

## การประเมินประสิทธิภาพพื้นที่รับส่งผู้โดยสารในท่าอากาศยานนานาชาติเชียงใหม่ PERFORMANCE EVALUATION OF PASSENGER LOADING ZONES AT CHIANG MAI INTERNATIONAL AIRPORT

กษิติศ จันทร์มา<sup>1,\*</sup> และ ปรีดา พิทยาพันธ์<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, จังหวัดเชียงใหม่, ประเทศไทย

\*Corresponding author address: kasidit\_ch@cmu.ac.th

### บทคัดย่อ

การเดินทางโดยเครื่องบินมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ทำให้บริเวณท่าอากาศยานนานาชาติเชียงใหม่ประสบปัญหาการจราจรติดขัดเนื่องจากปริมาณการเดินทางที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่รับส่งผู้โดยสาร เนื่องจากไม่ได้ออกแบบมาเพื่อรองรับปริมาณผู้โดยสารที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพรูปแบบการจอดรับส่งผู้โดยสารภายในท่าอากาศยานนานาชาติเชียงใหม่ โดยใช้แบบจำลองการขนส่งและจราจรระดับจุลภาคช่วยในการวิเคราะห์หารูปแบบการจัดการที่เหมาะสม ซึ่งประเมินจากพฤติกรรมของผู้โดยสารบริเวณจุดรับส่งและความเร็วของยานพาหนะที่เข้ามาภายในพื้นที่รับส่งผู้โดยสาร โดยเงื่อนไขแบบจำลองแบ่งเป็น 4 เงื่อนไขหลัก คือ (1) การจัดพื้นที่การรับส่งผู้โดยสารแบบปัจจุบันของท่าอากาศยาน (2) แบบแบ่งบริเวณเป็นกลุ่มยานพาหนะ (Sections) (3) การรับส่งแบบ FIFO (First In First Out) และ (4) แบบกำหนดพื้นที่รับส่งเฉพาะประเภทยานพาหนะ เพื่อทำการวิเคราะห์และประเมินระยะเวลาการรับส่งผู้โดยสาร ซึ่งจะแสดงถึงความล่าช้าที่เกิดขึ้นในการรับส่งผู้โดยสารแต่ละครั้ง ซึ่งผลการวิเคราะห์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการและการจราจรบริเวณท่าอากาศยาน ทั้งยังเป็นมาตรการในการรับมือกับปัญหาจราจรที่จะเพิ่มขึ้นอย่างแน่นอนในอนาคตได้เป็นอย่างดี

**คำสำคัญ:** จราจรติดขัด, พื้นที่รับส่งผู้โดยสาร, แบบจำลองการขนส่งและจราจรระดับจุลภาค, ระดับการให้บริการ

### Abstract

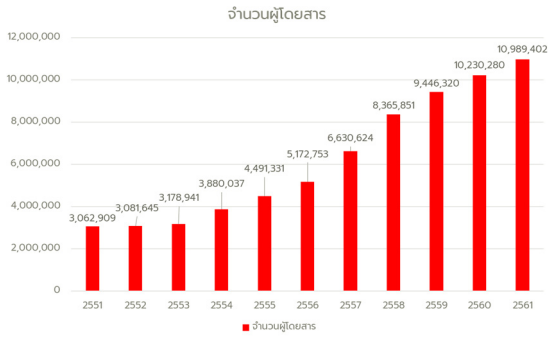
The popularity of Air transportation is tremendously growing due to affordable price and time saving benefits. According to high popularity, travelling volume by Aircraft has been rising considerably over the past decade. Following the trend, Chiang Mai International Airport is suffering from traffic congestion due to the increasing travel volume, especially in the passenger loading zone as it is not designed to handle the rapidly growth in passenger volume. This research aims to analyze and evaluate the performance of passenger loading pattern within Chiang Mai International Airport. To analyze that, the microscopic transportation and traffic model is used to help in finding the appropriate management model. Behavior of passenger at the loading zones and the speed of vehicles entering the passenger loading zones are key factors to be assessed. To analyze and evaluate the passenger loading time, there are 4 main conditions in the model: (1) The current airport loading zones (2) Zones of grouped vehicles (Sections) (3) the FIFO policy (First In First Out) and (4) Specific area for specific vehicle type, which will indicate delay occurred in each transfer of each condition. The results will greatly improve service efficiency (LOS) and airport traffic, including countermeasures for future traffic congestion.

**Keywords:** Traffic congestion, Loading Zone, Microscopic transportation and traffic model, Level of Services

### 1. บทนำ

การเดินทางโดยเครื่องบินมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ทำให้บริเวณท่าอากาศยานนานาชาติเชียงใหม่ประสบปัญหาการจราจรติดขัดเนื่องจากปริมาณการเดินทางที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่รับส่งผู้โดยสาร เนื่องจากไม่ได้ออกแบบมาเพื่อรองรับปริมาณผู้โดยสารที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเดินทางที่มีมากขึ้นดังรูปที่ 1 ย่อมส่งผลให้ความสามารถในการรองรับความต้องการจอดยานพาหนะได้ขณะปัจจุบันเข้าใกล้ความจุที่สามารถรับ

ได้ ซึ่งอาจส่งผลตามมาในด้านความคล่องตัวของการจราจร ประสิทธิภาพในการให้บริการของท่าอากาศยาน และความพึงพอใจของผู้ใช้บริการท่าอากาศยาน ดังนั้นการจัดการที่ดีในการให้บริการจอดจอดรับ-ส่งเหล่านี้จึงเป็นสิ่งที่ช่วยป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าวที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ โดยงานวิจัยนี้ประเมินพฤติกรรมของผู้โดยสารบริเวณจุดรับส่งและความเร็วของยานพาหนะที่เข้ามาภายในพื้นที่รับส่งผู้โดยสาร ซึ่งจะแสดงถึงความล่าช้าที่เกิดขึ้นในการรับส่งผู้โดยสารแต่ละครั้ง โดยใช้แบบจำลองการขนส่งและจราจรระดับจุลภาคช่วยในการวิเคราะห์และประเมินผล



รูปที่ 1 กราฟแสดงจำนวนผู้โดยสารของท่าอากาศยานนานาชาติเชียงใหม่

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้แบ่งทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเป็น 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ทฤษฎีของ Dwell Time การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และการประยุกต์ใช้แบบจำลองการขนส่งและจราจรระดับจุลภาค

### 2.1. DWELL TIME

Dwell Time เป็นเวลาที่ใช้ในการเริ่มกิจกรรมหนึ่งจนสิ้นสุดกิจกรรมนั้น เช่น การเริ่มอ่านโฆษณาบนป้ายโฆษณาเมื่อเห็นจนเมื่ออ่านจบ เป็นต้น ซึ่งชีวิตคุณภาพของระยะเวลาจะขึ้นอยู่กับลักษณะและจุดประสงค์ของกิจกรรมนั้น ๆ ในงานศึกษานี้จะแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงกิจกรรมการรับผู้โดยสาร และ ช่วงเวลาการส่งผู้โดยสาร โดยทั้งสองช่วงจะเริ่มตั้งแต่นานาพาหนะเข้าจอดสนิทเพื่อทำกิจกรรม [7]

