แบบจำลองการเพิ่มอรรถประโยชน์ของฝูงรถเช่า

Car Rental Fleet Optimization Model

นายสหรัฐ ปานกำเหนิด[1] และ รศ. ดร. มาโนช โลหเตปานนท์[2]

[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอแบบจำลองการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดสรรรถเช่าสำหรับบริษัทให้เช่ารถที่สนามบิน โดยใช้การโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Linear Programming) เพื่อแก้ปัญหาการใช้ประโยชน์จากกองรถที่ไม่เต็มประสิทธิภาพ การศึกษาใช้ข้อมูลการจองรถเช่าจริงจากสถานีรถเช่าที่สนามบิน ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลการจอง ข้อมูลรถที่ให้บริการ และข้อมูลช่วงเวลาพักระหว่างการใช้งาน แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มอัตราการใช้ประโยชน์จากรถแต่ละคันให้สูงสุด โดยคำนึงถึงข้อจำกัดสำคัญ 4 ประการ ได้แก่ (1) การจองแต่ละรายการต้องได้รับการจัดสรรรถเพียงคันเดียวที่ตรงกับประเภทที่ลูกค้าต้องการ (2) การจองบนรถคันเดียวกันต้องไม่ทับซ้อนกันทางเวลา โดยมีช่วงเวลาพักตามที่กำหนดสำหรับรถแต่ละคันบวกเพิ่มอีก 60 นาที (3) อัตราการใช้งานรถแต่ละคันต้องไม่เกิน 80% ของเวลาทั้งหมด และ (4) ตัวแปรตัดสินใจเป็นตัวแปรไบนารี ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากกองรถได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ระบบยังมีความสามารถในการวินิจฉัยสาเหตุของความไม่เป็นไปได้ของการจัดสรร เช่น การขาดแคลนรถในบางประเภท หรือการจองที่มีความขัดแย้งทางเวลาที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งช่วยให้ผู้จัดการสามารถวางแผนและตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โครงงานนี้ยังพัฒนาระบบการแสดงผลแบบกราฟิกที่ช่วยให้เห็นภาพการจัดสรรรถทั้งแบบเดิมและแบบที่ผ่านการเพิ่มประสิทธิภาพ พร้อมทั้งแสดงอัตราการใช้ประโยชน์ของรถแต่ละคัน ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเปรียบเทียบและประเมินผลได้อย่างชัดเจน แบบจำลองนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสถานีรถเช่าอื่นๆ และช่วงเวลาต่างๆ ได้ ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานและความพึงพอใจของลูกค้าในอุตสาหกรรมรถเช่าโดยรวม

คำสำคัญ: การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดสรรรถ, การโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม, การใช้ประโยชน์จากกองรถ, ธุรกิจรถเช่า

Abstract

This project presents an optimization model for vehicle allocation in airport car rental companies using Mixed Integer Linear Programming to solve the problem of inefficient fleet utilization. The study utilizes actual car rental reservation data from an airport rental station, comprising booking information, available vehicle data, and inter-reservation gap time requirements. The developed model features an objective function to maximize the utilization rate of each vehicle while considering four key constraints: (1) each reservation must be assigned to exactly one vehicle matching the customer's requested type, (2) bookings on the same vehicle must not overlap in time, with a buffer period specific to each vehicle plus an additional 60 minutes, (3) the utilization rate of each vehicle must not exceed 80% of the total time period, and (4) decision variables are binary. The results demonstrate that the model can significantly improve fleet utilization efficiency. Additionally, the system possesses diagnostic capabilities to identify causes of infeasibility in allocation, such as shortages of certain vehicle types or unavoidable time conflicts between bookings, enabling managers to plan and make decisions more effectively. This project also develops a graphical visualization system that displays both original and optimized vehicle allocations, along with utilization rates for each vehicle, allowing users to clearly compare and evaluate results. The model can be applied to other rental stations and time periods, thereby enhancing operational efficiency and customer satisfaction across the car rental industry.

Keywords: Vehicle Allocation Optimization, Mixed Integer Linear Programming, Fleet Utilization, Car Rental Business

1 บทนำ

ธุรกิจเช่ารถเป็นหนึ่งในธุรกิจที่เติบโตขึ้นเพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพสังคมและความต้องการของนักเดินทางในปัจจุบัน โดยเฉพาะในช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายน ปี 2565 มีจำนวนผู้ประกอบการธุรกิจเช่ารถยนต์และจักรยานยนต์ทั้งหมด 2,045 ราย คิดเป็น 0.24% ของจำนวนธุรกิจทั้งหมดที่ดำเนินกิจการในประเทศไทย และมีมูลค่าทุนรวม 23,239.85 ล้านบาท คิดเป็น 0.11% ของมูลค่าทุนรวมของธุรกิจทั้งหมดในประเทศ (กมลรัตน์ อรัณยกานนท์ และคณะ, 2566) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการเติบโตของอุตสาหกรรมนี้อย่างต่อเนื่อง และการมีบทบาทสำคัญในเศรษฐกิจไทย

ในปัจจุบัน การเช่ารถยนต์และจักรยานยนต์ไม่ได้เป็นแค่ทางเลือกสำหรับนักท่องเที่ยวเท่านั้น แต่ยังเป็นทางเลือกที่สะดวกสบายสำหรับผู้ที่ต้องการการขนส่งที่ยืดหยุ่นในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ที่มีปัญหาการจราจรและที่จอดรถที่จำกัด อุตสาหกรรมการเช่ารถจึงกลายเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยเติมเต็มความต้องการนี้ อย่างไรก็ตาม ปัญหาการจัดสรรยานพาหนะเป็นปัญหาสำคัญในอุตสาหกรรมการให้เช่ารถที่มีความท้าทายในการจัดสรรรถยนต์ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าที่หลากหลายและมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่สถานีรถเช่าในบริเวณสนามบิน ซึ่งมีข้อจำกัดด้านพื้นที่จอดรถ

