การคาดการณ์ปริมาณจราจรและปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow บนโครงข่ายทางพิเศษ
Forecasting the Traffic Volume and the Number of M-Flow Users on the Expressway Network

เสาวนี ศรีสุวรรณ[1,*] ธนุตม์ กล่อมระนก[2] ศิวัช ปัญญาชัยวัฒนากูล[3] และเทพฤทธิ์ รัตนปัญญากร[4]

1,2,3,4 กองวิจัยและพัฒนา การทางพิเศษแห่งประเทศไทย
**Corresponding author; E-mail address: saonoy@gmail.com*

บทคัดย่อ

การเปิดบริการระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบ Multi-Lane Free Flow (M-Flow) ทำให้ผู้ใช้ทางพิเศษได้รับความสะดวก รวดเร็วและชำระค่าผ่านทางได้หลากหลายช่องทางซึ่งส่งผลให้แนวโน้มของปริมาณจราจรบนทางพิเศษเพิ่มมากขึ้น บทความนี้นำเสนอการคาดการณ์ปริมาณจราจรและปริมาณของผู้ใช้งานระบบ M-Flow บนโครงข่ายทางพิเศษ โดยประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อจำนวนประชากรในรูปแบบผลิตภัณฑ์จังหวัดต่อหัวของกรุงเทพมหานครและปริมณฑลระหว่างปี พ.ศ 2554 - 2562 สำหรับการวิเคราะห์อัตราการเติบโตของปริมาณจราจรบนทางพิเศษ 4 สายทาง ได้แก่ ฉลองรัช บูรพาวิถี กาญจนาภิเษก และเฉลิมมหานคร การศึกษานี้ใช้อัตราการเติบโตต่อปีแบบทบต้นสำหรับการวิเคราะห์เพื่อใช้คาดการณ์ปริมาณจราจรที่เกิดขึ้นในอนาคตของแต่ละทางพิเศษในช่วงระยะเวลา 15 ปี (พ.ศ.2566-2580) ซึ่งในระยะที่ 1 เปิดให้บริการจำนวน 3 ด่านในปี พ.ศ. 2566 คาดการณ์ว่าปริมาณยานพาหนะที่ใช้ M-Flow 24,000 คัน/วัน และปลายปี พ.ศ.2567 ซึ่งเปิดให้บริการทุกสายทางคาดว่าจะมีปริมาณยานพาหนะที่ใช้ M-Flow 464,525 คัน/วัน บนโครงข่ายทางพิเศษ ปีที่ 5 ของการเปิดให้บริการจะมีปริมาณยานพาหนะที่ใช้ M-Flow 689,747 คัน/วัน ปีที่ 10 1,092,449 คัน/วัน และปีที่ 15 1,383,699 คัน/วัน

คำสำคัญ: ทางพิเศษ, ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด, อัตราการเติบโตต่อปีแบบทบต้น, สัดส่วนผู้ใช้ทางพิเศษ, ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบ M-Flow

Abstract

The opening of the Multi-Lane Free Flow (M-Flow) toll collection system provides expressway users with convenience, immediacy, and various toll payment channels, resulting in an increase in traffic volume on the expressway. This article presents the forecast of traffic volume and volume of M-Flow system users on the expressway network by applying the Gross Provincial Product (GPP) per population in the form of GPP per capita of Bangkok and its vicinity during the year 2011-2019 for analyzing traffic volume growth rates on four expressways, namely Chalong Rat, Burapha Withi, Kanchanaphisek, and Chalerm Mahanakorn. This study uses the Compound Annual Growth Rate (CAGR) for analysis to forecast the future traffic volume of each expressway over a 15-year period (2023-2037). The forecast results in Phase 1 (2022) of the 3 toll plazas are expected to increase the number of vehicles using the M-Flow system at 24,000 vehicles /day. At the end of 2023 which M-Flow will be applied on the entire expressway network, the number will increase up to 464,525 vehicles /day. It is anticipated that in 5, 10 and 15 years, M-Flow will reach up to 689,747, 1,092,449, and 1,383,699 vehicles /day respectively.