### 2.2. การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

การศึกษานี้ได้ใช้การตรวจสอบ 2 แบบ ในการวัดความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองและข้อมูลปฐมภูมิ ได้แก่ 1) สถิติ GEH (GEH Statistic) และ 2) ค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error; MAPE)

#### 2.2.1. สถิติ GEH (GEH STATISTIC)

สถิติ GEH ใช้ในการแสดงค่าความเข้ากันของแบบจำลอง โดยจะทำการพิจารณาผลต่างสัมบูรณ์และค่าสัดส่วนผลต่างระหว่างแบบจำลองและข้อมูลจากการสำรวจจริง [8],[12] ดังสมการที่ (1)

$$GEH_j = \sqrt{\frac{2(K_j - M_j)^2}{K_j + M_j}} \quad (1)$$

เมื่อ :

$K_j$  คือ ค่าจากการสำรวจจริงที่จุด  $j$

$M_j$  คือ ค่าที่ได้จากแบบจำลองที่จุด  $j$

โดยทำการกำหนดและระบุช่วงของค่าสถิติ GEH ไว้ดังตาราง 1

ตารางที่ 1 ค่าสถิติ GEH ในช่วงต่างๆ [10]

ค่า GEH	ระดับความใกล้เคียง
GEH < 5	ใกล้เคียง
5 < GEH < 10	ต้องทำการปรับเทียบใหม่
GEH > 10	ไม่ใกล้เคียง

#### 2.2.2. ค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละสัมบูรณ์เฉลี่ย

(MEAN ABSOLUTE PERCENTAGE ERROR; MAPE)

ค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละสัมบูรณ์เฉลี่ย เป็นที่นิยมในการใช้วัดความแม่นยำของการพยากรณ์ โดยจะคำนวณค่าเฉลี่ยของร้อยละค่าสัมบูรณ์ของสัดส่วนระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนและค่าจริง [1], [2], [3], [6] ดังสมการ (2) ซึ่งผลค่า MAPE ที่ได้จะแสดงดังตาราง 2

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|A_t - F_t|}{A_t} \quad (2)$$

เมื่อ :

$A_t$  คือ ค่าจากการสำรวจจริงที่เวลา  $t$

$F_t$  คือ ค่าที่ได้จากการพยากรณ์ที่เวลา  $t$

$n$  คือ จำนวนของชุดข้อมูล

ตารางที่ 2 ระดับความแม่นยำของค่า MAPE

MAPE Value	Accuracy
MAPE ≤ 10%	High
10% < MAPE ≤ 20%	Good
20% < MAPE ≤ 50%	Reasonable
MAPE > 50%	Low

### 2.3. การประยุกต์ใช้แบบจำลองการขนส่งและจราจรระดับจุลภาคกับโปรแกรม PTV VISSIM

PTV VISSIM เป็นโปรแกรมที่อาศัยพฤติกรรมการขับขี่ในการจำลอง โดยวิเคราะห์พฤติกรรมและองค์ประกอบต่างๆในแบบจำลองในทุกๆช่วงเวลา (Time Step) ภายใต้เงื่อนไขที่ผู้ใช้งานเป็นผู้กำหนด [11], [13]

#### 2.4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคได้ถูกนำมาใช้กับโครงการรถไฟฟ้าสายสีชมพู ช่วงแคราย-มีนบุรี โดยได้ทำการเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อนำมาสร้างแบบจำลอง ซึ่งในการวิเคราะห์ได้มีการแบ่งกรณีที่มีการจอดรถรับส่งผู้โดยสารบริเวณสถานีและทำการประเมินผลการวิเคราะห์แบบจำลองโดยการพิจารณาจากความเร็ว [11] นอกจากโครงการรถไฟฟ้าสายสีชมพูแล้ว เมืองลิสบอนได้ใช้

แบบจำลองช่วยในการแก้ไขปัญหาการจอดบริเวณขอบทาง โดยได้ทำการเก็บข้อมูลปริมาณจราจรและทำการทดสอบแบบแบ่งช่วงสถานการณ์ในการเดินทางด้วยโปรแกรมของ PTV GROUP [4]

ค่าสถิติของ GEH ถูกนำไปใช้ในงานวิจัยการวิเคราะห์การจัดการจราจรของชุดทางแยกต่อเนื่องที่เทศบาลนครหาดใหญ่ โดยการใช้ค่าสถิติของ GEH ในการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง ซึ่งใช้ระดับความคลาดเคลื่อนเดียวกันดังตารางที่ 1 โดยผลที่ได้พบว่าสามารถใช้ค่าสถิติ GEH เป็นเกณฑ์ในการวัดความคลาดเคลื่อนได้ และมีความสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์แบบจำลอง [10]

การจอดส่งผู้โดยสารด้วยวิธีการเข้าก่อนออกก่อน (First in First out : FIFO) ถูกนำไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาในสถานีรถไฟเมืองหนานจิง โดยได้กำหนดให้รถแท็กซี่ส่วนบุคคลที่เข้ามาในช่องที่ถูกกำหนดให้เดินรถแบบ FIFO หลังการศึกษาพบว่าอัตราการออกตัวจากจุดรับส่งผู้โดยสารในช่องนั้นเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 32 [9]

ท่าอากาศยานโตรอนโต ประเทศแคนาดา ได้ทำการศึกษารายละเอียดข้อค้นพบผลต่อระดับการให้บริการในการใช้พื้นที่รับส่ง แต่ทำให้เวลารอคอยของผู้โดยสารและยานพาหนะลดลง นอกจากนี้ยังได้ทำการลดเวลาที่สามารถจอดได้บริเวณพื้นที่รับส่งผู้โดยสาร พบว่าจำนวนยานพาหนะที่หมุนเวียนเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 30 [5]

โปรแกรม VISSIM ได้ถูกนำมาใช้ในการประเมินปัญหาและแผนการจัดการจราจร โดยมีสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดขอนแก่น แห่งที่ 3 เป็นพื้นที่ศึกษา ซึ่งได้เก็บข้อมูลปริมาณจราจร สัดส่วนยานพาหนะ ความยาวแถวคอย ความเร็วและการควบคุมสัญญาณไฟจราจร ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและชั่วโมงไม่เร่งด่วนเที่ยงวัน โดยตัววัดที่ใช้ในการประเมินได้แก่ เวลาในการเดินทาง ความยาวแถวคอย เวลาสูญเสียเนื่องจากการล่าช้า (Delay) และเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด [13] แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคได้ถูกนำไปใช้แก้ปัญหาจราจรติดขัดในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยได้ใช้โปรแกรม PTV VISSIM ช่วยวิเคราะห์และทำการแบ่งเป็นรูปแบบการจัดการจราจรหลายแบบ ซึ่งผลที่ได้พบว่าการจัดการจราจรแบบชุดทางแยกสามารถลดเวลาในการเดินทาง ความล่าช้าและความยาวแถวคอยของทุกทางแยกได้ [10]