การจัดสรรที่มีประสิทธิภาพจะสามารถเพิ่มการใช้งานทรัพยากร เพิ่มผลกำไรได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถลดต้นทุนการดำเนินงานจากการเก็บรถไว้ไม่ใช้งาน และช่วยลดการสูญเสียทรัพยากร เช่น ค่าบำรุงรักษารถยนต์ที่ไม่ได้ใช้งาน หรือค่าจัดเก็บรถที่ไม่ได้ให้บริการ ดังนั้น การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาโมเดลการตัดสินใจโดยใช้การโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Linear Programming) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดสรรฝูงรถเช่าของบริษัท โดยเน้นไปที่สถานีรถเช่าในบริเวณสนามบิน ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาโมเดลการตัดสินใจที่สามารถจัดการกับข้อจำกัดในด้านต่างๆ และเสนอผลลัพธ์การจัดสรรที่มีประสิทธิภาพ ทำให้การดำเนินธุรกิจมีความยั่งยืนและสามารถปรับตัวได้ดีต่อการเปลี่ยนแปลงของตลาด

2 กรอบแนวคิดและทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีการโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Linear Programming)

การโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Linear Programming: MILP) เป็นเทคนิคทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาการตัดสินใจที่มีความซับซ้อนที่อนุญาตให้ตัวแปรบางตัวหรือทั้งหมดมีค่าเป็นจำนวนเต็ม ซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการแก้ปัญหาที่ต้องการคำตอบในรูปแบบ "ใช่" หรือ "ไม่ใช่" เช่น การตัดสินใจจัดสรรทรัพยากร การจัดตารางเวลา หรือการเลือกเส้นทางการขนส่ง โดยมีรูปแบบทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$
\begin{aligned}
&Find\ the\ result\ that\ minimizes\ c^{t}x \\
&Subject\ to\ Ax \le b \\
&x_{i} \in \mathbb{Z},\ for\ all\ i \in \mathcal{I} \\
&x_{j} \in \mathbb{R},\ for\ all\ j \notin \mathcal{I}
\end{aligned}
$$

โดยที่

- $x \in \mathbb{R}^{n}$ คือเวกเตอร์ของตัวแปรตัดสินใจ
- $c \in \mathbb{R}^{n}$ คือเวกเตอร์สัมประสิทธิ์ต้นทุน
- $A \in \mathbb{R}^{mxn}$ คือเมทริกซ์ของเงื่อนไขข้อจำกัด
- $b \in \mathbb{R}^{m}$ คือเวกเตอร์ค่าด้านขวาของข้อจำกัด
- $\mathcal{I} \subseteq 1,2,\dots,n$ คือเซตของดัชนีที่ตัวแปรต้องเป็นจำนวนเต็ม

2.1.1 ประเภทของตัวแปรใน MILP

ตัวแปรจำนวนเต็ม (Integer Variables)

$$x_{i} \in \mathbb{Z}, \qquad \forall\, i \in \mathcal{I}$$

โดยที่ $\mathbb{Z}$ แทนเซตของจำนวนเต็ม และ $\mathcal{I} \subseteq \{1,2,\dots,n\}$ คือเซตของดัชนีที่ตัวแปรต้องเป็นจำนวนเต็ม

ตัวแปรไบนารี (Binary Variables)

$$x_{i} \in 0,1, \qquad \forall i \in \mathcal{B}$$

โดยที่ $\mathcal{B} \subseteq \mathcal{I}$ คือเซตของดัชนีที่ตัวแปรต้องเป็นเลขฐานสอง

ตัวแปรต่อเนื่อง (Continuous Variables)

$$x_{j} \in \mathbb{R}, \qquad \forall\, j \in \mathcal{C}$$

โดยที่ $\mathcal{C} = \{1,2,\dots,n\} \setminus \mathcal{I}$ คือเซตของดัชนีตัวแปรที่ไม่ถูกบังคับให้เป็นจำนวนเต็ม

3 ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 การเก็บรวบรวมและเตรียมข้อมูล

ในขั้นตอนการเตรียมข้อมูล มีการนำเข้าข้อมูลซึ่งประกอบด้วยข้อมูลที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์และแก้ปัญหาการจัดสรรรถ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 ข้อมูลการจองรถ

ประกอบด้วยรายละเอียดการจองรถ เช่น วันและเวลาเริ่มต้น–สิ้นสุดของการใช้รถ สถานีที่รับและคืนรถ รวมถึงประเภทรถที่ถูกจอง

3.1.2 ข้อมูลสถานีที่ตั้งอยู่ในพื้นที่สนามบิน

ประกอบด้วยรายละเอียดเกี่ยวกับสถานีที่ตั้งอยู่ในบริเวณสนามบินโดยประกอบด้วยรหัสสถานี ชื่อสถานี โดยถูกนำมาใช้เพื่อจำกัดขอบเขตของการวิเคราะห์ให้อยู่เฉพาะพื้นที่เป้าหมาย

3.1.3 ข้อมูลรถยนต์

ประกอบด้วยรายละเอียดของรถทุกคันในระบบ เช่น รหัสประจำรถ ประเภทรถ ขนาดรถ ราคาค่าเช่าต่อวัน สถานีที่รถจอดในแต่ละเดือน และช่วงเวลาที่ต้องเว้นระหว่างการใช้งานแต่ละครั้ง

3.2 การกรองข้อมูลการจอง

ในขั้นตอนนี้ ดำเนินการกรองข้อมูลการจองเพื่อให้ได้ชุดข้อมูลที่มีความถูกต้องและเกี่ยวข้องสำหรับการวิเคราะห์ ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ดังต่อไปนี้

