ปัญหาการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะในระบบการให้บริการรถเช่าโดยการแบ่งรถใช้
Vehicle Relocation Problem in Carsharing Service Operation

นาย รัชนนท์ ควรหา[1], นาย สิรวิชญ์ แสงสุดา[2] และ รศ.ดร.มาโนช โลหเตปานนท์[3]

[1,2,3] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน การใช้บริการ One-Way Car Sharing เป็นทางเลือกใหม่สำหรับการเดินทางในเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น เป็นการให้บริการยานพาหนะส่วนตัวในการเดินทางจากสถานีหนึ่งไปยังสถานีที่ต่างกันได้ โดยมีการให้บริการภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยภายใต้การให้องค์ CU Toyota Hamo โดยการให้บริการรูปแบบ One-Way Car Sharing ประสบปัญหาในการเตรียมความพร้อมของยานพาหนะในสถานีต่าง ๆ ที่กำหนด ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน เนื่องจากแต่ละสถานีมีจำนวนยานพาหนะและที่จอดยานพาหนะจำกัด ดังนั้นจึงต้องมีการเคลื่อนย้ายยานพาหนะ (Relocation) จากสถานีอื่นที่ไม่มีความต้องการของผู้ใช้บริการ โดยปัจจุบันองค์กร CU Toyota Hamo ปรับปรุงโดยพิจารณาจำนวนยานพาหนะในแต่ละสถานีว่าเพียงพอหรือไม่ โดยไม่สามารถชี้วัดประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายยานพาหนะได้ ดังนั้นงานวิจัยจึงได้วิเคราะห์รูปแบบในการเคลื่อนย้ายยานพาหนะ เพื่อศึกษาว่าการเคลื่อนย้ายยานพาหนะรูปแบบใด ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายและอัตราการปฏิเสธคำร้องขอการเดินทางเทียบกับคำขอร้องการเดินทางทั้งหมด (% Fail Rate) ต่ำที่สุด โดยได้สร้างแบบจำลองจากทฤษฎีสมการเชิงเส้นและแบบจำลองการไหลในเครือข่าย ผ่านการวิเคราะห์ในโปรแกรม Gurobi Optimizer โดยข้อมูลในการวิเคราะห์อ้างอิงจากข้อมูลคำขอในการเดินทางของบริการ CU Toyota Hamo ในช่วงเวลาตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2562 เป็นเวลา 9 เดือน โดยผลวิเคราะห์พบว่ารูปแบบการเคลื่อนย้ายยานพาหนะทุก 30 นาที ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายและ % Fail Rate ต่ำที่สุด

คำสำคัญ: การเคลื่อนย้ายยานพาหนะ; One-Way Car Sharing; โปรแกรมเชิงเส้น; แบบจำลองการไหลในโครงข่าย

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องด้วยปัจจุบัน เกิดปัญหาการจราจรที่ติดขัดในเมืองที่มีประชากรหนาแน่นในพื้นที่ ส่งผลให้เกิดการบริการของการเดินทางรูปแบบใหม่ คือ การให้บริการรถเช่าโดยการแบ่งรถใช้ (Car sharing) โดยบริการนี้กำลังเป็นที่นิยมและมีการเติบโตต่อเนื่องในหลากหลายเมืองทั่วโลก โดยแนวคิดในการทำ Car sharing พบครั้งแรกในเมือง Zurich ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ ปี ค.ศ. 1948 (S. Shaheen, 1999) โดยภายหลังจากนั้นมา ได้มีการพัฒนาและต่อยอดรูปแบบในการทำ Car sharing หลังจากนั้นเป็นต้นมาจนถึงปัจจุบัน ในช่วงเวลาหนึ่ง บริการ Car sharing มีส่วนสำคัญในการลดการใช้พลังงานและลดปัญหาการจราจรติดขัด (Britton, 1999) เนื่องด้วยการเดินทางแบบเที่ยวเดียว (One-way trip) คือการที่ผู้ใช้เริ่มต้นใช้ยานพาหนะ ณ จุดที่สะดวก และไม่จำเป็นต้องนำยานพาหนะมาจอดคืนที่จุดเดิม ระบบ One-way car sharing จึงเกิดปัญหาในการให้บริการที่มีปริมาณของยานพาหนะที่ไม่สมดุลกับปริมาณความต้องการในการใช้ยานพาหนะ และการจัดการทรัพยากรของระบบที่ไม่ตอบสนองกับความต้องการ

การเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการทรัพยากรยานพาหนะเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการจึงเป็นเรื่องที่สำคัญในการพิจารณาในการให้บริการรูปแบบ Car sharing

ในประเทศไทย เริ่มมีบริการ Car sharing ให้บริการมากขึ้น โดยรวมถึงภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่มีองค์กร CU Toyota Hamo ให้บริการ Car sharing ในรูปแบบเป็นผู้ดูแลทรัพยากรทั้งหมดและให้ผู้ใช้บริการสามารถใช้ได้ โดยเรียกค่าบริการตามเวลาที่ใช้ ซึ่ง CU Toyota Hamo โดยให้บริการในบริเวณพื้นที่โดยรอบวิทยาเขตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีสถานีที่ใช้ในการเติมพลังงานไฟฟ้าและเป็นจุดกำเนิดและจุดปลายทางในการเดินทางทั้งหมด 22 สถานี มีพื้นที่จอดรถรวมทั้งหมด

60 คัน มียานพาหนะที่ใช้งานทั้งหมด 25 คันและมีสถานีที่ให้บริการเติมพลังงานไฟฟ้า 6 สถานี

ระบบที่องค์กรใช้ในการรักษาสมดุลระหว่างรถและผู้ใช้บริการจะพิจารณาจากปริมาณรถที่เหลืออยู่ที่แต่ละสถานี โดยหากสถานีใด เกิดความต้องการยานพาหนะในการรองรับผู้ใช้บริการ ทางผู้ให้บริการจะเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะจากสถานีที่ไม่มีความต้องการผู้ใช้บริการไปยังสถานีนั้น เพื่อตอบสนองตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่มีการนำข้อมูลในอดีตมาประกอบการพิจารณาการเปลี่ยนตำแหน่งแต่ละครั้งจะเกิดค่าใช้จ่ายสำหรับการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะและการไม่มียานพาหนะพร้อมให้บริการจะเกิดค่าใช้จ่ายจากการปฏิเสธในการให้บริการผู้ใช้งาน

ในปัจจุบัน ระบบการเคลื่อนย้ายยานพาหนะขององค์กรยังมิได้มีการทดลองในรูปแบบที่เป็นกิจวัตร ส่งผลให้องค์กรไม่ทราบว่าเกิดความต้องการการใช้บริการที่ไม่ได้การรับรองเป็นจำนวนเท่าใดและไม่ทราบถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากค่าเสียโอกาสจากความต้องการการใช้บริการและการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ ส่งผลให้ทางองค์กรไม่สามารถทราบได้ว่าระบบที่ดำเนินการอยู่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรหรือไม่