Keywords: Expressway, Gross Provincial Product: GPP, Compound Annual Growth Rate: CAGR, Proportion of expressway users, Multi-Lane Free Flow (M-Flow)

1. คำนำ

ปัจจุบันปริมาณการจราจรของผู้ใช้ทางพิเศษเฉลี่ย 1.9 ล้านคันต่อวัน (มีนาคม 2566) ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษได้ การทางพิเศษแห่งประเทศไทยและกรมทางหลวงได้รับมอบหมายจากกระทรวงคมนาคมให้แก้ไขปัญหาจราจรบูรณาการร่วมกัน เพื่อให้รถสามารถผ่านด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษได้โดยเร็ว ไม่หยุดชะงัก ลดความแออัดของรถบริเวณหน้าด่านฯ โดยกรมทางหลวงได้เปิดให้บริการ M-Flow กับทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง (Motorway 9) แล้วตั้งแต่วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2565 มีผู้ใช้บริการแล้วประมาณ 29,892,260 คัน (15 กุมภาพันธ์ 2565-15 มกราคม 2566) เฉลี่ยมีผู้ใช้งาน M-Flow 282,290 คัน/วัน และการทางพิเศษฯ ได้เริ่มดำเนินการระยะที่ 1 บนทางพิเศษฉลองรัช ได้แก่ ด่านฯ จตุโชติ ด่านฯ สุขาภิบาล 5-1 ด่านฯ สุขาภิบาล 5-2 ระยะที่ 2A ด่านฯ บนทางพิเศษฉลองรัช (ที่เหลือ) ด่านฯ บนทางพิเศษกาญจนาภิเษก และด่านฯ บนทางพิเศษบูรพาวิถี และระยะที่ 2B ด่านฯ บนทางด่วนเฉลิมมหานคร ศรีรัช อุดรรัถยา และประจิมรัถยา แต่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการผ่านทางพิเศษจากระบบเงินสด Easy Pass/M-Pass มาเป็นการผ่านทางแบบระบบอิเล็กทรอนิกส์แบบ M-Flow ทำให้มีผลกระทบกับการใช้ทางพิเศษของประชาชนในวงกว้างทั้งเรื่องของพฤติกรรมการเดินทาง รูปแบบการชำระเงิน การปรับปรุงกายภาพด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษเพื่อรองรับปริมาณจราจรที่เพิ่มมากขึ้น ปริมาณจราจรระหว่างการปรับปรุงระบบ และปัญหาอื่น ๆ ดังนั้น การทางพิเศษฯ จึงได้มีการคาดการณ์ปริมาณจราจรและปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow บนโครงข่ายทางพิเศษ โดยใช้ข้อมูลปริมาณจราจรปี พ.ศ 2554-2562 มาคาดการณ์ปริมาณจราจรบนทางพิเศษในอนาคต และใช้ข้อมูลการคาดการณ์ปริมาณยานพาหนะที่จะใช้บริการระบบ M-Flow ของทั้ง 3 ด่านฯ ที่จะเปิดให้บริการในปี พ.ศ. 2566 มาตั้งต้นในการคาดการณ์ปริมาณยานพาหนะที่จะใช้บริการระบบ M-Flow ของทั้งโครงข่ายทางพิเศษเพื่อเตรียมความพร้อมและรองรับการให้บริการกับผู้ใช้บริการต่อไป

2. วัตถุประสงค์

1) เพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจรบนทางพิเศษในแต่ละสายทาง

2) เพื่อคาดการณ์ปริมาณจราจรและปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow บนโครงข่ายทางพิเศษในแต่ละสายทาง

3. ขอบเขตการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นการคาดการณ์ปริมาณจราจรและปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow บนโครงข่ายทางพิเศษ โดยใช้อัตราการเติบโตต่อปีแบบทบต้น (Compound Annual Growth Rate: CAGR) จากข้อมูลตั้งต้นที่จะเปิดใช้งาน M-Flow ของ 3 ด่านแรก ได้แก่ ด่านจตุโชติ ด่านสุขาภิบาล 5-1 และด่านสุขาภิบาล 5-2 ไปใช้คาดการณ์ปริมาณยานพาหนะที่จะใช้บริการระบบ M-Flow ของทั้งโครงข่าย โดยจะคาดการณ์ในอนาคตไป 15 ปี

4. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 ทางพิเศษและระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการดำเนินการก่อสร้าง และให้บริการทางพิเศษ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ทางในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และปริมณฑลเป็นหลัก โดยปัจจุบัน กทพ. มีการเปิดให้บริการทั้งหมด 8 สายทาง ได้แก่ ทางด่วนเฉลิมมหานคร ทางพิเศษศรีรัช ทางพิเศษฉลองรัช ทางพิเศษบูรพาวิถี ทางพิเศษอุดรรัถยา ทางพิเศษสายบางนา-อาจณรงค์ และทางพิเศษประจิมรัถยา ซึ่งมีระยะทางรวม 224.6 กิโลเมตร โดยระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบ่งเป็น 2 รูปแบบตามลักษณะการชำระค่าผ่านทาง คือ ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษด้วยเงินสด (Manual Toll Collection; MTC) และระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Electronic Toll Collection; ETC) [1] แต่อย่างไรก็ตาม กทพ. ยังคงประสบปัญหาการติดขัดบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านพิเศษ ดังนั้น กทพ. จึงมีการพัฒนาระบบจัดเก็บค่าผ่านทางแบบไม่มีไม้กั้น หรือระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบ Multi-Lane Free Flow (M-Flow) เพื่อลดปัญหาการติดขัดบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านพิเศษดังกล่าว และเพิ่มความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้บริการ โดยสามารถเปรียบเทียบอัตราการให้บริการได้ดังตารางที่ 1

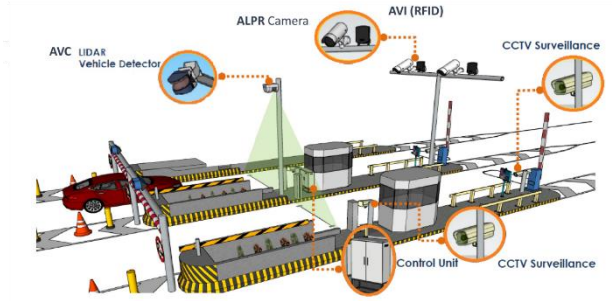
ตารางที่ 1 อัตราการให้บริการระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษ

ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษ	อัตราการให้บริการ (คัน/ชั่วโมง)
Manual Toll Collection (MTC)	400
Electronic Toll Collection (ETC)	800
Single Lane Free Flow (SLFF)	1,200
Multi-Lane Free Flow (MLFF)	2,000

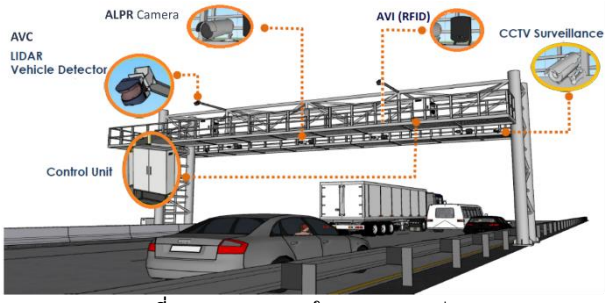
4.2 ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบไม่มีไม้กั้น (M-Flow)

ระบบเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติแบบไม่มีไม้กั้น หรือระบบ M-Flow เป็นระบบจัดเก็บค่าผ่านทางแบบใหม่ โดยนำเทคโนโลยี AI มาพัฒนาระบบจัดเก็บค่าผ่านทาง ด้วยระบบ Video Tolling และระบบตรวจจับป้ายทะเบียนรถอัตโนมัติ (Automated License Plate Recognition; ALPR) ร่วมกับระบบตรวจจับยานพาหนะอัตโนมัติ (Automatic Vehicle Identification; AVI) แบบ RFID (Radio Frequency Identification) เพื่อตรวจสอบยานพาหนะ และระบุตัวตนผู้ใช้ทาง ทำให้รถสามารถวิ่งผ่านด่านได้อย่างสะดวก คล่องตัว ไม่ต้องหยุดหรือชะลอรถ โดยระบบ M-Flow สามารถรองรับความเร็วได้ถึง 160 กม./ชม. และรองรับการใช้งานกับรถยนต์ทุกประเภทที่ได้รับอนุญาตให้วิ่งบนทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองและทางพิเศษ ทั้งรถยนต์ 4 ล้อ รถยนต์ 6 ล้อ และรถยนต์มากกว่า 6 ล้อขึ้นไป นอกจากนี้ยังอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้บริการให้สามารถผ่านด่านโดยดำเนินการชำระค่าผ่านทางได้ภายหลังการใช้บริการ (Postpaid) [2-3]

สำหรับรูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์และโปรแกรมระบบในระดับช่องทาง (Lane) ของระบบ M-Flow ในรูปแบบช่องทางเดี่ยว (Single Lane Free Flow; SLFF) และหลายช่องทาง (Multi-lane Free Flow; MLFF) แสดงในรูปที่ 1 และ 2



รูปที่ 1 ระบบ M-Flow ในรูปแบบช่องทางเดี่ยว (Single Lane Free Flow; SLFF)



รูปที่ 2 ระบบ M-Flow ในรูปแบบหลายช่องทาง (Multi-lane Free Flow; MLFF)

4.3 การคาดการณ์สัดส่วนผู้ใช้งานระบบ M-Flow

เสาวนี ศรีสุวรรณ, และคณะ [4] ได้มีการสำรวจกลุ่มผู้ใช้ทางพิเศษทั้งผู้ใช้ทางพิเศษเงินสดและ Easy Pass จำนวน 1,167 ตัวอย่าง โดยกลุ่มผู้ใช้ทางพิเศษมีทัศนคติต่อการเลือกที่จะเปลี่ยนมาใช้ M-Flow ดังนี้ 1) ไม่มีไม้กั้น 2) ประหยัดเวลาผ่านด่าน 3) ไม่ต้องติดตั้งระบบชำระเงินบนรถ และ 4) ชำระเงินภายหลังการใช้บริการได้ และกลุ่มผู้ใช้ทางพิเศษคาดหวังว่าจะได้รับประโยชน์เมื่อเปลี่ยนไปใช้ระบบเก็บค่าผ่านทางแบบ M-Flow ในเรื่อง 1) ประหยัดเวลาผ่านด่านฯ 2) จ่ายเงินภายหลังการใช้บริการ และประหยัดค่าผ่านทาง หลังจากนั้นได้มีการพัฒนาแบบจำลองการเลือกระบบเก็บค่าผ่านทางโดยสร้างแบบจำลอง Logit Model ซึ่งใช้อธิบายถึงความน่าจะเป็น (Probability, P) ที่ผู้เดินทาง i จะเลือกทางเลือก j ตามเงื่อนไขของอรรถประโยชน์ (Utilities, U) ที่ได้รับจากจำนวนทางเลือกทั้งหมด m ดังสมการที่ (1)

$$P_{ij} = exp(U_{ij})/\sum_m \exp(U_{im}) \quad (1)$$

ซึ่งอรรถประโยชน์ของทางเลือกต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการตัดสินใจเลือกทางเลือก (X_j) และลักษณะประจำตัวของผู้เดินทาง (S_i) และค่าสัมประสิทธิ์ α_j และ δ_i ดังสมการที่ (2)

$$U_{ij} = f(\alpha_j X_j, \delta_i\ S_i) \quad (2)$$

ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ (Utility Function) ดังสมการที่ (3) และ (4)

$$U(Cash/EasyPass) = f^{*}toll_c + t^{*}Time_c \quad (3)$$

$$U(M-Flow) = ASC + f^{*}toll_f + t^{*}Time_f + a^{*}After_f \quad (4)$$

โดยที่

U(Cash/EasyPass) = Utility of using cash or EasyPass
U(M-Flow) = Utility of using M-Flow
toll_c = Changing of toll by cash
toll_f = Changing of toll by M-Flow
Time_c = Changing of time by cash
Time_f = Changing of time by M-Flow
After_f = Dummy variable for payment after using M-Flow
ASC = Alternative Specific Constant
f, t, a = Coefficients of parameters

ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันอรรถประโยชน์ (U)

ตัวแปร	ค่าสัมประสิทธิ์	t-ratio
Changing of toll (f)	-0.3025	-36.2
Changing of time (t)	-0.3804	-43.5
Payment after using M-Flow (a)	1.1323	17.7
Alternative Specific Constant (ASC)	-	-
ρ^2	0.3014	
Number of Observations	14,565	

จากผลการวิเคราะห์ค่าคงที่ (Alternative specific constant) และค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต่าง ๆ ข้างต้น ในแบบจำลอง Logit พบว่า

1) เครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรการเปลี่ยนแปลงค่าผ่านทาง (Changing of toll) และการเปลี่ยนแปลงเวลาในการผ่านด่านฯ (Changing of time) มีค่าเป็นลบ ซึ่งถูกต้องตามความเป็นจริง คือ เมื่อค่าผ่านทางหรือเวลาผ่านด่านฯ เพิ่มขึ้น อรรถประโยชน์ของการเดินทางจะลดลง โดยมีมูลค่าเวลาในการรอชำระค่าผ่านทางเท่ากับ 1.26 บาทต่อนาที (-0.3804/-0.3025)

2) ค่าสัมประสิทธิ์ของการชำระค่าผ่านทางหลังใช้บริการ (Payment after using M-Flow) มีค่าเป็นบวก สะท้อนว่าผู้เดินทางพอใจกับการชำระค่าผ่านทางหลังใช้บริการมากกว่าการชำระก่อน

และทำแบบจำลองเพื่อการคาดการณ์สัดส่วนการเปลี่ยนไปใช้ M-Flow ดังสมการที่ 5

$$Prob.(Mflow) = Captive_{Mflow} + (1 - Captive_{cash/easypass} - Captive_{Mflow}).\left[\frac{e^{U_{Mflow}}}{e^{U_{cash/easypass}} + e^{U_{Mflow}}}\right] \quad (5)$$

โดยที่

Prob.(MFlow) = Probability of choosing M-Flow
$Captive_{cash/EasyPass}$ = Captive to Cash/Easy Pass
$Captive_{MFlow}$ = Captive to M-Flow
U(Cash/EasyPass) = Utility of using Cash or Easy Pass
U(MFlow) = Utility of using M-Flow

ตารางที่ 3 สัดส่วนการยึดติดกับระบบเก็บค่าผ่านทาง (Captive)

กลุ่ม MTC		กลุ่ม Easy Pass	
Captive to Cash	7.3%	Captive to Easy Pass	28.0%
Captive to M-Flow	38.5%	Captive to M-Flow	24.1%
Non-captive	54.2%	Non-captive	47.9%

จากตารางที่ 3 พบว่า

1) กลุ่ม MTC ประมาณ 7% ยึดติดกับการชำระด้วยเงินสด และ 39% มีแนวโน้มที่จะชำระด้วยระบบ M-Flow

2) กลุ่ม Easy Pass ประมาณ 28% ยึดติดกับการชำระด้วยระบบ Easy Pass และ 24% มีแนวโน้มที่จะชำระด้วยระบบ M-Flow

3) ประมาณครึ่งหนึ่งของกลุ่มตัวอย่าง ทั้งกลุ่ม MTC (54%) และกลุ่ม Easy Pass (48%) ไม่ยึดติดกับรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง โดยจะพิจารณาใช้ระบบ M-Flow ตามปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

ซึ่งจากการคิดสัดส่วนดังกล่าวจะใช้ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของกลุ่ม MTC และกลุ่ม Easy Pass ที่มีแนวโน้มมาใช้ M-Flow เท่ากับ 31.30% แต่เนื่องจากมีการเปิดใช้งาน M-Flow ของ Motorway 9 แล้วทำให้มีการรับรู้ถึงการใช้งานระบบ M-Flow ที่เป็นสัดส่วนการใช้งานจริงอยู่ที่ประมาณ 40% จึงได้ใช้สัดส่วนใช้งานจริงในการคำนวณการคาดการณ์ปริมาณจราจรบนทางพิเศษ