3.2.1 การเลือกเฉพาะการจองที่เสร็จสมบูรณ์

ข้อมูลการจองที่เลือกใช้มี สถานะการจอง เป็น "COMPLETE" หรือ "FINISH" เท่านั้น ซึ่งเป็นการจองที่ดำเนินการเสร็จสิ้น

3.2.2 การจำกัดการจองเฉพาะสถานีในพื้นที่สนามบิน

ข้อมูลการจองถูกจำกัดให้เหลือเฉพาะรายการที่มีรหัสสถานีที่ตั้งอยู่ในพื้นที่สนามบิน

3.2.3 การกำจัดข้อมูลที่มีค่าเวลาไม่ถูกต้อง
กำจัดข้อมูลที่มีค่าเวลาไม่ถูกต้องหรือไม่สมบูรณ์ในคอลัมน์เวลาต่างๆ เช่น เวลาเริ่มต้นการจอง และ เวลาสิ้นสุดการจอง

3.2.4 กรองข้อมูลเฉพาะปี 2024
ข้อมูลการจองทั้งหมดได้รับการกรองให้เหลือเฉพาะรายการที่เกิดขึ้นภายใน ปี ค.ศ. 2024 เท่านั้น

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ในขั้นตอนนี้จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อทำความเข้าใจพฤติกรรมการคืนรถของลูกค้า รวมถึงรูปแบบการจองรถยนต์รายเดือนเพื่อดูแนวโน้มความต้องการในแต่ละเดือน และการกระจายตัวของการจองตามสถานีให้บริการ

3.3.1 การวิเคราะห์พฤติกรรมการคืนรถของลูกค้า
ดำเนินการโดยการคำนวณ ความแตกต่างของเวลาคืนรถ (เวลาคืนจริงเทียบกับเวลาที่จอง) ในหน่วยนาที จากนั้น กรองข้อมูลที่อยู่ในช่วง 0 ถึง 120 นาที เพื่อตัดค่าผิดปกติ จากนั้นสร้างฮิสโตแกรมเพื่อแสดงการกระจายตัวของเวลาคืนรถ พร้อมทั้งคำนวณและแสดงร้อยละสะสม และคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน

3.3.2 การวิเคราะห์การจองรถยนต์ตามรายเดือน
วิเคราะห์รูปแบบการจองรถยนต์รายเดือน โดยคำนวณผลรวมของจำนวนชั่วโมงที่จองสำหรับแต่ละเดือน

3.3.3 การวิเคราะห์การจองตามสถานีให้บริการ
วิเคราะห์การกระจายตัวของการจองตามสถานี โดยการนับจำนวนการจองแต่ละสถานี จากนั้นสร้างแผนภูมิแท่งแนวนอนเพื่อแสดงจำนวนการจองของแต่ละสถานี

3.4 การเตรียมข้อมูลสำหรับแบบจำลองจัดสรรรถยนต์

ขั้นตอนนี้เป็นการเตรียมข้อมูลและสร้างพื้นฐานสำหรับแบบจำลองจัดสรรรถยนต์ โดยเริ่มจากการปรับแต่งและรวมข้อมูลรถยนต์กับการจองด้วยการสร้างชื่อรวมและเชื่อมโยงข้อมูล พร้อมทั้งกำจัดข้อมูลที่ซ้ำซ้อน จากนั้นกำหนดกลุ่มรถยนต์ด้วยการระบุและนับจำนวนรถยนต์ที่มีอยู่ทั้งหมดและสร้างข้อมูลประเภทรถยนต์ด้วยการจัดทำตารางและจัดเรียงข้อมูลประเภทรถยนต์ เพื่อนำไปสู่การแปลงชื่อประเภทเป็นดัชนีตัวเลข เพื่อใช้ในการประมวลผลในแบบจำลอง และสุดท้ายแสดงข้อมูลการจัดสรรเดิม เพื่อคำนวณช่วงเวลาการใช้งานทั้งหมดและเปอร์เซ็นต์การใช้งานรถแต่ละคันในปัจจุบันเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น

3.5 การกำหนดโครงสร้างแบบจำลอง

ในการพัฒนาแบบจำลองการจัดสรรรถยนต์ ได้มีการกำหนดโครงสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ Mixed-Integer Linear Programming ซึ่งประกอบด้วย ดัชนี พารามิเตอร์ ตัวแปรตัดสินใจ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และข้อจำกัดต่างๆ ดังนี้

3.5.1 ดัชนี

$$i \in I = 1,2,\dots,n$$

คือดัชนีของการจองรถ โดย n คือจำนวนการจองทั้งหมด

$$k \in K = 1,2,\dots,m$$

คือดัชนีของรถที่ให้บริการ โดย m คือจำนวนรถทั้งหมด

$$t \in T = 1,2,\dots,p$$

คือดัชนีของประเภทรถ โดย p คือจำนวนประเภทรถ

3.5.2 พารามิเตอร์

- d_i คือระยะเวลาการเช่า (ชั่วโมง) ของการจอง i
- s_i คือเวลาเริ่มต้นการเช่าของการจอง i
- e_i คือเวลาสิ้นสุดการเช่าของการจอง i
- $r_i \in T$ คือประเภทรถที่ลูกค้าต้องการสำหรับการจอง i
- $v_k \in T$ คือประเภทของรถ k
- g_k คือช่วงเวลาพักที่ต้องการสำหรับรถ k (นาที)
- α คือช่วงเวลาพักเพิ่มเติม กำหนดไว้ที่ 60 นาที
- β คืออัตราการใช้งานสูงสุดที่อนุญาต กำหนดไว้ที่ 80%
- H คือช่วงเวลาทั้งหมดที่พิจารณา $= \max(e_i) - \min(s_i)$
- $w_k = m - k + 1$ คือน้ำหนักลำดับความสำคัญของรถ k

3.5.3 ตัวแปรตัดสินใจ

$$x_{ik} = \begin{cases} 1, & if\ booking\ i\ is\ assigned\ to\ vehicle\ k \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