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้จัดทำงานวิจัยเพื่อพัฒนาระบบในการให้บริการ Car sharing ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นจากการวิเคราะห์ข้อมูลในการให้บริการของ CU Toyota Hamo ในการให้บริการ เพื่อพิจารณาถึงระบบเพื่อลดค่าใช้ และสรุปผลลัพธ์จากผลที่ได้ เพื่อนำไปพัฒนาต่อ โดยงานวิจัยนี้ ได้รับความร่วมมือและข้อมูลจาก CU Toyota Hamo ซึ่งเป็นผู้ให้บริการ Car sharing ที่มีขอบเขตอยู่ในบริเวณพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ผู้วิจัยมีจุดประสงค์ที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ (Vehicle Relocation) ซึ่งจะลดค่าใช้จ่ายของการให้บริการเช่ารถระยะสั้นของ CU Toyota Hamo โดยพิจารณาจาก

1. ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการปฏิเสธการเดินทางของผู้ใช้บริการในกรณีที่ไม่มียานพาหนะรองรับ หรือ สถานีไม่รองรับและ
2. ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ ในการให้บริการ Car sharing

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ จะพิจารณาข้อมูลจากการให้บริการของ CU Toyota Hamo ในช่วงเวลาเดือนมกราคม ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2562 โดยให้บริการในวิทยาเขตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเท่านั้น

สถานีของ CU Toyota Hamo มีทั้งหมด 22 สถานีรอบบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มียานพาหนะที่ใช้งาน 25 คัน ที่จอดรวมทั้งหมด 60 ที่ โดยชื่อในแต่ละสถานีจะแสดงใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชื่อสถานีทั้งหมดในโครงการ **CU Toyota Hamo** ในช่วงเวลาดำเนินการ (มกราคม - กันยายน พ.ศ. 2562)

สถานี	
01 Exit to Cham square	12 CU Terrace
02 Economics	13 Suan Luang square
03 Sala Prakeaw	14 I'm Park
04 Engineering	15 U Center
05 Arts	16 Communication Arts
06 Chamchuri 9	17 Property office
07 Chamchuri 5	18 Art and Culture
08 Witthaya Nives	19 Pharmaceutical Science
09 Chamchuri 10	20 Veterinary Science
10 Chulapat 14	21 Wittayakit Building
11 BTS – National Stadium	22 Siam Square Soi 8

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นต้นแบบในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะในการให้บริการของ CU Toyota Hamo
2. สามารถลดต้นทุนที่เกิดจากการปฏิเสธการเดินทางที่ถูกต้องการและลดต้นทุนที่เกิดจากการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะในการให้บริการของ CU Toyota Hamo
3. สามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะในการให้บริการของ CU Toyota Hamo ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming)

Linear Programming (LP) หรือโปรแกรมเชิงเส้น เป็นแบบจำลอง (Model) ที่พยายามหาค่าสูงที่สุดหรือต่ำที่สุดสำหรับสมการวัตถุประสงค์เชิงเส้นที่กำหนด (Lohatepanont, 2018) โดยอ้างอิงจากชุดของสมการข้อจำกัดเชิงเส้น ได้รับการพัฒนาและคิดค้นขึ้นมาในช่วงสงครามโลก (Lewis, 2008) ที่ใช้ในการพัฒนาประสิทธิภาพของทรัพยากรให้ได้สูงที่สุด

โดย Linear Programming Model (LP Model) มีส่วนประกอบคือ

- Decision Variables หรือตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจ เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ ที่ใช้พิจารณา
- Objective Function หรือสมการฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เป็นมาตรการชี้วัดที่เหมาะสม โดยค่าที่ได้จากการคำนวณในสมการนี้ ได้เรียกค่าที่ได้ว่า “Objective Function Value”
- Constraints หรือข้อจำกัด คือข้อจำกัดต่อค่าต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการพิจารณา decision variables
- Objective Function Coefficients หรือค่าสัมประสิทธิ์สมการฟังก์ชันวัตถุประสงค์
- Constraint Matrix เป็นเมทริกซ์ที่ระบุถึงข้อจำกัดทั้งหมด

- Constraint's Sense คือเครื่องหมายที่ระบุความหมายของ Constraints โดยเครื่องหมายที่ใช้จะมี 3 รูปแบบคือ ≥ , ≤ , =
- Non-negativity restriction เป็นการกำหนดว่าตัวแปรที่ส่งผลต่อแบบจำลองควรเป็นค่าที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0

และมีสมมติฐานในการออกแบบ LP Model ดังนี้

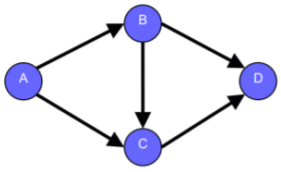
- Certainty หรือความเชื่อมั่น คือการที่ทุกพารามิเตอร์แน่นอนและมีความชัดเจน
- Proportionality หรือมีสัดส่วน คือ แต่ละค่าในสมการมีสัดส่วนที่ชัดเจนซึ่งกันและกันไม่มีการลดหรือเพิ่มในการพิจารณา เช่น 8X มีปริมาณ 2 เท่าเมื่อเทียบกับ 4X
- Additivity กล่าวคือ ทุกฟังก์ชันใน LP Model สามารถรวมกันได้ในแต่ละสมการ
- Divisibility คือการที่ข้อมูลมีค่าต่อเนื่องกัน (non-discrete)

2.1.2 แบบจำลองการไหลในเครือข่าย (Network Flow Model)

แบบจำลองการไหลในเครือข่าย หรือ Network Flow Model ใช้เพื่อแสดงให้เห็นวิธีสร้างแบบจำลองอย่างมีประสิทธิภาพ การไหลในเครือข่ายสามารถใช้สร้างแบบจำลองได้หลายปัญหา เช่น ปัญหาการถ่ายลำ ปัญหาการขนส่ง ปัญหาวิถีสั้นสุด ปัญหาการมอบหมายงาน หรือปัญหาการหาปริมาณการไหลสูงสุด

โดยเครือข่ายประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน ได้แก่

1. โหนด (Node)
2. เส้นเชื่อม (Arc) เส้นเชื่อมระหว่างโหนด



รูปที่ 1 เครือข่ายแบบง่ายประกอบด้วย 4 โหนด และ 5 เส้นเชื่อม (Lohatepanont, 2018)

ในการแก้ปัญหาการไหลในเครือข่ายสามารถสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น โดยใช้องค์ประกอบของโปรแกรมเชิงเส้นได้ ดังนี้

1. ตัวแปร (Variables): การไหลของเส้นเชื่อม แสดงปริมาณของการไหลในเส้นเชื่อมนั้น ๆ
2. สมการฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function): โดยทั่วไปสมการฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของแบบจำลองการไหลของเครือข่ายคือทำค่าใช้จ่ายให้ได้ต่ำที่สุด โดยค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในเครือข่ายคือการรวมค่าใช้จ่ายของเส้นเชื่อมทุกเส้นในเครือข่าย
3. ข้อจำกัด (Constraints) - ข้อจำกัดที่สำคัญที่สุดและอาจจะเป็นเพียงข้อจำกัดเดียวในแบบจำลองการไหลในเครือข่ายส่วนใหญ่ คือ ข้อจำกัดการอนุรักษ์การไหล (Conservation of Flow Constraint)

ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้ ได้นำทฤษฎีการไหลในเครือข่ายโดยกำหนดให้โหนดเป็นสถานีให้บริการ CU Toyota Hamo และเส้นเชื่อมเป็นการเดินทางที่เกิดขึ้นระหว่างสถานี ทั้งการเดินทางจากผู้ใช้และจากการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ อีกทั้งใช้หลักการอนุรักษ์การไหลเช่นเดียวกับทฤษฎีในการกำหนดเป็นข้อจำกัดการไหลเข้าและไหลออกของยานพาหนะในสถานีนั้น ๆ โดยใช้ข้อมูลทางกายภาพ และการเดินทางที่ถูกต้องการ ที่ได้รับจาก CU Toyota Hamo

2.1.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA)

การทำ Analysis of Variance (ANOVA) เป็นวิธีการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรที่มีตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป โดยจะสามารถวิเคราะห์ความแตกต่างของประชากรได้พร้อมกันมากกว่า 2 ประชากร ซึ่งจะสามารถวิเคราะห์เพื่อให้เห็นผลกระทบซึ่งกันและกันของปัจจัยได้

โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวหรือการวิเคราะห์องค์ประกอบเดียว เป็นการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวหรือมีปัจจัยเดียว แต่จำแนกเป็น 2 กลุ่มขึ้นไป โดยถือว่าหน่วยที่ทดสอบได้รับปัจจัยเดียวกันมาจากประชากรเดียวกัน

โดยหลักการของ One-Way ANOVA คือ ความแปรปรวนรวม = ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม + ความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Total Variance = Between-Group Variance + Within-Group Variance)

- ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงขนาดของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มต่าง ๆ ซึ่งเป็นผลสำคัญของตัวแปรอิสระที่ศึกษา
- ความแปรปรวนภายในกลุ่ม เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงคะแนนแต่ละตัวที่รวบรวมได้ภายในกลุ่ม ซึ่งเป็นผลของตัวแปรอื่น ๆ ที่ทำให้คลาดเคลื่อนไป ค่าที่คำนวณได้นี้เรียกว่า ค่าคลาดเคลื่อน

Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F_0
Between	$SS_{Treatment}$	$a - 1$	$MS_{Treatment}$	F_0
Within	SS_E	$N - a$	MS_E	
Total	SS_T	$N - 1$		

รูปที่ 2 ข้อมูลที่เป็นส่วนประกอบในการวิเคราะห์ One-Way ANOVA (Choocharukul, 2019)

ในงานวิจัยนี้ การวิเคราะห์ข้อมูลผ่านรูปแบบ One-Way ANOVA จะใช้การวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม R STUDIO โดยใช้คำสั่ง aov() ในการวิเคราะห์

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเดินทางแบบเที่ยวเดียว (One-way trip) คือการที่ผู้ใช้เริ่มต้นใช้ยานพาหนะ ณ จุดที่สะดวก และไม่จำเป็นต้องนำยานพาหนะมาจอดคืนที่จุดเดิม ระบบ One-way car sharing จึงควบคู่มากับความไม่สมดุลระหว่างความต้องการใช้ยานพาหนะจากผู้ใช้และความพร้อมใช้งานของยานพาหนะที่สถานี การที่ผู้ใช้เริ่มต้นใช้งานยานพาหนะที่สถานีหนึ่งและนำยานพาหนะไปคืนที่สถานีที่ต่างกัน จึงอาจทำให้เกิดสถานการณ์ที่

ยานพาหนะสะสมเพิ่มพูน ณ สถานีที่ไม่มีความต้องการ ซึ่งในขณะเดียวกันเกิดการขาดแคลนยานพาหนะ ณ สถานีที่มีความต้องการยานพาหนะสูง (Barth, 2004) การเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะเป็นหนึ่งในกระบวนการที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบ One-way car sharing (Kek, 2006), (Cucu, 2009), (Jorge, 2014) ซึ่งในงานวิจัยเดียวกันนี้ได้พุ่งความสนใจไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพสูงสุดให้กับการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ

Kek และคณะ ในปีค.ศ. 2009 ได้ทำการทดสอบโดยใช้ข้อมูลการดำเนินงานเชิงพาณิชย์จากบริษัท Car sharing ในสิงคโปร์ โดยมีจุดประสงค์เดียวกันกับคณะผู้วิจัย เพื่อที่จะต้องการลดต้นทุนซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะและลดต้นทุนที่เกิดจากการปฏิเสธความต้องการการใช้ยานพาหนะให้ต่ำที่สุด โดยผลลัพธ์จากงานวิจัยนำไปสู่การลดต้นทุนจากพนักงาน, ลดระยะเวลาที่ไม่มียานพาหนะรองรับ และลดจำนวนการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ (Kek, 2009)

M. Bruglieri และคณะ ในปี ค.ศ.2014 ณ เมืองมิลาน ประเทศอิตาลี ได้ทำการศึกษาปัญหาในการสร้างสมดุลระหว่างความต้องการใช้ยานพาหนะและปริมาณยานพาหนะที่ว่าง โดยยานพาหนะที่ใช้เป็นรูปแบบของยาหพาหนะที่ใช้พลังงานไฟฟ้า (Electric Vehicles or EVs) โดยต้องมีจุดประสงค์เพื่อลดการปฏิเสธความขอการเดินทางของผู้ใช้บริการให้ต่ำที่สุด โดยใช้แบบจำลองอ้างอิงจากการทำ Mixed integer linear Programming โดยใช้โปรแกรม CPLEX ในการพัฒนาแบบจำลอง (M. Bruglieri, 2014)

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 โปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย

การวิเคราะห์เพื่อตอบถึงวัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้จะทำการวิจัยในโปรแกรม Gurobi Optimizer เป็นหลัก โดยโปรแกรม Gurobi Optimizer เป็นเครื่องมือที่อยู่ในระบบภาษาคอมพิวเตอร์ ซึ่งการวิจัยนี้จะใช้ภาษา Python ในการพัฒนาระบบที่สร้างในงานวิจัย

การ Relocation ในงานวิจัยเป็นลักษณะโปรแกรมเชิงเส้นในการวิเคราะห์ รวมถึงข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวมตลอด 9 เดือน ดังนั้นโปรแกรม Gurobi Optimizer จึงเป็นโปรแกรมที่เหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์ปัญหาในงานวิจัยนี้

3.2 ขั้นตอนในงานวิจัย

ขั้นตอนในการทำวิจัย ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาถึงปัญหาในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะของ CU Toyota Hamo

จากที่คณะผู้วิจัยจึงศึกษาข้อมูล วิธีการ และระบบการแก้ปัญหาในเรื่องการรักษาสมดุลระหว่างความต้องการใช้และการจัดการทรัพยากรของ CU Toyota Hamo พบว่าระบบที่องค์กรใช้ คือการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะจากสถานีที่ไม่มีความต้องการไปยังสถานีที่ความต้องการ โดยไม่มีการนำข้อมูลในอดีตมาประกอบการพิจารณาการเปลี่ยนตำแหน่ง