### 3. ขั้นตอนการดำเนินวิจัย

#### 3.1. การกำหนดขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้กำหนดขอบเขตโดยจะเน้นการศึกษาไปในด้านของพฤติกรรมของยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน และรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน โดยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมขณะที่ยานพาหนะแต่ละประเภทเข้าสู่

บริเวณเขตรับส่งผู้โดยสารดังรูปที่ 2 ซึ่งได้กำหนดเงื่อนไขไว้ 4 แบบ คือ 1.การจัดพื้นที่การรับส่งผู้โดยสารแบบปัจจุบันของท่าอากาศยาน 2.แบบแบ่งบริเวณเป็นกลุ่มยานพาหนะ (Sections) 3.การรับส่งแบบ FIFO (First In First Out) และ 4.แบบกำหนดพื้นที่รับส่งเฉพาะประเภทยานพาหนะ ดัชนีที่ใช้ในการประเมินประกอบด้วยระยะเวลาในการรับส่งผู้โดยสารของยานพาหนะแต่ละประเภท ซึ่งจะอ้างอิงจากพฤติกรรมของผู้โดยสารด้วย (Dwell time, Service time) และความเร็วของยานพาหนะที่เข้าสู่บริเวณรับส่งผู้โดยสาร



รูปที่ 2 พื้นที่อาคารผู้โดยสารท่าอากาศยานเชียงใหม่

การแบ่งบริเวณเป็นกลุ่มยานพาหนะ คือ การกำหนดพื้นที่จอดรับส่งผู้โดยสารไว้สำหรับกลุ่มยานพาหนะที่ต้องการให้จอด เช่น กลุ่มรถจักรยานยนต์ ให้จอดในบริเวณใกล้ประตูทาง กลุ่มรถยนต์ทุกประเภทจอดในพื้นที่ขอบทางติดกับบริเวณรับส่งผู้โดยสาร เป็นต้น

การรับส่งแบบ FIFO คือ การกำหนดให้ยานพาหนะที่เข้าเทียบบริเวณพื้นที่รับส่งก่อนสามารถออกจากพื้นที่ได้ก่อน โดยที่ยานพาหนะคันต่อไปต้องรอให้ยานพาหนะคันแรกออกไปก่อนจึงจะสามารถเคลื่อนที่ไปต่อได้

การกำหนดพื้นที่รับส่งเฉพาะประเภทยานพาหนะ แตกต่างจากการแบ่งบริเวณสำหรับกลุ่มยานพาหนะ คือ มีการกำหนดพื้นที่แยกเฉพาะให้รถยนต์ประเภทเกิน 7 ที่นั่ง และ ไม่เกิน 7 ที่นั่ง สามารถจอดได้ โดยให้รถยนต์ที่ไม่เกิน 7 ที่นั่งซึ่งมีขนาดเล็กกว่าจอดในบริเวณหน้าประตูทางเข้า-ออกของอาคารผู้โดยสาร

### 3.2. การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

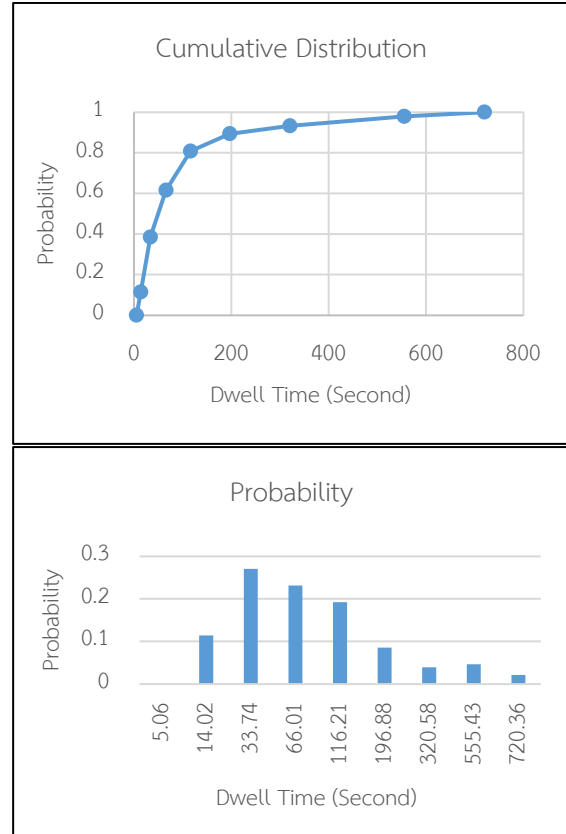
ข้อมูลภาคสนามที่ทำการสำรวจ คือ พฤติกรรมของการรับส่งผู้โดยสาร ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมรับส่ง และความเร็วของยานพาหนะที่เคลื่อนที่ในบริเวณรับส่งผู้โดยสารทั้งเข้าท่าอากาศยานและขาออก แสดงดังรูปที่ 3 และ 4 ซึ่งการกระจายของยานพาหนะแต่ละประเภทจะแสดงดังรูปที่ 5 6 และ 7



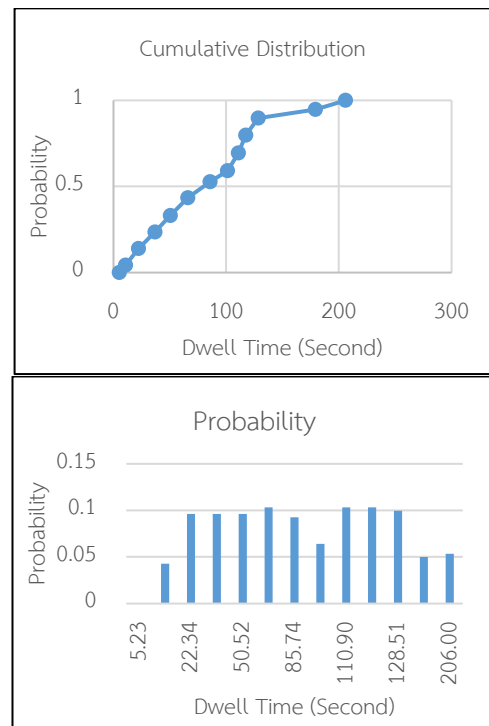
รูปที่ 3 การรับส่งบริเวณจุดรับส่งผู้โดยสารขาออก