สำหรับทุก $i \in I,\ k \in K$
จาก**สมการที่ (1)** เป็นการกำหนดว่าการจองที่ i จะถูกมอบหมายให้รถยนต์ที่ k หรือไม่

3.5.4 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$\text{Maximize Z} = \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} d_i \cdot w_k \cdot x_{ik} \quad (2)$$

จาก**สมการที่ (2)** เป็นการกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานโดยรวมด้วยการถ่วงน้ำหนักตามระยะเวลาการจองและลำดับความสำคัญของรถยนต์ โดยการจองที่มีระยะเวลานานจะถือว่ามีค่าลำดับความสำคัญสูงกว่าและรถยนต์ที่มีดัชนี k น้อยจะมีค่าลำดับความสำคัญสูงกว่า

3.5.5 ข้อจำกัด

$$\sum_{k:v_k=r_i} x_{ik} = 1, \qquad \forall i \in I \quad (3a)$$

สมการที่ (3a) กำหนดไว้ว่าการจองแต่ละรายการจะต้องได้รับการจัดสรรรถยนต์เพียงหนึ่งคันและต้องเป็นรถยนต์ประเภทที่ตรงตามความต้องการ

$$x_{ik} = 0, \qquad \forall i \in I, k \in K \; where \; v_k \neq r_i \tag{3b}$$

สมการที่ (3b) กำหนดไว้ว่าการจองจัดสรรได้เฉพาะกับรถที่มีประเภทตรงกับที่ลูกค้าต้องการ

$$b_k = \frac{(g_k + \alpha)}{60}$$
$$is \; the \; total \; buffer \; time \;\; for \; vehicle \; k$$

$$For \; every \; pair \; of \; bookings \; i, j \in I \; where \; i < j, and \; for \; every \; vehicle \; k \in K \; such \; that \; v_k = r_i = r_j \tag{3c}$$

$$If \; \left(e_i + b_k > s_j\right) \; and \; \left(s_i < e_j + b_k\right), then$$

$$x_{ik} + x_{jk} \leq 1$$

สมการที่ (3c) กำหนดไว้ว่าการจองสองรายการบนรถคันเดียวกันต้องไม่ทับซ้อนกันทางเวลา

$$\sum_{i:v_k=r_i} d_i \cdot x_i k \leq \beta \cdot H, \qquad \forall k \in K \tag{3d}$$

สมการที่ (3d) กำหนดไว้ว่าอัตราการใช้งานของรถแต่ละคันต้องไม่เกิน 80% ของเวลาทั้งหมด

ในการแก้ปัญหา Mixed-Integer Linear Programming ที่ได้ตั้งค่าต่างๆ ไว้นี้ ฟังก์ชัน *intlinprog* ของ MATLAB จะถูกนำมาใช้เพื่อค้นหาผลลัพธ์การจัดสรรที่เหมาะสมที่สุด

3.6 การรวบรวมและจัดเรียงข้อมูลรถยนต์สำหรับการแสดงแผนภูมิแกนต์

ในขั้นตอนนี้ จะดำเนินการรวบรวมและจัดเรียงข้อมูลรถยนต์เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการนำเสนอในรูปแบบแผนภูมิแกนต์ โดยสร้างตารางข้อมูลชั่วคราวซึ่งเก็บข้อมูลสำคัญของรถยนต์แต่ละคันที่พร้อมใช้งาน ได้แก่ ลำดับเดิมของรถยนต์, ชื่อประเภทของรถยนต์, ชื่อที่ใช้แสดงบนแผนภาพ และรหัสจริงของรถยนต์ หลังจากรวบรวมข้อมูลแล้ว จะทำการจัดเรียงข้อมูลรถยนต์ในตารางชั่วคราวนี้ โดยเรียงตามประเภทของรถยนต์เป็นหลัก และตามรหัสประจำรถเป็นรอง

3.7 การแสดงผลลัพธ์ตามสถานะของการแก้ปัญหา

3.7.1 กรณีพบผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด

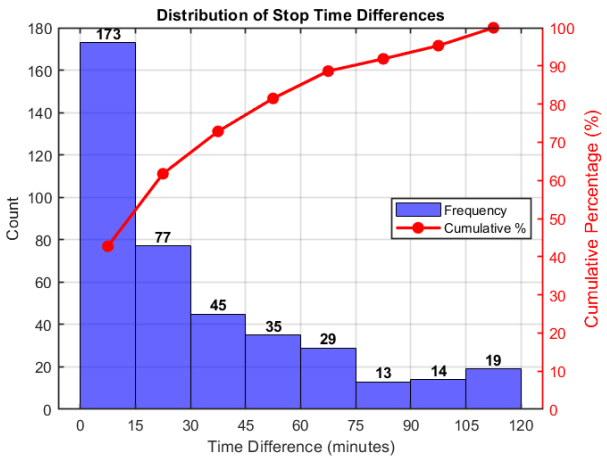
หากตัวแก้ปัญหาพบผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด ดำเนินการแปลงผลลัพธ์จากตัวแปรตัดสินใจให้อยู่ในรูปแบบตารางที่เข้าใจง่าย ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลสำคัญของการจัดสรรรถยนต์ใหม่ ได้แก่ หมายเลขการจอง, เวลาที่ลูกค้ารับรถ, เวลาที่ลูกค้าคืนรถ, ลำดับของรถที่ถูกจัดสรร, รหัสจริงของรถที่ถูกจัดสรร, ประเภทของรถที่ถูกจัดสรร และระยะเวลาการจอง นอกจากนี้คำนวณประสิทธิภาพการใช้งานของรถแต่ละคันภายใต้การจัดสรรใหม่ ซึ่งแสดงในรูปของผลรวมชั่วโมงการใช้งานและเปอร์เซ็นต์การใช้งานเทียบกับชั่วโมงบริการทั้งหมด จากนั้นสร้างแผนภูมิแกนต์เพื่อแสดงการจัดสรรเดิมควบคู่ไปกับการจัดสรรที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากแบบจำลองเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์ได้อย่างชัดเจน พร้อมทั้งบันทึกตารางการจัดสรรที่เหมาะสมที่สุดเพื่อการวิเคราะห์เพิ่มเติม