2. ศึกษาแบบจำลองและเครื่องมือในการสร้างแบบจำลอง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารูปแบบในการสร้างแบบจำลองสำหรับการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ โดยจากการศึกษา พบว่าในการสร้างแบบจำลองเพื่อเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะในบริการ Car sharing ส่วนใหญ่อ้างอิงจากทฤษฎีโปรแกรมเชิงเส้นเป็นหลัก และพบว่าโปรแกรม Gurobi Optimizer ซึ่งเขียนในภาษา Python เหมาะกับการคำนวณและวิเคราะห์แบบจำลอง

3. ออกแบบ Optimization Model

การออกแบบแบบจำลองสำหรับการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะในรูปแบบของ Car sharing จะพิจารณาวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะให้ต่ำที่สุด โดยอ้างอิงจากทฤษฎี Linear Programming และ Network Flows Modeling รวมถึงพิจารณาขอบเขตและตัวแปรในงานวิจัย อ้างอิงมาจากคุณลักษณะของการให้บริการ Car sharing ของ CU Toyota Hamo และนำข้อมูลบันทึกตัวอย่างในการให้บริการมาทดสอบในแบบจำลอง

4. นำข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองมาวิเคราะห์ผลลัพธ์

ผลลัพธ์ที่ได้จากการนำข้อมูลการเรียกใช้บริการ CU Toyota Hamo มาวิเคราะห์ผ่านแบบจำลอง จะแสดงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะจากข้อมูล ค่าชี้วัด รวมถึงข้อเสนอแนะในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำที่สุด

3.3 แบบจำลองที่ใช้ในงานวิจัย

3.3.1 Sets

S : เซตของสถานีทั้งหมด ใช้ o, d และ s เป็นดัชนี

T : เซตของเวลา ใช้ t เป็นดัชนี

$In(s,t)$: เซตของการเดินทาขาเข้าสู่เหตุการณ์ (s,t)

$Out(s,t)$: เซตของการเดินทางขาออกจากเหตุการณ์ (s,t)

3.3.2 Parameters

$o \in S$: สถานีต้นทาง

$d \in S$: สถานีปลายทาง

$s \in S$: สถานีใด ๆ

$t_{ri} \in T$: เวลาเริ่มต้นในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ (Initial time of Relocation: ri)

$t_{rf} \in T$: เวลาสิ้นสุดในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ (Final time of Relocation: rf)

$t_{di} \in T$: เวลาเริ่มต้นในการเดินทางที่ถูกต้องการ (Initial time of Demanded trip: di)

$t_{df} \in T$: เวลาสิ้นสุดในการเดินทางที่ถูกต้องการ (Initial time of Demanded trip: df)

$t \in T$: เวลาใด ๆ

RLC_{od}: ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะจากสถานีต้นทาง o ไปสถานีปลายทาง d

RJC: ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการปฏิเสธการเดินทางที่ถูกต้องการ

(s,t) : เหตุการณ์ของยานพาหนะที่สถานี s และเวลา t

q_s : จำนวนยานพาหนะที่จอดที่สถานี s ในจุดเริ่มต้นของวัน

CAP_s : จำนวนที่จอดรถที่สถานี s

3.3.3 Variables

$R_{od}^{t_{ri}t_{rf}}$: จำนวนการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะจาก สถานีต้นทาง o ไป สถานีปลายทาง d ที่ เวลาเริ่มต้นในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ t_{ri} ถึง เวลาสิ้นสุดในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ t_{rf}

r_i : การย้ายตำแหน่งในเหตุการณ์ i

$D_{od}^{t_{di}t_{df}}$: ตัวแปรฐานสองที่ชี้วัดว่าการเดินทางที่ถูกต้องการจาก สถานีต้นทาง o ไป สถานีปลายทาง d ที่ เวลาเริ่มต้นในการเดินทางที่ถูกต้องการ t_{di} ถึง เวลาสิ้นสุดในการเดินทางที่ถูกต้องการ t_{df} นั้นถูกปฏิเสธหรือไม่ $D_{od}^{t_{di}t_{df}}$ เท่ากับ 1 ถ้าสามารถตอบสนองความต้องการเดินทางจากผู้ใช้บริการได้ ไม่เช่นนั้นเท่ากับ 0

d_i : ความต้องการในการเดินทางในเหตุการณ์ i

$y_{(s,t^-)}$: จำนวนรถที่จอดที่สถานี s ก่อนเวลา t

$y_{(s,t^+)}$: จำนวนรถที่จอดที่สถานี s หลังเวลา t

$y_{(s,t_e)}$: จำนวนรถที่จอดที่สถานี s ที่เวลาเมื่อสิ้นสุดวัน (End of the day: e)

3.3.4 Model

$$\min \sum_{(o,d,t_{ri},t_{rf})} RLC_{od} \times R_{od}^{t_{ri}t_{rf}} - \sum_{(o,d,t_{di},t_{df})} RJC \times \left(D_{od}^{t_{di}t_{df}} - 1\right)$$
$$\forall (o,d) \in S, \left(t_{ri}, t_{rf}, t_{di}, t_{df}\right) \in T \quad (1)$$

3.4 ข้อจำกัดที่ใช้ในงานวิจัย

Conservation of Flow

$$y_{(s,t^-)} + \sum_{i \in In(s,t)} d_i + \sum_{i \in In(s,t)} r_i - y_{(s,t^+)} - \sum_{i \in Out(s,t)} d_i - \sum_{i \in Out(s,t)} r_i = 0$$
$$\forall s \in S, t \in T \quad (2)$$

Capacity of Station

$$y_{(s,t^-)} + \sum_{i \in In(s,t)} d_i + \sum_{i \in In(s,t)} r_i \leq CAP_s$$
$$\forall s \in S, t \in T \quad (3)$$

Ground Arc Constraint

$$y_{(s,t)} \geq 0 \qquad \forall s \in S, t \in T \quad (4)$$

Reserved Demand Constraint

$$d_{(s,t)} \geq 0 \qquad \forall s \in S, t \in T \quad (5)$$

Relocation Constraint

$$r_{(s,t)} \geq 0 \qquad \forall s \in S, t \in T \quad (6)$$

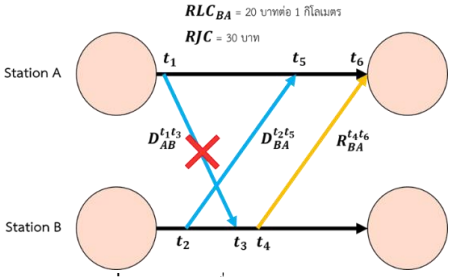
Required cars at Start

$$y_{(s,t_e)} = q_s \qquad \forall s \in S, t_e \in T \quad (7)$$

Binary Constraint

$$D_{od}^{t_{di}t_{df}} \in \{0,1\} \qquad \forall (o,d) \in S, (t_{di}, t_{df}) \in T \quad (8)$$