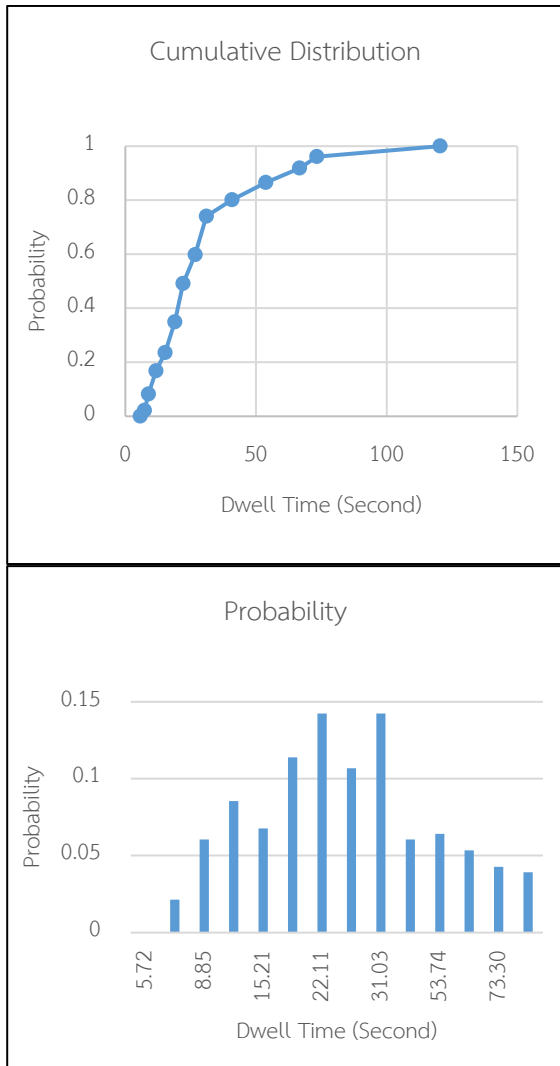
รูปที่ 4 การรับส่งบริเวณจุดรับส่งผู้โดยสารขาเข้า



รูปที่ 5 การกระจายของเวลาที่ใช้ในการรับส่งผู้โดยสารของยานพาหนะประเภทรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน



รูปที่ 6 การกระจายของเวลาที่ใช้ในการรับส่งผู้โดยสารของยานพาหนะประเภทรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน



รูปที่ 7 การกระจายของเวลาที่ใช้ในการรับส่งผู้โดยสารของ ยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์

จากการเก็บข้อมูลการกระจายของเวลาที่ใช้ในการรับส่งผู้โดยสารของยานพาหนะแต่ละประเภท ได้นำรูปแบบการกระจายนี้ไปใช้ในแบบจำลองโดยกำหนดตามประเภทของยานพาหนะ

### 3.3. การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

หลังจากที่ได้สำรวจข้อมูลภาคสนามและนำมาใช้กับแบบจำลองแล้ว ได้ทำการเปรียบเทียบจำนวนของยานพาหนะที่สามารถแสดงได้ในช่วงระยะเวลาที่กำหนดของการจำลองสถานการณ์ในแบบจำลอง เพื่อทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์หาว่ามีความใกล้เคียงกับสภาพจริง โดยใช้ค่าสถิติ GEH และค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เป็นตัวช่วยในการชี้วัดความแม่นยำ ซึ่งผลจากการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแสดงดังตารางที่ 3 และ 4

ตาราง 3 ค่าสถิติ GEH

เงื่อนไข	จำนวนยานพาหนะ			ค่าสถิติ GEH
	ที่กำหนดในแบบจำลอง (คัน)	ที่วัดได้ในการทดสอบ (คัน)	ข้อมูลภาคสนาม (คัน)	
ปัจจุบัน	200	241	195	3.12
แบ่งบริเวณเป็นกลุ่ม	200	210	195	1.05
ยานพาหนะ				
เข้าก่อนออกก่อน (First In First Out)	200	200	195	0.36
กำหนดพื้นที่รับส่งเฉพาะประเภท	200	209	195	0.99
ยานพาหนะ				

ตาราง 4 ค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE)

เงื่อนไข	จำนวน	จำนวน	ค่า MAPE (%)
	ยานพาหนะที่แสดงในแบบจำลอง (คัน)	ยานพาหนะจากการเก็บข้อมูลภาคสนาม (คัน)	
ปัจจุบัน	241	195	23.59
แบ่งบริเวณเป็นกลุ่ม	210	195	7.69
ยานพาหนะ			
เข้าก่อนออกก่อน (First In First Out)	200	195	2.56
กำหนดพื้นที่รับส่งเฉพาะประเภท	209	195	7.18
ยานพาหนะ			

ผลที่ได้จากการตรวจสอบความแม่นยำทั้ง 2 แบบ เมื่อนำไปเทียบกับค่าดังตารางที่ 1 และ 2 พบว่าค่าที่ได้นั้น อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งสามารถนำไปใช้งานในการวิเคราะห์แบบจำลองได้

### 3.4. การวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพ

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ ได้ทำการวิเคราะห์แยกตามเงื่อนไขทั้ง 4 แบบที่ได้กำหนดไว้ โดยทำการวิเคราะห์ระยะเวลาที่ใช้ในการรับส่งผู้โดยสารของแต่ละเงื่อนไข ซึ่งกำหนดให้อัตราการจอดรับส่งผู้โดยสารของทุกเงื่อนไขเป็นร้อยละ 100 หมายความว่ายานพาหนะ

ทุกชนิดจะเข้ามาในบริเวณผู้รับส่งผู้โดยสารจะทำการจอด หรือพยายามหาที่จอดเพื่อรับส่งผู้โดยสารทุกครั้ง โดยได้ทำการทดสอบและวิเคราะห์จำนวน 10 ครั้ง ในแต่ละเงื่อนไข ผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะแสดงให้เห็นถึงความล่าช้าของยานพาหนะ ที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งของการรับส่งผู้โดยสารในแต่ละเงื่อนไข โดยเงื่อนไขทั้ง 4 แบบแสดงดังตารางที่ 5 6 7 และ 8

ตารางที่ 5 ผลประสิทธิภาพเครือข่ายยานพาหนะของการจัดการแบบปัจจุบัน

ครั้งที่ทำการทดสอบ	ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที)	เวลาหยุดเฉลี่ย (วินาที)	ความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	ความล่าช้าในการหยุดเฉลี่ย (วินาที)	จำนวนยานพาหนะตกค้าง (คัน)	ระดับการให้บริการเฉลี่ย (LOS)	จำนวนยานพาหนะที่รับส่งเสร็จและออกจากท่าอากาศยาน (คัน)
1	15.56	0.15	33.93	11.70	14	LOS A	220
2	15.56	0.22	33.29	11.31	14	LOS A	200
3	10.72	0.13	33.55	6.98	9	LOS A	195
4	19.08	0.30	31.86	14.53	15	LOS A	186
5	30.07	0.20	30.63	25.98	27	LOS B	196
6	22.84	0.25	31.04	18.70	11	LOS B	204
7	13.07	0.19	33.45	9.24	9	LOS A	204
8	24.11	0.28	30.86	19.54	13	LOS C	192
9	22.45	0.22	31.53	18.19	9	LOS B	201
10	16.92	0.18	32.44	12.87	10	LOS B	212
Average	19.04	0.21	32.26	14.90	13	LOS B	201
SD	5.84	0.05	1.24	5.69	5	-	10
Minimum	10.72	0.13	30.63	6.98	9	LOS C	186
Maximum	30.07	0.30	33.93	25.98	27	LOS A	220