3.7.2 กรณีที่ไม่สามารถหาผลเฉลยที่เหมาะสมได้

หากไม่สามารถหาผลเฉลยที่สอดคล้องกับข้อจำกัดทั้งหมดได้ มีการเรียกใช้ฟังก์ชันเฉพาะเพื่อประเมินข้อมูลการจองและรถยนต์อย่างละเอียด เพื่อระบุหมายเลขการจองที่มีแนวโน้มสูงที่จะเป็นต้นเหตุของความขัดแย้งในข้อจำกัด จากนั้นสร้างแผนภาพแกนต์เพื่อแสดงการจัดสรรรถยนต์ตามข้อมูลเดิม โดยเน้นการจองที่ถูกระบุว่าเป็นปัญหาด้วยสัญลักษณ์ทางภาพที่ชัดเจน เช่น การใช้เส้นขอบสีแดงที่หนาขึ้นรอบ ๆ แถบการจองนั้น และการเพิ่มเครื่องหมายพิเศษหน้าหมายเลขการจอง และรายการหมายเลขการจองที่อาจเป็นสาเหตุของปัญหาจะถูกรวบรวมและบันทึกเพื่อการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาในอนาคต

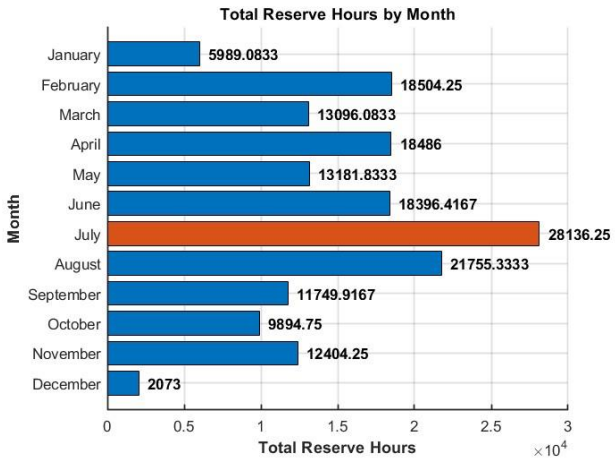
4 ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

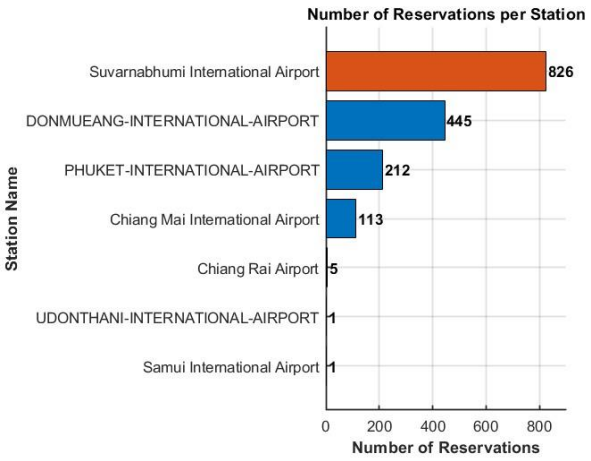


รูปที่ 4-1 กราฟการกระจายตัวและความถี่สะสมของความแตกต่างของเวลาคืนรถ

จาก**รูปที่ 4-1** ซึ่งแสดงการกระจายตัวของความแตกต่างของเวลาคืนรถ พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วลูกค้ามีการคืนรถล่าช้ากว่ากำหนดที่ 30.64 นาที โดยมีค่ามัธยฐานอยู่ที่ 20.38 นาที และค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 ของความแตกต่างของเวลาคืนรถอยู่ที่ 55.85 นาที ตัวเลขเหล่านี้สะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นอย่างยิ่งในการพิจารณาช่วงเวลาเผื่อสำหรับการคืนรถ เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบต่อการจองถัดไปของรถคันเดียวกัน ด้วยเหตุนี้ เพื่อให้สามารถรองรับความผันผวนของเวลาคืนรถและเพื่อให้มีเวลาเพียงพอสำหรับการตรวจสอบและเตรียมความพร้อมของรถสำหรับลูกค้ารายต่อไป จึงได้กำหนดระยะเวลาเผื่อเพิ่มเติม (Additional Buffer) ที่ 60 นาที ซึ่งเป็นค่าที่ครอบคลุมค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 ไว้ได้อย่างเหมาะสม และจะนำไปใช้ในการคำนวณช่วงเวลาพักรวมของรถแต่ละคันในแบบจำลองต่อไป