4.4 การคาดการณ์ปริมาณจราจรในอนาคต

การสร้างแบบจำลองในการคาดการณ์ปริมาณผู้ใช้ระบบ M-Flow จะอาศัยทฤษฎีอรรถประโยชน์ (Utility Theory) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการตัดสินใจเลือกอย่างมีเหตุผล (Rational Choice) เพื่อให้เกิดอรรถประโยชน์รวมสูงสุด (Utility Function) ต่าง ๆ แล้วเก็บข้อมูลพฤติกรรมการเลือกมาประมาณพารามิเตอร์ของฟังก์ชันอรรถประโยชน์ ซึ่งจะสามารถนำไปพยากรณ์พฤติกรรมการเลือกที่มีผลลัพธ์แบบไม่ต่อเนื่องเมื่อสภาพสถานการณ์ต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงไปได้ [5]

ในการคำนวณอัตราการเติบโตต่อปีแบบทบต้น (Compound Annual Growth Rate: CAGR) [6] เพื่อใช้คาดการณ์ปริมาณจราจรที่จะเกิดขึ้นในปีอนาคตซึ่งเป็นวิธีการที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับอัตราการเพิ่มของปริมาณจราจรจริง ซึ่งการใช้ CAGR อาจจะไม่ได้เป็นอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณจราจรที่แน่นอน แต่เป็นตัวเลขที่เป็นตัวแทน ดังสมการที่ 6

$$CAGR = ([\text{ข้อมูลปีสุดท้าย}/\text{ข้อมูลปีแรก}]^{1/\text{จำนวนปี}} - 1) \times 100 \quad (6)$$

ซึ่งเมื่อดูจากข้อมูลอัตราการเพิ่มขึ้นของผู้ใช้งานระบบ Easy Pass ที่เป็นระบบเก็บเงินแบบอิเล็กทรอนิกส์นั้น ในช่วงปี 2554-2558 ซึ่งเป็น 5 ปีแรกของการเปิดใช้บริการระบบเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 4.7 ต่อปี และในช่วงปี 2559-2562 ซึ่งเป็นช่วงหลังจากเปิดบริการไปแล้ว 5 ปี เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 1.7 ต่อปี [7] ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ CAGR ในการคำนวนหาสัดส่วนปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นจากปีที่เปิดให้บริการ M-Flow (2566) ตั้งแต่ปีที่ 1-10 (2566 - 2575) และกำหนดให้สัดส่วนที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ปีที่ 11-15 (ปี 2576-2580) เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 1.7 ต่อปีตามการเพิ่มขึ้นของสถิติการใช้งาน Easy Pass

กรมทางหลวง [8] ได้มีการการคาดการณ์ปริมาณการจราจรในอนาคตไว้โดยได้แบ่งการคาดการณ์ออกเป็น 2 กรณี คือกรณีมีโครงการและกรณีไม่มีโครงการ ในกรณีไม่มีโครงการได้นำปริมาณการจราจรเฉลี่ยบนถนนที่เกี่ยวข้องมาพิจารณาโดยใช้อัตราการขยายตัวของมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือในการคาดการณ์ปริมาณจราจรเฉลี่ยในหน่วยคัน/วัน และนำมาหาปริมาณจราจรในกระแสจราจรเฉลี่ยในหน่วยคัน/วัน มาวิเคราะห์ร่วมกับสัดส่วนปริมาณการจราจรของยานพาหนะ