ตารางที่ 6 ผลประสิทธิภาพเครือข่ายยานพาหนะของการจัดการแบบแบ่งบริเวณเป็นกลุ่มยานพาหนะ

ครั้งที่ทำการทดสอบ	ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที)	เวลาหยุดเฉลี่ย (วินาที)	ความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	ความล่าช้าในการหยุดเฉลี่ย (วินาที)	จำนวนยานพาหนะตกค้าง (คัน)	ระดับการให้บริการเฉลี่ย (LOS)*	จำนวนยานพาหนะที่รับส่งเสร็จและออกจากท่าอากาศยาน (คัน)
1	186.99	1.16	14.70	176.81	44	LOS F	187
2	61.51	0.82	23.23	52.78	11	LOS F	220
3	102.12	0.73	19.57	94.42	17	LOS F	189
4	91.62	0.75	20.06	83.92	14	LOS F	193
5	113.26	0.83	19.55	104.68	22	LOS F	195
6	93.81	0.58	20.47	87.16	14	LOS F	204
7	117.29	0.78	17.57	109.47	30	LOS F	199
8	79.97	0.85	21.27	71.03	12	LOS F	195
9	57.34	0.62	22.96	50.33	25	LOS F	190
10	164.76	1.04	16.36	154.93	21	LOS F	199
Average	114.06	1.59	19.93	100.53	33	LOS F	233
SD	68.81	3.06	3.72	52.58	46	-	157
Minimum	57.34	0.58	14.70	50.33	11	LOS F	187
Maximum	186.99	1.16	23.23	176.81	44	LOS F	220

\* สำหรับยานพาหนะประเภทจักรยานยนต์ LOS อยู่ที่ระดับ LOS A และ LOS B

ตารางที่ 7 ผลประสิทธิภาพเครือข่ายยานพาหนะของการจัดการแบบเข้าก่อนออกก่อน (FIFO)

ครั้งที่ทำการทดสอบ	ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที)	เวลาหยุดเฉลี่ย (วินาที)	ความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	ความล่าช้าในการหยุดเฉลี่ย (วินาที)	จำนวนยานพาหนะตกค้าง (คัน)	ระดับการให้บริการเฉลี่ย (LOS)	จำนวนยานพาหนะที่รับส่งเสร็จและออกจากท่าอากาศยาน (คัน)
1	120.94	2.35	18.47	105.91	24	LOS F	214
2	155.77	2.56	16.04	140.81	32	LOS F	213
3	179.40	3.51	15.24	161.07	20	LOS F	190
4	213.75	4.19	14.35	194.19	37	LOS F	163
5	189.92	3.88	14.97	169.03	31	LOS F	201
6	137.33	3.08	17.92	121.14	27	LOS F	203
7	235.77	3.50	13.65	216.40	32	LOS F	183
8	246.95	4.45	12.94	224.64	35	LOS F	174
9	134.94	3.21	17.49	119.29	16	LOS F	217
10	179.05	3.82	15.04	161.22	25	LOS F	210
Average	250.92	10.60	14.16	194.82	88	LOS F	271
SD	153.46	15.29	3.48	83.45	137	-	196
Minimum	120.94	2.35	6.26	105.91	0	LOS F	0
Maximum	630.61	52.17	18.47	395.28	458	LOS F	719

ตารางที่ 8 ผลประสิทธิภาพเครือข่ายยานพาหนะของการจัดการแบบกำหนดพื้นที่รับส่งเฉพาะประเภทยานพาหนะ

ครั้งที่ทำการทดสอบ	ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที)	เวลาหยุดเฉลี่ย (วินาที)	ความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	ความล่าช้าในการหยุดเฉลี่ย (วินาที)	จำนวนยานพาหนะตกค้าง (คัน)	ระดับการให้บริการเฉลี่ย (LOS)*	จำนวนยานพาหนะที่รับส่งเสร็จและออกจากท่าอากาศยาน (คัน)
1	255.01	2.07	13.22	238.73	16	LOS F	227
2	185.11	2.33	15.67	167.51	15	LOS F	214
3	206.72	2.08	14.73	190.66	15	LOS F	194
4	280.63	2.32	12.20	264.42	45	LOS F	155
5	223.50	2.02	13.99	207.85	25	LOS F	197
6	251.95	2.05	13.16	237.10	51	LOS F	166
7	249.37	2.73	13.45	229.43	13	LOS F	200
8	237.42	1.86	13.25	223.40	37	LOS F	170
9	218.16	2.55	14.22	200.57	33	LOS F	191
10	258.13	2.93	12.68	237.71	21	LOS F	211
Average	251.24	2.33	13.24	234.11	29	LOS F	187
SD	55.47	0.35	1.69	54.66	14	-	29
Minimum	185.11	1.86	9.08	167.51	13	LOS F	129
Maximum	397.63	2.93	15.67	377.79	51	LOS F	227

\* สำหรับยานพาหนะประเภทจักรยานยนต์ LOS อยู่ที่ระดับ LOS E และ LOS F

#### 4. ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์แบบจำลองทั้ง 4 เงื่อนไข สามารถแสดงข้อมูลได้ดังนี้

##### 4.1. ความล่าช้าและแถวคอยของยานพาหนะ

จากผลการวิเคราะห์แบบจำลอง ความล่าช้าของยานพาหนะบริเวณจุดจอดรับส่งในปัจจุบันมีความล่าช้าของยานพาหนะน้อยที่สุด ซึ่งความล่าช้าของยานพาหนะทุกประเภทเฉลี่ยอยู่ที่ 10.88 วินาที โดยที่รถยนต์ทั้ง 2 ประเภท มีความล่าช้า 46.76 วินาที และ 0.38 วินาที สำหรับรถจักรยานยนต์ นอกจากนี้ในเงื่อนไขการจอดรับส่งแบบเข้าก่อนออกก่อน (FIFO) ทำให้เกิดความล่าช้าของรถยนต์ทั้ง 2 ประเภทและรถจักรยานยนต์มากที่สุด โดยรถยนต์มีความล่าช้า 220.63 วินาที และ 354.69 วินาที สำหรับรถจักรยานยนต์ ซึ่งความล่าช้าที่เกิดขึ้นในทุกแบบจำลอง ได้ส่งผลให้เกิดความยาวของแถวคอยที่ไม่เท่ากัน จำนวนยานพาหนะหลงเหลือในแบบจำลองที่ยังไม่สามารถจอดรับส่งได้ และยังส่งผลให้ประสิทธิภาพของการให้บริการการจอดรับส่งผู้โดยสารแตกต่างกันออกไป โดยผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 9 10 และแสดงกราฟเปรียบเทียบดังรูปที่ 8