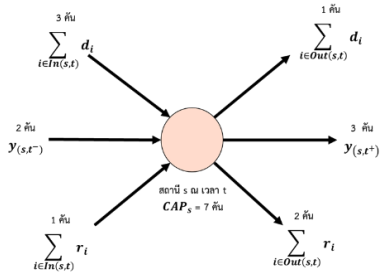
สมการ (1) คือสมการวัตถุประสงค์ที่ต้องการหาค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด โดยพิจารณาถึง 2 พจน์หลักในสมการโดยพจน์ที่ 1; $\sum_{(o,d,t_{ri},t_{rf})} RLC_{od} \times r_{od}^{t_{ri}t_{rf}}$; คือค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการปฏิเสธความต้องการของผู้ใช้บริการ ซึ่งค่าใช้จ่ายนี้จะคงที่ต่อการปฏิเสธ 1 เที่ยวที่ราคา 30 บาทและพจน์ที่ 2; $\sum_{(o,d,t_{di},t_{df})} RJC \times \left(D_{od}^{t_{di}t_{df}} - 1\right)$; คือค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ ซึ่งค่าใช้จ่ายนี้จะแตกต่างกันใน 1 เที่ยว ขึ้นกับรูปแบบในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ โดยจะขึ้นกับระยะทางของการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะเป็นหลัก โดยจากตัวอย่างในรูปที่ 3 จะสามารถวิเคราะห์ตามสมการ (1) ได้ดังนี้



รูปที่ 3 ตัวอย่างเพื่ออธิบายสมการ (1)

จากรูปที่ 3 จะพบว่ามีจำนวนสถานี 2 สถานี คือ สถานี A และสถานี B โดยเกิดการเคลื่อนรถระหว่างทั้ง 2 สถานีนี้ทั้งหมด 3 เที่ยว โดยมีการเดินทางจากผู้ใช้บริการจากสถานี A ไปยังสถานี B 1 ครั้งแต่ไม่สามารถใช้บริการได้และจากสถานี B ไปยังสถานี A 1 ครั้ง ใช้บริการสำเร็จ มีการเปลี่ยนตำแหน่งรถ 1 ครั้งจากสถานี B ไปยังสถานี A 1 ครั้ง ดังนั้น ค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นจากสมการ (1) ของตัวอย่างดังกล่าว จะคำนวณได้จากการนำค่าใช้จ่ายจากการปฏิเสธความต้องการต่อหน่วย (RJC) = 30 บาท โดยเกิดการปฏิเสธความต้องการเดินทาง 1 ครั้ง ส่งผลต่อตัวแปร $D_{od}^{t_1t_3}$ ในสมการเป็นค่าเท่ากับ 0 และเมื่อคำนวณแล้ว จะได้ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการปฏิเสธการเดินทางเท่ากับ 30 บาท ส่วนค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเปลี่ยนตำแหน่งรถต่อหน่วย (RLC_{od}) เท่ากับ 20 บาทต่อการเดินทาง 1 กิโลเมตร เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายรถจากสถานี B ไปยังสถานี A โดยสมมติให้ระยะทางระหว่างสถานี A และสถานี B ห่างกัน 0.5 กิโลเมตร ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนตำแหน่งจากสถานี B ไปยังสถานี A (RLC_{BA}) เท่ากับ 10 บาท ดังนั้นค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นคือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการปฏิเสธการเดินทาง + ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนตำแหน่ง เท่ากับ 40 บาท

สมการ (2) คือสมการ Conservation of Flows ของยานพาหนะแต่ละสถานี ณ เวลาต่าง ๆ โดยจะกำหนดว่า รถที่อยู่ในสถานีเดิม + จำนวนรถที่เข้ามาในสถานีทั้งหมดจะต้องเท่ากับจำนวนรถที่ค้างอยู่ในสถานี + จำนวนรถที่ออกจากสถานีทั้งหมดดังตัวอย่างของสมการ (2) ที่แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ตัวอย่างเพื่ออธิบายสมการ (2), (3), (4), (5) และ (6)

จากรูปที่ 4 จะพบว่าปริมาณรถที่ไหลเข้าในสถานี s ณ เวลา t มีจำนวนรถที่อยู่ในสถานีเดิมเท่ากับ 2 คัน จำนวนรถเข้าจากการเปลี่ยนตำแหน่งรถ 1 คัน และรถที่มาจากความต้องการของผู้ใช้บริการ 3 คัน รวมรถที่เข้ามาเป็นจำนวน 6 คัน ซึ่งจะต้องสอดคล้องกับปริมาณรถขาออกคือ รถที่ค้างอยู่ในสถานี 3 คัน รถที่ออกจากความต้องการของผู้ใช้บริการ 1 คัน และรถที่ออกจากการเปลี่ยนตำแหน่งรถ 2 คัน รวมปริมาณรถที่ออกจากสถานีทั้งหมดเท่ากับ 6 คัน $y_{(s,t)}, d_{(s,t)}$ และ $r_{(s,t)}$

สมการ (3) เป็นการกำหนดว่า ณ สถานีใด ๆ ที่เวลาใด ๆ จำนวนรถที่ค้างอยู่ในสถานี ($y_{(s,t)}$), รถที่เข้ามายังสถานีจากการใช้บริการ ($d_{(s,t)}$) และรถที่เข้ามายังสถานีจากการเปลี่ยนตำแหน่ง ($r_{(s,t)}$) จะต้องรวมกันแล้วไม่เกินความจุที่สถานีรองรับได้ (CAP_s) จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าจำนวนรถขาเข้าทั้งหมด 6 คัน ซึ่งไม่เกินความจุยานพาหนะของสถานี s 7 คัน

สมการ (4), (5), (6) เป็นการกำหนดว่า จำนวนรถที่ค้างอยู่ในสถานี ($y_{(s,t)}$), ความต้องการการเดินทาง ($d_{(s,t)}$) และการเปลี่ยนตำแหน่งรถ ($r_{(s,t)}$) จะต้องมีค่าไม่ติดลบหรือมากกว่าเท่ากับศูนย์ในแบบจำลอง

สมการ (7) เป็นการกำหนดว่าจำนวนรถที่อยู่ในแต่ละสถานีเมื่อสิ้นสุดการให้บริการ จะต้องมีจำนวนเท่ากับจำนวนยานพาหนะที่จอดที่สถานีในจุดเริ่มต้นของวันเพื่อให้มีจำนวนรถให้เพียงพอต่อการให้บริการในวันต่อไป

สมการ (8) กำหนดให้ความต้องการของผู้ใช้บริการมีลักษณะตัวแปรเป็น Binary ในแบบจำลอง

3.5 ข้อสมมติในงานวิจัย

3.5.1 การเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ

เพื่อให้การเพื่อให้การออกแบบแบบจำลองในการวิเคราะห์ชัดเจน ผู้วิจัยกำหนดให้ทุกสถานี สามารถเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะทั้งหมด 6 รูปแบบ ประกอบด้วย 1 รูปแบบที่ไม่มีการ Relocation และรูปแบบที่มีการ Relocation ได้ 5 แบบ (ตารางที่ 2) โดยจะสิ้นสุดการเปลี่ยนตำแหน่งรอบสุดท้ายที่ 20.30 น. เพื่อให้สามารถกำหนดขอบเขตในการเขียนโปรแกรมได้ชัดเจน โดยลักษณะทั่วไป

ตารางที่ 2 ระยะเวลาระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะและช่วงเวลาที่ทำการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ

ระยะเวลาระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ	ช่วงเวลา
30 นาที	7.00 - 20.30 น.
1 ชั่วโมง	7.30 - 20.30 น.
1 ชั่วโมง 30 นาที	7.00 - 20.30 น.
2 ชั่วโมง	8.30 - 20.30 น.
2 ชั่วโมง 30 นาที	8.00 - 20.30 น.