กรมทางหลวง [9] ได้มีการคาดการณ์ปริมาณจราจรระหว่าง 2 ชุมชนใหญ่จาก Growth Rate ที่ผ่านมาจากข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรผนวกกับการพัฒนาบริเวณโครงการหรือบริเวณใกล้เคียงซึ่งมีผลทำให้เกิดเที่ยวการเดินทางเพิ่มขึ้น และหาอัตราการเติบโตจากข้อมูลการเติบโตทางเศรษฐกิจของทั้ง 2 ชุมชนเปรียบเทียบกับอัตราการเติบโตที่ผ่านมา ซึ่งอัตราการเติบโตของปริมาณจราจรจะสัมพันธ์กับตัวแปรทางเศรษฐกิจและสังคมท้องถิ่น ได้แก่ จำนวนประชากรในประเทศ ผลผลิตรวมภายในประเทศ จำนวนประชากรในท้องถิ่น ผลผลิตรวมในท้องถิ่น จำนวนการเป็นเจ้าของยวดยาย และความยืดหยุ่นของความต้องการเดินทางต่อรายได้บุคคล

5. ข้อมูลสถิติที่จำเป็นในการคาดการณ์ปริมาณจราจร

5.1 ข้อมูลปริมาณจราจรบนทางพิเศษที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 – 2563

จากข้อมูลปริมาณจราจรบนทางพิเศษที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 - 2563 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อมูลปริมาณจราจรบนทางพิเศษ (ปีงบประมาณ 2554 - 2563)

ทางพิเศษ	2554	2555	2556	2557	2558
เฉลิมมหานคร	128,464,763	131,574,913	135,883,676	131,756,605	136,882,311
ฉลองรัช	54,148,650	60,272,293	65,471,322	67,911,721	71,892,014
บูรพาวิถี	31,791,660	40,434,274	49,642,855	50,992,500	51,017,801
กาญจนาภิเษก	56,316,226	66,878,944	72,274,858	76,120,745	85,536,129
รวม	**270,721,299**	**299,160,424**	**323,272,711**	**326,781,571**	**345,328,255**
ทางพิเศษ	2559	2560	2561	2562	2563
เฉลิมมหานคร	138,140,347	136,386,589	135,905,586	136,510,079	117,638,448
ฉลองรัช	77,880,418	81,002,564	84,676,032	88,126,544	77,122,915
บูรพาวิถี	51,169,665	53,851,815	57,061,670	58,784,476	49,977,434
กาญจนาภิเษก	93,862,628	94,146,439	95,518,757	95,846,209	82,210,135
รวม	**361,053,058**	**365,387,407**	**373,162,045**	**379,267,308**	**326,948,932**

พบว่า ปริมาณจราจรรวมที่ใช้บริการทางพิเศษในแต่ละสายทางมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุก ๆ ปี แต่กระนั้นสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 รวมถึงมาตรการควบคุมการเดินทางของภาครัฐส่งผลให้ปริมาณจราจรบนทางพิเศษมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจนในปี พ.ศ. 2563 - 2564 [10]

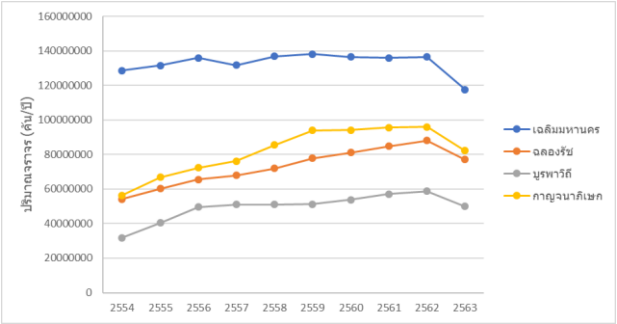
5.2 ข้อมูลปริมาณจราจรเฉลี่ยบนทางพิเศษและอัตราการเติบโตเฉลี่ย (ปีงบประมาณ 2554 - 2563)

จากสถานการณ์โควิด 19 นั้นทำให้การคาดการณ์ปริมาณจราจรในปีอนาคตโดยอาศัยอัตราการเติบโตของปริมาณจราจร (Growth Rate) อาจจะไม่เหมาะสมหรือสอดรับกับปริมาณจราจรที่อาจเพิ่มขึ้นหลังจากการปรับเปลี่ยนระบบจัดเก็บค่าผ่านทางรูปแบบใหม่ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ข้อมูลปริมาณจราจรเฉลี่ยบนทางพิเศษและอัตราการเติบโตเฉลี่ย (ปีงบประมาณ 2554 - 2563)