ตารางที่ 9 ความล่าช้าของยานพาหนะที่เกิดขึ้น

รูปแบบการรับส่งผู้โดยสาร	*ความล่าช้าของยานพาหนะ (วินาที)		
	รถยนต์	รถจักรยานยนต์	เฉลี่ยรวมยานพาหนะทุกประเภท
ปัจจุบัน	46.76	0.38	10.88
แบ่งบริเวณเป็นกลุ่ม			
ยานพาหนะ	90.17	4.58	90.86
เข้าก่อนออกก่อน(FIFO)	220.63	354.69	159.39
กำหนดพื้นที่รับส่งเฉพาะประเภท			
ยานพาหนะ	196.29	106.33	202.45

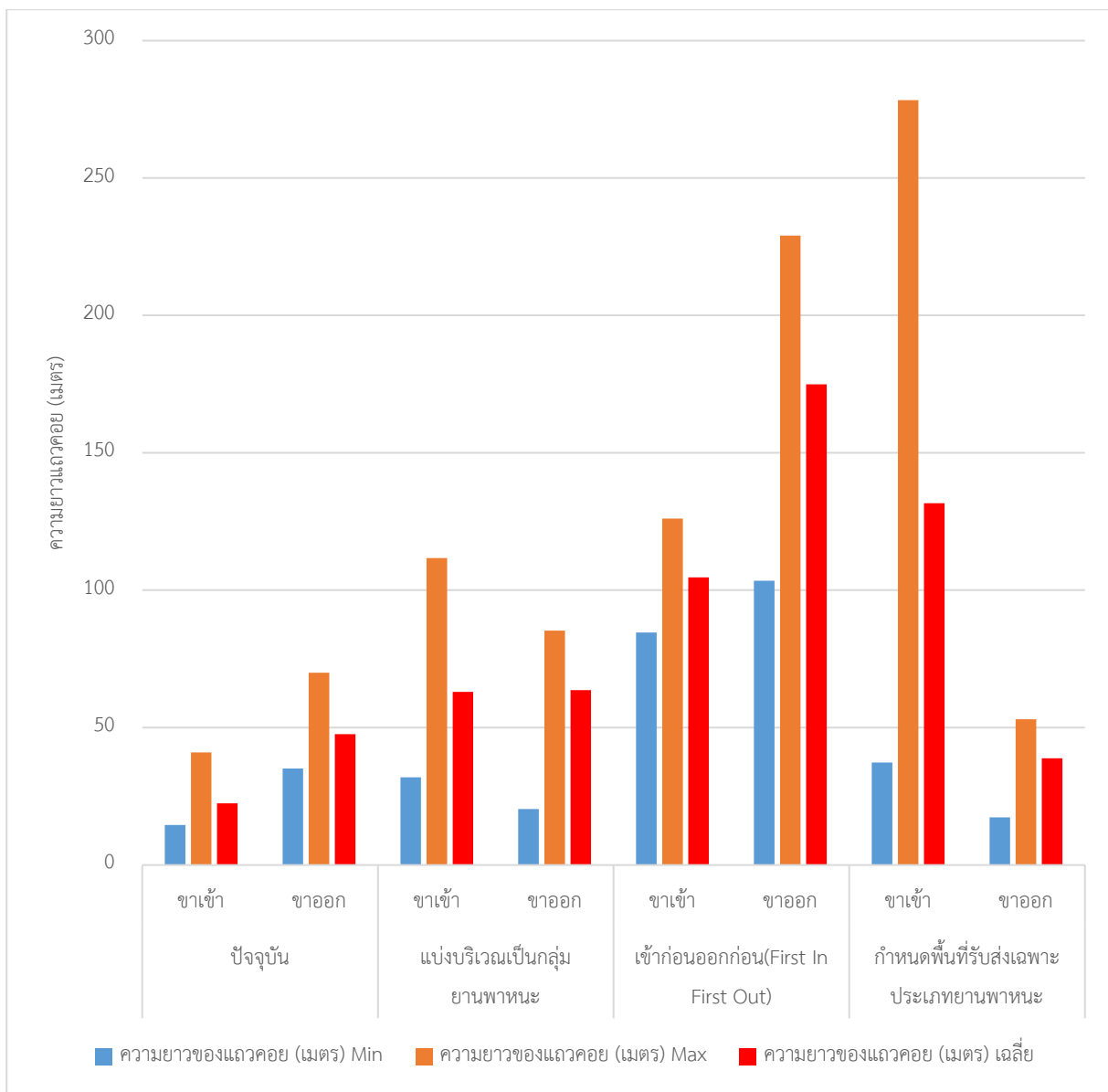
\* ความล่าช้านี้ คือความล่าช้าของยานพาหนะแต่ละประเภทที่เกิดขึ้น โดยแตกต่างจากตารางที่ 5 6 7 8 ซึ่งเป็นความล่าช้าของเครือข่าย (Network) ทั้งหมด



ตารางที่ 10 ความยาวแฉกค้อยในแต่ละเงื่อนไข

รูปแบบการรับส่งผู้โดยสาร	จุดรับส่งผู้โดยสาร	ความยาวของแฉกค้อย (เมตร)		
		Min	Max	เฉลี่ย
ปัจจุบัน	ขาเข้า	14.56	40.93	22.41
	ขาออก	35.09	69.92	47.6
แบ่งบริเวณเป็นกลุ่มยานพาหนะ	ขาเข้า	31.88	111.67	62.96
	ขาออก	20.36	85.25	63.63
	ขาเข้า	84.58	126.06	104.66

รูปแบบการรับส่งผู้โดยสาร	จุดรับส่งผู้โดยสาร	ความยาวของแฉกค้อย (เมตร)		
		Min	Max	เฉลี่ย
เข้าก่อนออกก่อน(First In First Out)	ขาออก	103.43	229.02	174.91
กำหนดพื้นที่รับส่งเฉพาะประเภทยานพาหนะ	ขาเข้า	37.28	278.33	131.64
	ขาออก	17.29	53.02	38.83



รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบความยาวแฉกค้อยในแต่ละเงื่อนไข