3.5.2 ค่าใช้จ่ายที่พิจารณาในแบบจำลอง

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการปฏิเสธการเดินทางที่ถูกต้องการ คณะผู้วิจัยกำหนดไว้ที่ 30 บาทต่อครั้ง โดยอ้างอิงจากค่าบริการต่อเที่ยวที่กำหนดโดย CU Toyota Hamo (CU TOYOTA Ha:mo , 2020) และค่าใช้จ่ายสำหรับการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ จะคำนวณจากการวัดระยะทางที่สั้นที่สุดในการเดินทางจากสถานี o ไปยังสถานี d โดยสมมติให้การเปลี่ยนตำแหน่ง 1 กิโลเมตรมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 20 บาท และนำอัตรานี้ไปคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะในแต่ละเส้นทาง

3.5.3 ช่วงเวลาดำเนินการ

CU Toyota Hamo ให้บริการในช่วงเวลา 7.00 น. ถึง 21.00 น. (CU TOYOTA Ha:mo , 2020) เป็นเวลาให้บริการสำหรับผู้ใช้บริการ แต่กำหนดให้พนักงานสามารถเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะได้ถึงเวลา 20.30น.

3.5.4 ระยะทางในการเดินทางแต่ละเส้นทางที่พิจารณาในแบบจำลอง

ในการออกแบบแบบจำลอง ตัวแปร r_i จะอ้างอิงกับระยะทางที่ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ โดยการคำนวณระยะทางที่ใช้เปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะจากสถานี o ไปยังสถานี d จะพิจารณาโดยใช้แอพพลิเคชั่น Google maps เพื่อใช้เส้นทางจากสถานี o ไปยังสถานี d ที่แอพพลิเคชั่นแนะนำเส้นทาง โดยจะนำระยะเวลาที่แอพพลิเคชั่นคำนวณมาใช้เป็นส่วนประกอบในการระบุข้อมูลของตัวแปร r_i

3.5.5 จำนวนยานพาหนะที่จอดที่สถานีในจุดเริ่มต้นของวัน

คณะผู้วิจัยได้กำหนดจำนวนยานพาหนะของแต่ละสถานีในเวลาเปิดให้บริการ โดยอ้างอิงจากข้อมูลที่ได้รับจาก CU Toyota Hamo ดังนี้

ตารางที่ 3 จำนวนยานพาหนะในแต่ละสถานีที่จุดเริ่มต้นของวัน

สถานี	จำนวนยานพาหนะที่จุดเริ่มต้นของวัน /จำนวนจุดจอดรถ
01 Exit to Cham square	1/3
02 Economics	3/5
03 Sala Prakeaw	2/3
04 Engineering	1/3
05 Arts	1/3
06 Chamchuri 9	2/5
07 Chamchuri 5	2/4
08 Witthaya Nives	1/2
09 Chamchuri 10	1/2
10 Chulapat 14	0/2
11 BTS - National Stadium	2/4
12 CU Terrace	2/3
13 Suan Luang square	1/2
14 I'm Park	1/2
15 U Center	1/2
16 Communication Arts	0/2
17 Property office	0/1
18 Art and Culture	1/2
19 Pharmaceutical Science	0/2
20 Veterinary Science	0/3
21 Wittayakit Building	1/2
22 Siam Square Soi 8	2/3

4. ผลการศึกษา

ผลการศึกษาในงานวิจัยนี้ จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ

1. เพื่อหารูปแบบในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะที่ช่วยให้เกิดค่าใช้จ่ายในการทำ Relocation และ Fail Rate ต่ำที่สุด (หัวข้อ 4.1)
2. เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลความต้องการในการเดินทางของแต่ละวันแตกต่างกันอย่างไร (หัวข้อ 4.2)

โดยการศึกษาจะทำการตรวจสอบถึงรูปแบบในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะที่ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายและค่า Fail Rate (%) ต่ำที่สุด เพื่อนำรูปแบบในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะที่มีประสิทธิภาพสูงสุดนำไปวิเคราะห์ว่าแต่ละวันทำการของ CU Toyota Hamo มีความแตกต่างในการทดสอบรูปแบบการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะที่กำหนดหรือไม่

4.1 การหารูปแบบในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ ที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการทำ Relocation และ Fail Rate ต่ำที่สุด

4.1.1 ขอบเขตของข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยเป็นข้อมูลการขอใช้บริการของผู้ใช้บริการที่อ้างอิงจากโครงการ CU Toyota Hamo นำข้อมูลวันจันทร์ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2562 ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ในงานวิจัย

วันที่	จำนวนความต้องการการเดินทางของผู้ใช้บริการ
7 มกราคม พ.ศ. 2562	68
11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562	90
11 มีนาคม พ.ศ. 2562	83
22 เมษายน พ.ศ. 2562	74
13 พฤษภาคม พ.ศ. 2562	76
10 มิถุนายน พ.ศ. 2562	82
15 กรกฎาคม พ.ศ. 2562	49
19 สิงหาคม พ.ศ. 2562	113
23 กันยายน พ.ศ. 2562	116

4.1.2 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบจำลอง

จากนำข้อมูลตัวอย่างมาวิเคราะห์ในแบบจำลองในโปรแกรม Gurobi Optimizer วิเคราะห์รูปแบบการ Relocation ทั้ง 6 รูปแบบ คือ ไม่มีการทำ Relocation, Relocation ทุก ๆ 30 นาที, 1 ชั่วโมง, 1 ชั่วโมง 30 นาที, 2 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง 30 นาทีเมื่อบันทึกค่าจากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดในหัวข้อ 4.1.1 จะได้ผลวิเคราะห์ดังนี้

4.1.2.1 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการวิเคราะห์ข้อมูลในแบบจำลอง (Cost)

ผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ ในรูปแบบการ Relocation ทั้ง 6 รูปแบบ ได้ผลวิเคราะห์ที่แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนตำแหน่งของข้อมูลตัวอย่าง

วันที่	รูปแบบการทำ Relocation					
	ไม่มีการทำ Relocation	ทุก 150 นาที	ทุก 120 นาที	ทุก 90 นาที	ทุก 60 นาที	ทุก 30 นาที
7/1/2020	840.00	308.96	309.96	282.76	283.52	275.32
11/2/2020	1320.00	629.76	619.96	616.56	603.04	601.04
11/3/2020	1080.00	483.64	496.12	446.44	464.68	438.24
22/4/2020	1230.00	761.84	710.48	674.64	661.16	658.16
13/5/2020	1170.00	586.60	517.80	510.44	499.20	492.36
10/6/2020	990.00	580.40	585.40	563.60	561.60	534.96
15/7/2020	570.00	247.16	274.92	247.16	247.16	247.16
19/8/2020	1140.00	609.80	596.56	596.80	588.16	576.96
23/9/2020	1680.00	899.36	911.60	868.76	869.00	853.16
ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย(บาท)	1113.33	567.50	558.09	534.13	530.84	519.71