รูปที่ 4-2 จำนวนชั่วโมงการจองทั้งหมดต่อเดือน



รูปที่ 4-3 จำนวนการจองต่อสถานี

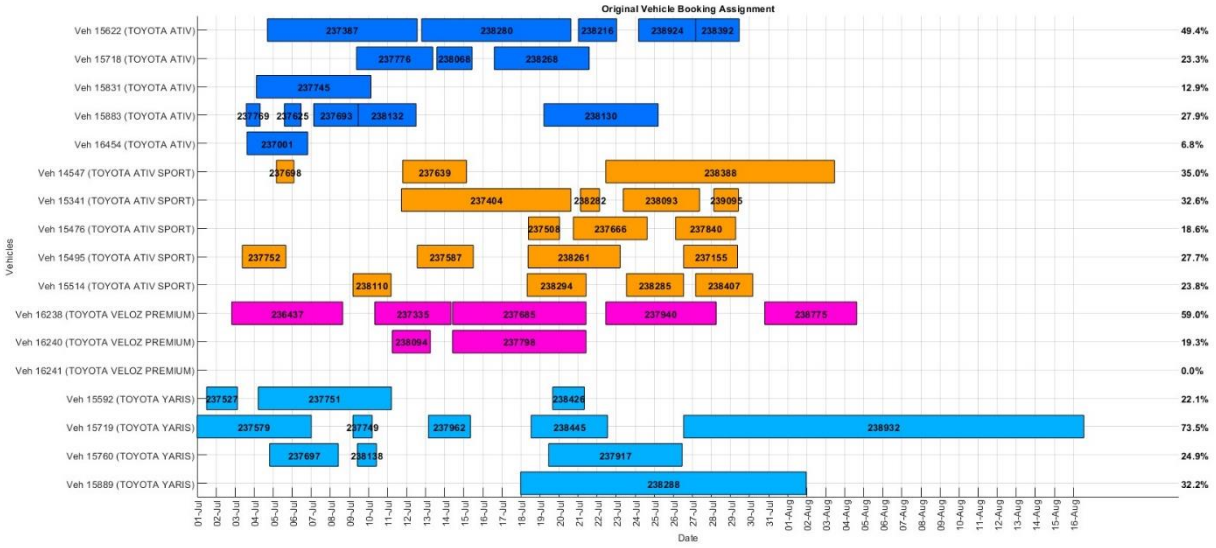
จาก **รูปที่ 4-2** พบว่าช่วงที่มีความต้องการสูงสุดคือ เดือนกรกฎาคม ซึ่งมีปริมาณชั่วโมงการจองสูงที่สุด ตามมาด้วย เดือนสิงหาคม ซึ่งสอดคล้องกับช่วงฤดูกาลท่องเที่ยวหลัก หรือช่วงฤดูกาลที่มีความต้องการสูง (Peak Season)

จาก **รูปที่ 4-3** พบว่าสถานีที่มีปริมาณการจองสูงสุดคือ Suvarnabhumi International Airport ซึ่งมีจำนวนการจอง 826 รายการ แสดงให้เห็นว่าเป็นสถานีที่มีความต้องการใช้บริการสูงที่สุดอย่างชัดเจน ส่วนสถานีที่มีปริมาณการจองรองลงมาคือ Donmueang International Airport (445 รายการ) และ Phuket International Airport (212 รายการ) ตามลำดับ

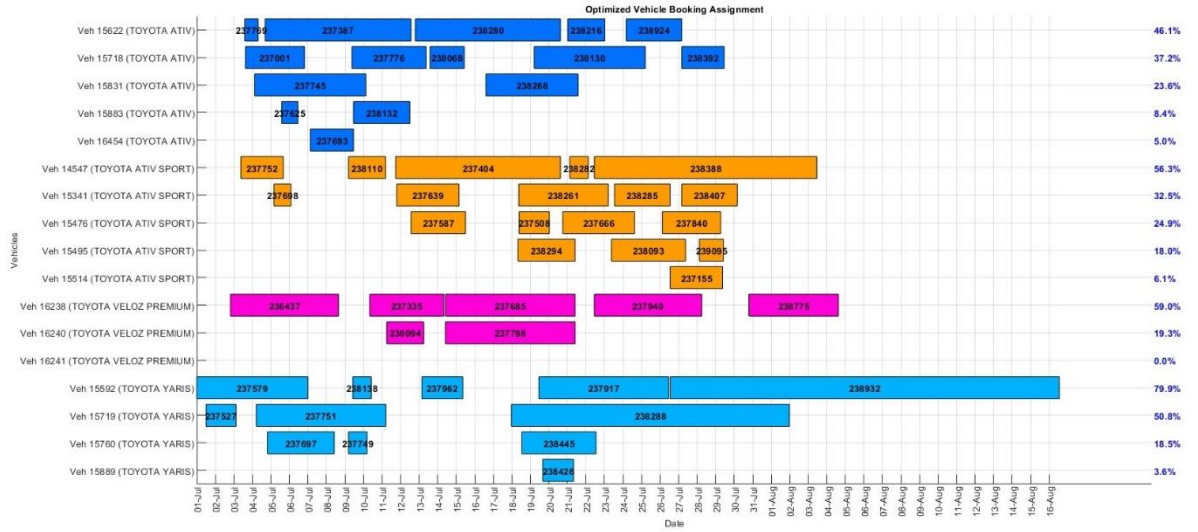
4.2 การพัฒนาแบบจำลองในการจัดสรรรถยนต์

จากการพัฒนาแบบจำลอง Mixed-Integer Linear Programming สำหรับการจัดสรรรถยนต์ ซึ่งพิจารณาจากตัวอย่างข้อมูลการจองในช่วงเดือนมิถุนายนและเดือนกรกฎาคม ปี 2024 ณ สถานีสนามบินสุวรรณภูมิ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นประสิทธิภาพที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาดังนี้

สำหรับเดือนกรกฎาคม 2024 แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานรถยนต์และลดจำนวนรถยนต์ที่ต้องใช้งานได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดสรรในตอนแรก (ดังแสดงใน**รูปที่ 4-4** และ**รูปที่ 4-5**) การปรับปรุงนี้เป็นผล