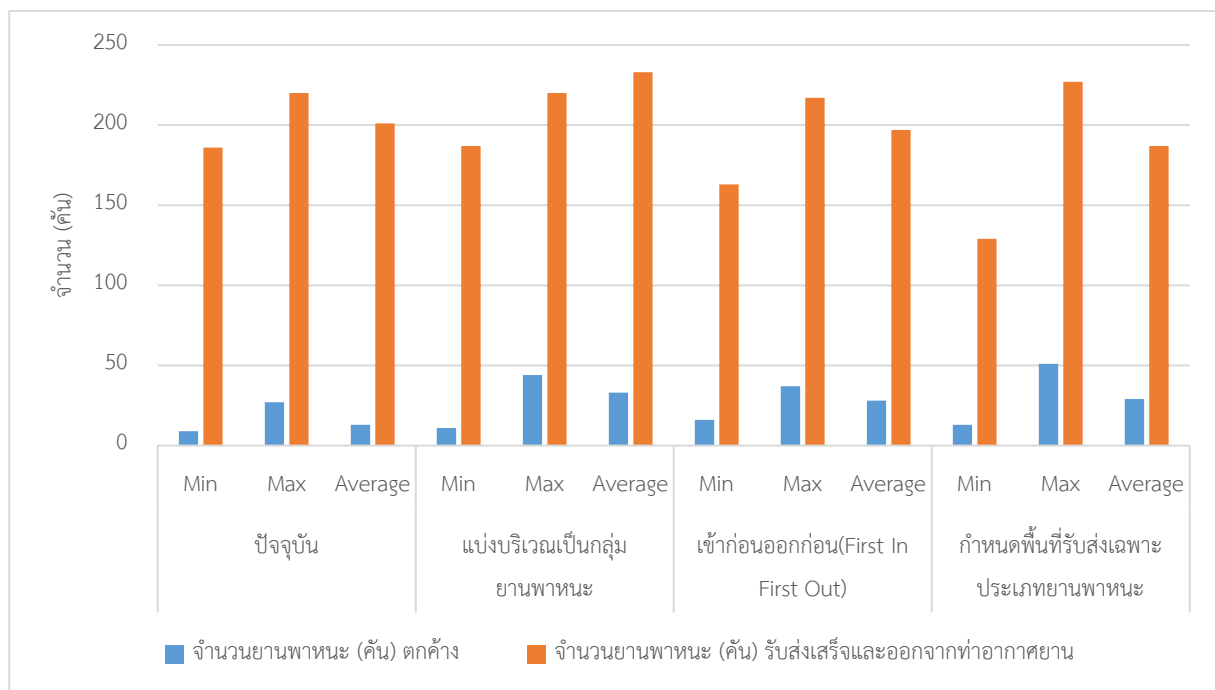
#### 4.2. จำนวนยานพาหนะที่รับส่งผู้โดยสารสำเร็จและ จำนวนยานพาหนะที่ตกค้าง

จากการวิเคราะห์พบว่าทุกการทดสอบแบบจำลองจะมียานพาหนะบางส่วนที่ยังไม่สามารถรับส่งผู้โดยสารได้และยังวนเวียนอยู่ในบริเวณท่าอากาศยานเพื่อรอเทียบจอดรับส่งผู้โดยสาร (ยานพาหนะตกค้าง) แสดงดังตารางที่ 11 และแสดงกราฟเปรียบเทียบดังรูปที่ 9

ตารางที่ 11 จำนวนยานพาหนะที่รับส่งผู้โดยสารสำเร็จและจำนวนยานพาหนะที่ตกค้าง

เงื่อนไข	จำนวนยานพาหนะ (คัน)		
	ตกค้าง	รับส่งเสร็จและออกจากท่าอากาศยาน	
ปัจจุบัน	Min	9	186
	Max	27	220
	Average	13	201

เงื่อนไข	จำนวนยานพาหนะ (คัน)		
	ตกค้าง	รับส่งเสร็จและออกจากท่าอากาศยาน	
แบ่งบริเวณเป็นกลุ่มยานพาหนะ	Min	11	187
	Max	44	220
	Average	33	233
เข้าก่อนออกก่อน (First In First Out)	Min	16	163
	Max	37	217
	Average	28	197
กำหนดพื้นที่รับส่งเฉพาะประเภทยานพาหนะ	Min	13	129
	Max	51	227
	Average	29	187



รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบจำนวนยานพาหนะตกค้างและยานพาหนะที่รับส่งผู้โดยสารสำเร็จ

ผลที่ได้พบว่าการจัดการแบบแบ่งบริเวณเป็นกลุ่มยานพาหนะและการจัดการในปัจจุบันมีจำนวนเฉลี่ยของยานพาหนะที่สามารถรับส่งผู้โดยสารสำเร็จใกล้เคียงกัน โดยทั้งสองแบบมีจำนวนยานพาหนะที่รับส่งผู้โดยสารสำเร็จสูงสุดรวมทั้งขาเข้าและขาออก

เท่ากันจำนวน 220 คัน ในระยะเวลาที่เท่ากัน นอกจากนี้ยังพบว่าทุกเงื่อนไขมีจำนวนยานพาหนะที่รับส่งผู้โดยสารสำเร็จใกล้เคียงกัน แต่แตกต่างกันที่จำนวนยานพาหนะที่ยังตกค้าง ซึ่งรูปแบบที่ทำให้

เกิดการตกค้างของยานพาหนะมากที่สุดคือ การกำหนดพื้นที่รับส่ง เฉพาะประเภทยานพาหนะ โดยมีจำนวนมากที่สุด 51 คัน

## 5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์แบบจำลองทั้ง 4 เงื่อนไข พบว่าการจัดการ พื้นที่รับส่งผู้โดยสารในปัจจุบันนั้นมีประสิทธิภาพสูงที่สุด เนื่องจากมีความล่าช้าของยานพาหนะน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าความล่าช้าของยานพาหนะทุกประเภทเฉลี่ยอยู่ที่ 10.88 วินาทีต่อคันในการรับส่งผู้โดยสาร และยังมีความยาวของแถวคอยที่เกิดขึ้นในการรับส่งผู้โดยสารน้อยที่สุด ซึ่งมีความยาวแถวคอยเฉลี่ยรวมขาเข้าและขาออกอยู่ที่ 70.01 เมตรในกรณีที่มีจำนวนการจอดรับส่งผู้โดยสารสูง นอกจากนี้ผลจากการวิเคราะห์ดังตารางที่ 5 6 7 และ 8 ยังชี้ให้เห็นว่าระดับการให้บริการบริเวณพื้นที่รับส่งผู้โดยสาร (Level of Service : LOS) ของการจัดการพื้นที่ปัจจุบัน มีระดับการให้บริการเฉลี่ยรวมยานพาหนะทุกประเภทอยู่ในระดับที่ดีมากหรืออยู่ในระดับ LOS A

สาเหตุที่การจัดการในปัจจุบันมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในขณะนั้น อาจเนื่องด้วยสถานการณ์ปัจจุบันที่มีการระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 ทำให้จำนวนยานพาหนะในช่วงเวลาที่มีการจราจรสูงที่สุดของท่าอากาศยานมีปริมาณไม่เท่ากับสถานการณ์ปกติ เนื่องด้วยจำนวนเที่ยวบินที่ถูกปรับลดลง และความถี่ของการบินที่ลดลงตามการป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส ปัจจัยเช่นนี้อาจส่งผลให้ปริมาณสูงสุดที่ได้ไม่เป็นไปตามสถานการณ์ปกติ