จากค่าที่ได้ในตารางที่ 5 การวิเคราะห์ในกรณีที่ไม่มีการทำ Relocation เลย จะมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าในกรณีที่มีการทำ Relocation อย่างชัดเจนและพบว่าค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายในการทำ Relocation ทุก 30 นาที เกิดค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการทำ Relocation ต่ำที่สุด คือ 519.71 บาท โดยรูปแบบในการทำ Relocation อื่น มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าการทำ Relocation ในรูปแบบทุก 30 นาที

4.1.2.2 อัตราการปฏิเสธความต้องการการเดินทางเทียบกับความต้องการการเดินทางทั้งหมด (% Fail Rate)

อัตราการปฏิเสธความต้องการการเดินทางเทียบกับความต้องการการเดินทางทั้งหมด หรือ Fail Rate ที่เกิดขึ้นในการวิเคราะห์ข้อมูลผ่านแบบจำลองในโปรแกรม Gurobi Optimizer ทั้ง 6 รูปแบบได้ผลออกมาดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 อัตรา Fail Rate (%) ในการเปลี่ยนตำแหน่งของข้อมูลตัวอย่าง

วันที่	รูปแบบการทำ Relocation					
	ไม่มีการทำ Relocation	ทุก 150 นาที	ทุก 120 นาที	ทุก 90 นาที	ทุก 60 นาที	ทุก 30 นาที
7/1/2020	41.18	2.94	2.94	1.47	0.00	0.00
11/2/2020	48.89	8.89	8.89	8.89	7.78	7.78
11/3/2020	43.37	6.02	6.02	2.41	3.61	2.41
22/4/2020	55.41	16.22	16.22	8.11	9.46	8.11
13/5/2020	51.32	9.21	3.95	3.95	3.95	5.26
10/6/2020	40.24	7.32	9.76	8.54	8.54	7.32
15/7/2020	47.50	2.50	5.00	2.50	2.50	2.50
19/8/2020	33.63	8.85	7.96	7.08	7.08	7.08
23/9/2020	48.28	8.62	6.90	6.03	6.03	5.17
ค่าเฉลี่ย Fail Rate (%)	45.53	7.84	7.51	5.44	5.44	5.07

จากค่าที่ได้ในตารางที่ 6 การวิเคราะห์ในกรณีที่ไม่มีการทำ Relocation เลย จะมีค่า Fail Rate (%) สูงกว่าในกรณีที่มีการทำ Relocation อย่างชัดเจน และพบว่าค่าเฉลี่ยของค่า Fail Rate(%) ในการทำ Relocation ทุก 30 นาที เกิดค่า Fail Rate(%) เฉลี่ยที่เกิดขึ้นจากการทำ Relocation ต่ำที่สุด คือ 5.07 % โดยรูปแบบในการทำ Relocation อื่นมีค่า Fail Rate(%) สูงกว่าการทำ Relocation ในรูปแบบทุก 30 นาที

โดยจากค่าชี้วัดทั้ง 2 กรณี จะพบว่าการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะทุก 30 นาที เป็นรูปแบบในการปฏิบัติการที่ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและ Fail Rate ต่ำที่สุด ดังนั้นเราจึงนำการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะในรูปแบบนี้มาพิจารณาต่อ

4.2 ตรวจสอบรูปแบบการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ

4.2.1 ขอบเขตของข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยเป็นข้อมูลการขอใช้บริการของผู้ใช้บริการที่อ้างอิงจากโครงการ CU Toyota Hamo โดยข้อมูลทั้งหมดรวบรวมตั้งแต่เดือน มกราคม ถึงเดือน กันยายน พ.ศ. 2562 เป็นเวลา 9 เดือน พิจารณาข้อมูลตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ในแต่ละเดือนเป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดสอบ โดยจะมีทั้งหมด 45 ข้อมูล

4.2.2 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบจำลอง

นำข้อมูลตัวอย่างจากหัวข้อ 4.2.1 มาวิเคราะห์ในแบบจำลอง ผ่านการวิเคราะห์กรณีเกิดการ Relocation รูปแบบการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะทุก 30 นาทีและกรณีไม่มีการ Relocation ทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้ผลลัพธ์ดังนี้

4.2.2.1 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการวิเคราะห์ข้อมูลในแบบจำลอง(Cost)

ผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ ของกลุ่มข้อมูลตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ในรูปแบบ Relocation ทุก 30 นาที ผ่านแบบจำลองในโปรแกรมGurobi Optimizer ดังผลที่แสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ

วัน	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในรูปแบบ Relocation ทุก 30 นาที (บาท)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในรูปแบบไม่มีการ Relocation (บาท)
จันทร์	519.71	1113.33
อังคาร	547.90	1150.00
พุธ	539.98	1183.33
พฤหัสบดี	522.21	1090.00
ศุกร์	465.06	1063.33

โดยนำค่าใช้จ่ายเฉลี่ยจากการ Relocation ทุก 30 นาที ของแต่ละวันทำการ นำมาทดสอบทางสถิติโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) เพื่อทำการทดสอบค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ ว่าสอดคล้องกับสมมติฐานที่คาดไว้หรือไม่ โดยกำหนดสมมติฐานดังนี้

สมมติฐานว่าง (H_0) : ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในแต่ละวันจากการทำ Relocation ทุก 30 นาที ไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานทางเลือก (H_1) : ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในแต่ละวันจากการทำ Relocation ทุก 30 นาที แตกต่างกัน

ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ ได้ค่า p-value = 0.865 (รูปที่ 3) โดยค่าที่ได้มาบ่งบอกได้ว่า ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานว่างได้ ดังนั้นจึงยอมรับว่าค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในแต่ละวันจากการทำ Relocation ทุก 30 นาที ไม่แตกต่างกัน

```
            Df  Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
WD           4   37759    9440   0.317  0.865
Residuals   40 1190355   29759
> |
```

รูปที่ 5 ค่าจากการวิเคราะห์ One-Way ANOVA ผ่านโปรแกรม R STUDIO ของค่าใช้จ่ายเฉลี่ย

4.2.2.2 อัตราการปฏิเสธความต้องการการเดินทางเทียบกับความต้องการการเดินทางทั้งหมด (% Fail Rate)

ผลลัพธ์อัตราการปฏิเสธความต้องการการเดินทางเทียบกับความต้องการการเดินทางทั้งหมด (% Fail Rate) ที่เกิดขึ้นในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ ของกลุ่มข้อมูลตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ในรูปแบบ Relocation ทุก 30 นาที ผ่านแบบจำลองในโปรแกรม Gurobi Optimizer ดังผลที่แสดงใน ตารางที่ 8

ตารางที่ 8 อัตรา Fail Rate (%) เฉลี่ยในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ

วัน	อัตรา Fail Rate ในรูปแบบ Relocation ทุก 30 นาที (%)	อัตรา Fail Rate ในรูปแบบไม่มีการ Relocation (%)
จันทร์	5.07	45.53
อังคาร	5.34	43.24
พุธ	6.10	44.88
พฤหัสบดี	6.14	43.00
ศุกร์	5.61	47.01