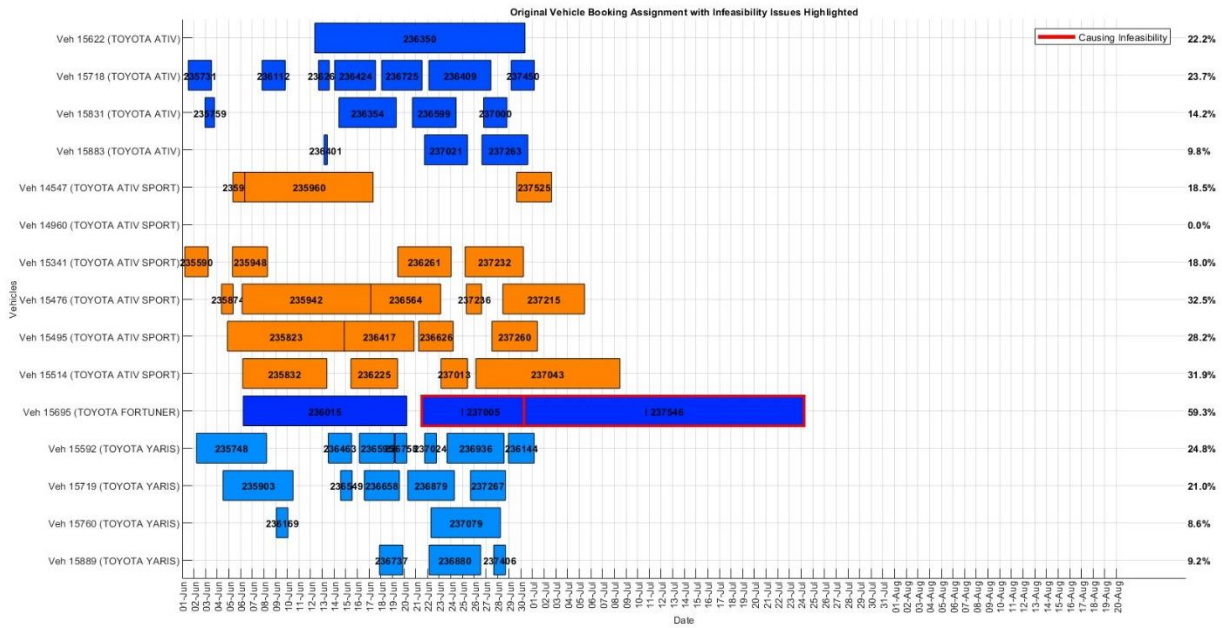
รูปที่ 4-4 แผนภูมิแกนต์แสดงการจัดสรรรถยนต์เดิม (บางส่วน) เดือนกรกฎาคม 2024 ณ สถานีสนามบินสุวรรณภูมิ



รูปที่ 4-5 แผนภูมิแกนต์แสดงการจัดสรรรถยนต์ที่เหมาะสมที่สุด (บางส่วน) เดือนกรกฎาคม 2024 ณ สถานีสนามบินสุวรรณภูมิ

โดยตรงจากการที่แบบจำลองสามารถค้นหาการจับคู่ระหว่างการจองของลูกค้าและรถยนต์ที่มีอยู่ได้อย่างเหมาะสมที่สุด ภายใต้กรอบของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้คือการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานโดยรวม ด้วยการถ่วงน้ำหนักตามระยะเวลาการจองและให้ความสำคัญกับรถยนต์ที่มีเลขดัชนีน้อยกว่า ซึ่งจากการวิเคราะห์เพิ่มเติมเกี่ยวกับช่วงเวลาว่างระหว่างการจอง พบว่าแบบจำลองสามารถลดช่วงเวลาว่างระหว่างการจองได้อย่างมีนัยสำคัญ คิดเป็นการลดลง 6.9% การลดช่วงเวลาว่างนี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถของแบบจำลองในการจัดสรรทรัพยากร ทำให้รถยนต์สามารถรองรับการจองได้มากขึ้นภายในเวลาที่จำกัด ส่งผลให้เกิดการใช้ประโยชน์จากกองรถสูงสุด

ในทางกลับกัน สำหรับเดือนมิถุนายน 2024 ผลการทำงานของแบบจำลองพบว่าไม่สามารถค้นพบการจัดสรรที่สอดคล้องกับทุกข้อจำกัดที่กำหนดได้ (Infeasible Solution) ซึ่งหมายความว่าภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดของแบบจำลองปัจจุบัน ไม่มีทางจัดสรรการจองทั้งหมดให้แก่รถยนต์ที่มีอยู่ได้ อย่างไรก็ตาม ในกรณีนี้ได้มีการดำเนินการเพื่อช่วยในการวินิจฉัยปัญหา โดยมีการสร้างแผนภูมิแกนต์ แสดงการจัดสรรเดิมของเดือนมิถุนายน พร้อมทั้งเน้น (Highlight) การจองที่ถูกระบุว่าอาจเป็นสาเหตุของปัญหาไว้ ดังที่แสดงใน**รูปที่ 4-6** เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์เชิงลึกถึงความขัดแย้งที่เกิดขึ้น และนำไปสู่การปรับปรุงแบบจำลองในอนาคต



รูปที่ 4-6 แผนภูมิแกนต์แสดงการจัดสรรรถยนต์เดิมพร้อมระบุการจองที่เป็นปัญหา เดือนมิถุนายน 2024 ณ สถานีสนามบินสุวรรณภูมิ

5 สรุปผลการวิจัย

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาโมเดลการตัดสินใจโดยใช้การโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Linear Programming: MILP) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดสรรฝูงรถเช่าของบริษัท โดยเน้นไปที่สถานีรถเช่าในบริเวณสนามบิน ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาโมเดลการตัดสินใจที่สามารถจัดการกับข้อจำกัดในด้านต่างๆ และเสนอผลลัพธ์การจัดสรรที่มีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองการจัดสรรรถยนต์ พบว่าพฤติกรรมการคืนรถของลูกค้าเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณา โดยจากการวิเคราะห์ข้อมูล 405 รายการจอง พบว่าลูกค้ามีการคืนรถล่าช้ากว่ากำหนดโดยเฉลี่ย 30.64 นาที และ 80% ของการจองมีการคืนรถล่าช้าไม่เกิน 55.85 นาที ซึ่งตอกย้ำความจำเป็นในการกำหนดระยะเวลาเผื่อเพิ่มเติม (Additional Buffer) ที่ 60 นาที ในการคำนวณช่วงเวลาพักรวมของรถ เพื่อรองรับความผันผวนและเตรียมความพร้อมของรถสำหรับการจองถัดไป