ในด้านของแบบจำลองในการวิเคราะห์ จากการศึกษาและทดสอบแบบจำลองแต่ละเงื่อนไข พบสิ่งที่ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมอีกมากมาย เช่น พฤติกรรมการจอดแบบเพิ่มเติมรายละเอียดของผู้โดยสารที่มีสัมภาระในปริมาณที่ต่างกัน กรณีที่มีการข้ามถนนของผู้โดยสารเกิดขึ้น กรณีที่มียานพาหนะเข้าจอดในลานจอดรถ เป็นต้น ซึ่งพฤติกรรมเหล่านี้อาจส่งผลให้ผลของการทดสอบแบบจำลองในงานวิจัยนี้แตกต่างจากที่เป็นอยู่ได้ นอกจากนี้ในด้านของการตัดสินใจในโปรแกรมวิเคราะห์ เป็นการตัดสินใจแบบสุ่ม ซึ่งถึงแม้การตรวจสอบแบบจำลองดังตารางที่ 3 และ 4 จะอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ แต่อย่างไรก็ตามความแม่นยำที่ได้ยังมีบางส่วนที่อยู่ในระดับที่พอยอมรับได้ แต่ไม่ได้แม่นยำที่สุด ซึ่งในส่วนนี้ทางผู้วิจัยหวังว่าจะมีการปรับปรุงเพิ่มเติมในส่วนของการตัดสินใจภายในโปรแกรมเพื่อความแม่นยำและใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงที่สุดของแบบจำลอง

จากการศึกษาเพิ่มเติมขณะทำการวิจัย ผู้วิจัยได้ค้นพบข้อมูลเพิ่มเติมในส่วนของแผนการจัดการเส้นทางยานพาหนะใหม่สำหรับท่าอากาศยานเชียงใหม่ เนื่องจากท่าอากาศยานเชียงใหม่ได้มีการออกแบบให้สามารถรองรับจำนวนผู้โดยสารได้มากที่สุด 8 ล้านคนต่อปี แต่ในความเป็นจริงจำนวนผู้โดยสารในปี ค.ศ. 2019 มีจำนวนมากถึง 11.34 ล้านคนต่อปี ซึ่งเกินความสามารถที่ท่าอากาศยานจะ

รองรับได้ ทางท่าอากาศยานจึงได้มีแผนที่จะขยายอาคารผู้โดยสาร เพื่อเพิ่มความสามารถในการรองรับผู้โดยสารที่มากขึ้น โดยจะมีการก่อสร้างอาคารผู้โดยสารใหม่ขึ้น ซึ่งอาคารนี้จะทำหน้าที่เป็นอาคารผู้โดยสารต่างประเทศ และจะทำให้อาคารผู้โดยสารต่างประเทศในปัจจุบันเป็นอาคารผู้โดยสารในประเทศทั้งหมด นอกจากนี้ยังเส้นทางการจราจรและรับส่งผู้โดยสารจะมีการเปลี่ยนแปลง โดยการสร้างทางแยกยกระดับเพื่อให้พื้นที่หน้าอาคารผู้โดยสารบริเวณชั้น 2 เป็นพื้นที่สำหรับการส่งเพียงอย่างเดียว และชั้นด้านล่างสำหรับการรับผู้โดยสารเพียงอย่างเดียว ซึ่งกรณีเช่นนี้อาจทำให้เกิดการศึกษาสำหรับรูปแบบในการจัดสรรพื้นที่ใหม่

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] C.D. Lewis. (1982). Industrial and business forecasting methods : a practical guide to exponential smoothing and curve fitting. ใน C.D. Lewis, *Industrial and business forecasting methods : a practical guide to exponential smoothing and curve fitting* (หน้า 144-194). London: Butterworth Scientific.
- [2] Dana Indra Sensuse, Arief Ramadhan Rendra Gustriansyah. (2017). A Sales Prediction Model Adopted the Recency-Frequency-Monetary Concept. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 711-1720.
- [3] Hsi-Chao Chen. (2013). Estimation of Chromaticity Coordinates for LEDs Array by Modulation of Red or Yellow LEDs with Artificial Neural Network. *ResearchGate*, 1-5.
- [4] International Transport Forum. (2017). The Shared-Use City: Managing the curb. *International Transport Forum*, 1-86.
- [5] Mehdi Nourinejad, and Matthew J. Roorda Tyler M. Harris. (2017). A Mesoscopic Simulation Model for Airport Curbside Management. *Hindawi: Journal of Advanced Transportation*, 1-20.
- [6] Nicolas Vandeput. (5 Jul 2019). *Forecast KPIs: RMSE, MAE, MAPE & Bias*. เข้าถึงได้จาก towards data science: <https://towardsdatascience.com/forecast-kpi-rmse-mae-mape-bias-cdc5703d242d>
- [7] Norio Tomii, Yasufumi Ochiai Carl-William Palmqvist. (2020). Explaining dwell time delays with passenger counts for some commuter trains in Stockholm and

- Tokyo. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 1-8.
- [8] Olga Feldman. (2012). THE GEH MEASURE AND QUALITY OF THE HIGHWAY ASSIGNMENT MODELS. *ResearchGate*, 2-19.
- [9] Weihua Gu, Michael J. Cassidy, Xin Li, Tiezhu Li Fangyi Yang. (2020). Achieving higher taxi outflows from a drop-off lane: A simulation based study. *Transportation Research Part C*, 1-15.
- [10] ชัยวัฒน์ ใหญ่บัก และ ประเมศวร์ เหลือเทพ. (2558). การวิเคราะห์การจัดการจราจรของจุดทางแยกต่อเนื่อง กรณีศึกษาเทศบาลนครหาดใหญ่. *วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.*, 103-114.
- [11] ดร. ทรงยศ กิจธรรมเกษร, ผศ.ดร. รัฐภูมิ ปรีชาตปรีชา, นาย ปวี คุวิบูลย์ และ ณฤตล ศรีตะระโส ดร. นพดล กรประเสริฐ. (2561). *โครงการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรพื้นที่บริเวณโดยรอบแนวเส้นทางโครงการรถไฟฟ้าสายสีชมพูช่วงแคราย-มีนบุรี*. เชียงใหม่: -.
- [12] ธนพล พรหมรักษา, ธเนศ เสถียรนาม และ อนุชาติ ลีอ่อนนัต์ ศักดิ์ศิริ พงษ์พันธ์แทนเกษม. (2017). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดความล่าช้าที่ทางแยกเดี่ยวด้วยควบคุมสัญญาณไฟจราจร. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 1-13.
- [13] สุเมธ มาเมือง และ ธเนศ เสถียรนาม. (2561). การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคสำหรับการจัดการจราจรถนนโครงข่ายโดยรอบสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดขอนแก่น แห่งที่ 3. *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 19*, 242-253.