โดยนำค่า Fail Rate (%) จากการ Relocation ทุก 30 นาที ของแต่ละวันทำการ นำมาทดสอบทางสถิติโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) เพื่อทำการทดสอบค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ ว่าสอดคล้องกับสมมติฐานที่คาดไว้หรือไม่ โดยกำหนดสมมติฐานดังนี้

สมมติฐานว่าง (H_0) : ค่า Fail Rate (%) ในแต่ละวันจากการทำ Relocation ทุก 30 นาที ไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานทางเลือก (H_1) : ค่า Fail Rate (%) ในแต่ละวันจากการทำ Relocation ทุก 30 นาที แตกต่างกัน

ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ ได้ค่า p-value = 0.971 (รูปที่ 4) โดยค่าที่ได้มา บ่งบอกได้ว่า ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานว่างได้ ดังนั้นจึงยอมรับว่าค่า Fail Rate (%) ในแต่ละวันจากการทำ Relocation ทุก 30 นาที ไม่แตกต่างกัน

```
            Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
WD           4    7.9   1.969    0.13  0.971
Residuals   40  607.4  15.185
>
```

รูปที่ 6 ค่าจากการวิเคราะห์ One-Way ANOVA ผ่านโปรแกรม R STUDIO ของอัตรา Fail Rate (%)

5. สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากความต้องการในการพัฒนาระบบการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ (Relocation) ให้กับองค์กร CU Toyota Hamo เพื่อจุดประสงค์ในการลดค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะและลดอัตราการปฏิเสธความต้องการการเดินทางเทียบกับความต้องการการเดินทางทั้งหมด (% Fail Rate) ต่ำที่สุดได้ผลสรุปดังนี้

รูปแบบที่ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะต่ำที่สุดและลดค่า Fail Rate (%) ต่ำที่สุดคือการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะทุก 30 นาที โดยพบว่าหากไม่มีการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเฉลี่ยอยู่ที่ 1133.33 บาทและค่า Fail Rate เฉลี่ยอยู่ที่ 45.53 % โดยภายหลังการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะทุก 30 นาที เกิดค่าใช้จ่ายเฉลี่ยอยู่ที่ 519.71 บาทและค่า Fail Rate เฉลี่ยอยู่ที่ 5.07 % โดยค่าใช้จ่ายลดลง 2.18 เท่า และ Fail Rate ลดลง 8.98 เท่า

ข้อมูลความต้องการการใช้บริการในแต่ละวันดำเนินการ มีข้อมูลความต้องการและรูปแบบในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะรูปแบบไม่แตกต่างกัน จากการวิเคราะห์ One-Way ANOVA

5.2 ข้อจำกัด

ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ไม่สามารถบ่งบอกได้ถึงแนวทางในการเปลี่ยนตำแหน่งรถได้ในอนาคต เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่เคยเกิดขึ้นเท่านั้นและในการวิเคราะห์แบบจำลอง ที่ใช้การวิเคราะห์จากสมการเชิงเส้น ผลลัพธ์ที่ได้อาจมีความเชื่อมั่นที่ต่ำ เพื่อเพิ่มระดับความเชื่อมั่น ควรประกอบการวิเคราะห์แบบจำลองจากทฤษฎีอื่นประกอบด้วย

5.3 ข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ สรุปแค่รูปแบบในการเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะในขอบเขตของสมการในบทที่ 3 เท่านั้น ไม่ได้ทดสอบทำแบบจำลองเพื่อตรวจสอบรูปแบบการ Relocation

การวิเคราะห์รูปแบบการ Relocation ในงานวิจัยนี้ขึ้นกับข้อมูลจริงที่เกิดขึ้นเท่านั้น ไม่สามารถยืนยันได้ว่ารูปแบบการ Relocation ที่สรุปในงานวิจัยนี้ไม่สามารถแก้ไขปัญหาในการวางแผนในอนาคตได้

การนำข้อมูลมาทดสอบ One-Way ANOVA ใช้กลุ่มข้อมูลตัวอย่างไม่เพียงพอต่อระดับความเชื่อมั่น ดังนั้นควรกำหนดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น เพื่อความแม่นยำในการทดสอบเชิงสถิติ

ขยายขอบเขตตัวแปรที่ส่งผลต่อแบบจำลอง จะส่งผลให้แบบจำลองมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้คณะผู้วิจัยมีจุดประสงค์ที่จะลดต้นทุนที่เกิดจากระบบของการให้บริการเช่ารถระยะสั้นของ CU Toyota Hamo ให้ต่ำที่สุด โดยงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ตามเป้าหมายเพราะได้รับความร่วมมือช่วยเหลือและความแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าอย่างยิ่งจาก รศ.ดร.มาโนช โลหเตปานนท์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ผู้สอน ที่ให้คำปรึกษา แนะนำข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาพัฒนางานวิจัย ตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด คณะผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์และผู้ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งที่กล่าวมาและไม่ได้กล่าวมา ณ ที่นี้ ที่ให้ความช่วยเหลือจนงานวิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านไม่มากก็น้อย และขออภัยมา ณ ที่นี้ สำหรับข้อผิดพลาดใด ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Barth, M. T. (2004). User-based vehicle relocation techniques for multiple-station shared-use vehicle systems. Transportation Research Record, 1887, 137-144.

[2] Britton, E. A. (1999). Carsharing 2000: sustainable transport's missing link. Journal of World Transport Policy and Practice 5, 16-37.

[3] Choocharukul, K. (2019). 2101-555 Travel Behavior Survey and Analysis. Bangkok, Thailand.

[4] CU TOYOTA Ha:mo . (2020, May 10). Price/Term of Service. Retrieved from CU TOYOTA Ha:mo Web site: https://www.cutoyotahamo.com/en/price-en/

[5] CU TOYOTA Ha:mo. (2020, May 18). Service Area And Charging Station Map. Retrieved from CU TOYOTA Ha:mo Web site: https://www.cutoyotahamo.com/graphic_map/

[6] Cucu, T. I.-B.-M. (2009). Management of a public transportation service: Carsharing service. In The 6th international conference on theory and practice in performance measurement and management. Dunedin, New Zealand.

[7] Jorge, D. C. (2014). Comparing optimal relocation operations with simulated relocation policies in one-way carsharing systems. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 15(4), 1667-1775.

[8] Kek, A. G. (2006). Relocation simulation model for multiple-station shared-use vehicle systems. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1986, 81-88.

[9] Kek, A. G. (2009). A decision support system for vehicle relocation operations in carsharing systems. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 45(1), 149-158.

[10] Lewis, C. (2008). Linear Programming: Theory and Applications. Walla Walla, WA: Whitman College Mathematics Department.

[11] Lohatepanont, M. (2018). 2101558 Transportation and Logistics Optimization. Bangkok, Thailand.

[12] M. Bruglieri, A. C. (2014). The Relocation Problem for One-Way Electric Vehicle Sharing. Networks, 64(4), 292-305.

[13] S. Shaheen, D. S. (1999). A short history of carsharing in the 90's. Journal of World Transport Policy and Practice 5, 18-40.