิจารณาความแตกต่างของความต้องการในการใช้รถในช่วงเปิดและปิดภาคการศึกษาร่วมด้วย

- ข้อมูลในอดีตที่นำมาอ้างอิงมีจำนวนค่อนข้างน้อย จึงอาจทำให้การประมาณความต้องการในการเดินทาง รวมถึงการกำหนดเส้นทางการเดินรถขาดความแม่นยำ อาจทำให้คลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง จึงควรมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม ไม่ว่าจะเป็นจากระบบขนส่งที่มีอยู่แล้ว หรือการทำแบบสำรวจความต้องการในการใช้บริการ

- ผู้ให้บริการระบบการเดินทางภายในหรือบริเวณโดยรอบจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีหลากหลายรูปแบบ เพื่อตอบสนองความต้องการของนิสิตบุคลากรณ์และคณาจารย์ จึงควรคำนึงถึงส่วนแบ่งของตลาดเมื่อคำนวณความต้องการในการใช้ รวมไปถึงควรมีตัวเลขที่บอกสัดส่วนการใช้งานเมื่อเทียบกับคู่แข่งในตลาด เช่น รถโดยสารภายในจุฬาฯ (CU Shuttle Bus), มูฟมี (MuvMi), วินมอเตอร์ไซค์รับจ้าง, แอปพลิเคชันเรียกใช้บริการขนส่งในรูปแบบต่างๆ

- ในปัจจุบันกฎหมายมีการส่งเสริมสนับสนุนการใช้รถสามล้อไฟฟ้า และได้มีการได้ขยายจำนวนยื่นขอใช้สิทธิจดทะเบียน ทั้งในรูปแบบบุคคลธรรมดาและนิติบุคคล ตามประกาศฯ ของกรมการขนส่งทางบก จึงทำให้ไม่มีข้อจำกัดในการเพิ่มจำนวนรถสามล้อ หรือรถสามล้อไฟฟ้า จึงควรพิจารณาสามล้อไฟฟ้ามาใช้ในรูปแบบการขนส่งในงานวิจัย และหาความเป็นไปได้เพิ่มเติม

- จากการกำหนดความเร็วเฉลี่ยของรถกอล์ฟที่ 30 กม./ชั่วโมง เพื่อใช้ในการคำนวณรูปแบบเส้นทางการเดินรถ ผู้วิจัยได้พิจารณาภายหลังพบว่าอาจไม่สามารถทำความเร็วได้มากพอในความเป็นจริง ซึ่งเป็นการวิ่งในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยรวมถึงมีเส้นทางที่ใช้ร่วมกับโรงเรียน ทำให้การจราจรติดขัดมาก โดยเฉพาะในเวลาเข้าเรียนและเลิกเรียน หากได้ทำการวิจัยเพิ่มเติม จึงควรปรับลดความเร็วเฉลี่ย หรือคิดแยกในกรณีเร่งด่วน

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถดำเนินการจนสำเร็จลุล่วงได้ เนื่องด้วยความกรุณาและความ

อนุเคราะห์จากอาจารย์ ผศ. ดร. พงษ์สันธ์ บัณฑิตสกุลชัย ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งคอยอธิบายช่วยเหลือ ตักเตือน และชี้แนะแนวทางจนวิปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จเรียบร้อย คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ทั้ง 2 ท่าน คือ ศ. ดร. ศักดิ์สิทธิ์ เฉลิมพงศ์ และ รศ. ดร. มาโนช โลหเตปานนท์ ที่ชี้แนะและมอบคำแนะนำเพื่อปรับปรุงข้อบกพร่องในปริญญานิพนธ์

ขอขอบคุณ นายณนน ศลณัฏฐนน ที่ให้ความช่วยเหลือในขั้นตอนการทำวิจัย ทำให้การทำงานเป็นไปอย่างราบรื่นมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

Akhtar, Hanna, Begum, Basri & Scavino. (2017). Backtracking search algorithm in CVRP models for efficient solid waste collection and route optimization. Waste Management, 61, 117-128.

Lawrence Bodin.(1994). Visualization in Vehicle Routing and Scheduling Problems. College of business and Management, University of Maryland.

Balas, Egon, Toth, Paolo. (1983). Branch and bound methods for the traveling salesman problem. Carnegie Mellon University Graduate School of Industrial Administration.

Claudio Gambella, Joe Naoum-Sawaya. (2018). The Vehicle Routing Problem with Floating Targets: Formulation and Solution Approaches. IBM Research, IBM Technology Campus Building 3, Mulhuddart, Dublin 15, Ireland.

เยาวเรศ ทับพันธ์. (2541). การประเมินโครงการตามแนวเศรษฐศาสตร์. คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

นรีทิพย์ อติคุณธำรง. (2561). การออกแบบเส้นทางการเดินรถขนส่งสำหรับตัวแทนจำหน่ายโลหะบัดกรีและลวดเชื่อมประสาน, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รัฐกร แตงแสงจันทร์. (2558). การจัดเส้นทางเดินรถเพื่อส่งสินค้าหลายจุดที่มีเงื่อนไขกรอบเวลา และข้อจำกัดเวลาการทำงาน, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์