นอกจากนี้ การวิเคราะห์ปริมาณการจองรถยนต์ยังเผยให้เห็นแนวโน้มความต้องการใช้บริการ โดยเดือนกรกฎาคมและสิงหาคมมีปริมาณชั่วโมงการจองสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับช่วงฤดูกาลท่องเที่ยวหลัก ในขณะที่สถานีสนามบินสุวรรณภูมิมีปริมาณการจองสูงสุดถึง 826 รายการ ตามมาด้วยสนามบินดอนเมือง (445 รายการ) และสนามบินภูเก็ต (212 รายการ) ตามลำดับ สะท้อนให้เห็นถึงความต้องการที่สูงในพื้นที่สนามบินหลัก

สำหรับการพัฒนาแบบจำลอง Mixed-Integer Linear Programming เพื่อจัดสรรรถยนต์ โดยใช้ข้อมูลการจองเดือนมิถุนายนและกรกฎาคม ปี 2024 ณ สถานีสนามบินสุวรรณภูมิ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน โดยในเดือนกรกฎาคม 2024 แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานรถยนต์และลดจำนวนรถยนต์ที่ต้องใช้งานได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดสรรในตอนแรก การปรับปรุงนี้เป็นผลโดยตรงจากการที่แบบจำลองสามารถค้นหาการจับคู่ที่เหมาะสมที่สุดระหว่างการจองและรถยนต์ ภายใต้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่เน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานโดยรวม พร้อมถ่วงน้ำหนักตามระยะเวลาการจองและให้ความสำคัญกับรถยนต์ที่มีเลขดัชนีน้อยกว่า ผลจากการจัดสรรนี้ทำให้ช่วงเวลาว่างระหว่างการจองลดลงอย่างมีนัยสำคัญ คิดเป็นการลดลง 6.9% ซึ่งแสดงถึงความสามารถของแบบจำลองในการจัดสรรทรัพยากรได้อย่างชาญฉลาด ทำให้รถยนต์สามารถรองรับการจองได้มากขึ้นภายในเวลาที่จำกัด และเกิดการใช้ประโยชน์จากกองรถสูงสุด ในทางกลับกัน สำหรับเดือนมิถุนายน 2024 ผลการทำงานของแบบจำลองพบว่าไม่สามารถค้นพบการจัดสรรที่สอดคล้องกับทุกข้อจำกัดที่กำหนดได้ (Infeasible Solution) อย่างไรก็ตาม ได้มีการสร้างแผนภูมิแกนต์แสดงการจัดสรรเดิมของเดือนมิถุนายน พร้อมทั้งเน้น (Highlight) การจองที่ถูกระบุว่าอาจเป็นสาเหตุของปัญหาไว้ เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์เชิงลึกถึงความขัดแย้งที่เกิดขึ้น และนำไปสู่การปรับปรุงแบบจำลองหรือข้อมูลในอนาคต

เพื่อต่อยอดและพัฒนาความรู้จากโครงงานนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โครงงานในอนาคตควรพิจารณาลงรายละเอียดถึงรุ่นของรถยนต์และคุณสมบัติเฉพาะที่ลูกค้าต้องการ รวมถึงการเพิ่มข้อกำหนดสำหรับการพิจารณาสลับเปลี่ยนรุ่นรถยนต์ที่ใกล้เคียงกันได้เมื่อเกิดสถานการณ์ที่รถรุ่นที่ลูกค้าจองไว้ไม่ว่าง เพื่อให้การจัดสรรมีความแม่นยำและตอบโจทย์ความพึงพอใจของลูกค้ามากยิ่งขึ้น พร้อมทั้งเพิ่มความยืดหยุ่นในการบริหารจัดการฝูงรถ และในกรณีที่แบบจำลองไม่สามารถหาผลเฉลยได้ ควรมีการเพิ่มกลไกหรือข้อกำหนดที่สามารถระบุและนำการจองที่เป็นปัญหาออกจากการคำนวณชั่วคราว หรือพิจารณาสร้างทางเลือกอื่นให้กับการจองเหล่านั้น เพื่อให้แบบจำลองสามารถหาผลเฉลยสำหรับการจองที่เหลือได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ. ดร. มาโนช โลหเตปานนท์ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการขนส่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณามอบความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ และให้กำลังใจในการดำเนินโครงงานนี้ตั้งแต่เริ่มต้น ตลอดจนการตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องด้วยความเอาใจใส่เสมอมา

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บริษัท ฮ้อปคาร์ จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์และพัฒนาแบบจำลอง รวมถึงให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา กระทั่งโครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์

ผู้จัดทำขอแสดงความขอบคุณอย่างจริงใจต่อคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความรู้ ความเมตตา และประสบการณ์อันทรงคุณค่า ที่ได้มอบให้แก่ผู้จัดทำตลอดระยะเวลาการศึกษาและการดำเนินการปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กมลรัตน์ อรัณยกานนท์, บุญสิตา อรัณยกานนท์, และ สรียา ศศะรมย์. (2566). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการรถเช่าของผู้บริโภคในจังหวัดนครปฐม. Procedia of Multidisciplinary Research, 1(7), 134.

[2] Monteiro, C. M., Machado, C. A. S., Lage, M. D. O., Berssaneti, F. T., Davis, C. A., & Quintanilha, J. A. (2021). Optimization of carsharing fleet size to maximize the number of clients served. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2021.101623

[3] Monnerat, F., Dias, J., & Alves, M. J. (2019). Fleet management: A vehicle and driver assignment model. European Journal of Operational Research, 278(1), 64-75.