ทางพิเศษ	เฉลี่ย (หน่วย: คัน/ปี)	อัตราการเติบโตเฉลี่ย
เฉลิมมหานคร	134,611,652	0.79
ฉลองรัช	72,375,729	6.31
บูรพาวิถี	49,416,302	8.41
กาญจนาภิเษก	81,833,437	7.04
รวม	**338,237,120**	**4.36**

ซึ่งเมื่อดูแนวโน้มของปริมาณจราจรแล้วปี 2563 ที่เกิดสถานการณ์การแพร่ระบาดปริมาณจราจรลดลงอย่างชัดเจน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ปริมาณจราจรของปี 2554 - 2563

ทั้งนี้ เพื่อให้ผลการคาดการณ์ปริมาณจราจรมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับอัตราการเติบโตในช่วงก่อนสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 จึงได้ประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (Gross Provincial Product: GPP) ต่อจำนวนประชากร (Population) ในรูปแบบผลิตภัณฑ์จังหวัดต่อหัว (GPP per capita) ของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล [11] ระหว่างปี พ.ศ 2554 – 2562 ในการวิเคราะห์อัตราการเติบโตของปริมาณจราจรบนทางพิเศษนั้นได้ดำเนินการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจรบนสายทางที่อยู่ภายใต้การดูแลของการทางพิเศษฯ ซึ่งประกอบด้วย 4 ทางพิเศษ ได้แก่ ทางพิเศษฉลองรัช ทางพิเศษบูรพาวิถี ทางพิเศษกาญจนาภิเษก และทางด่วนเฉลิมมหานคร ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณจราจรจากการคาดการณ์ GPP Forecast บนทางพิเศษ (ปี 2554 - 2562) (หน่วย คัน/วัน)

ปี พ.ศ.	ฉลองรัช	บูรพาวิถี	กาญจนาภิเษก	เฉลิมมหานคร	รวม
2554	148,352	87,100	154,291	351,958	741,702
2555	165,130	110,779	183,230	360,479	819,618
2556	179,373	136,008	198,013	372,284	885,679
2557	186,060	139,705	208,550	360,977	895,292
2558	196,964	139,775	234,346	375,020	946,105
2559	213,371	140,191	257,158	378,467	989,186
2560	221,925	147,539	257,935	373,662	1,001,061
2561	231,989	156,333	261,695	372,344	1,022,362
2562	241,443	161,053	262,592	374,000	1,039,089

โดยการศึกษานี้ได้วิเคราะห์อัตราการเติบโตต่อปีแบบทบต้น (Compound Annual Growth Rate: CAGR) เพื่อใช้คาดการณ์ปริมาณจราจรที่จะเกิดขึ้นในปีอนาคตของแต่ละทางพิเศษ (ปี 2564-2580) ดังแสดงในตารางที่ 7 เพื่อใช้คาดการณ์ปริมาณผู้ใช้งาน M-Flow ต่อไป

ตารางที่ 7 อัตราการเติบโตของปริมาณจราจรบนทางพิเศษ

ทางพิเศษ	อัตราการเติบโตต่อปีแบบทบต้น (CAGR)
ฉลองรัช	7.43%
บูรพาวิถี	7.55%
กาญจนาภิเษก	7.61%
เฉลิมมหานคร	8.55%

6. การคาดการณ์ปริมาณจราจรและปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow

ในการคาดการณ์ปริมาณจราจรบนทางพิเศษทั้ง 4 สายทางที่ได้นั้นได้คาดการณ์ปริมาณจราจรในปีอนาคตที่มีระยะเวลา 15 ปี นับแต่ปีเปิดให้บริการระบบ M-Flow ในระยะที่ 1 (คาดว่าเปิดให้บริการปี พ.ศ. 2566) เทียบกับค่าความจุของทางพิเศษในแต่ละสายทาง เพื่อประเมินความสามารถในการรองรับปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้น หากมีการเปิดให้บริการระบบ M-Flow

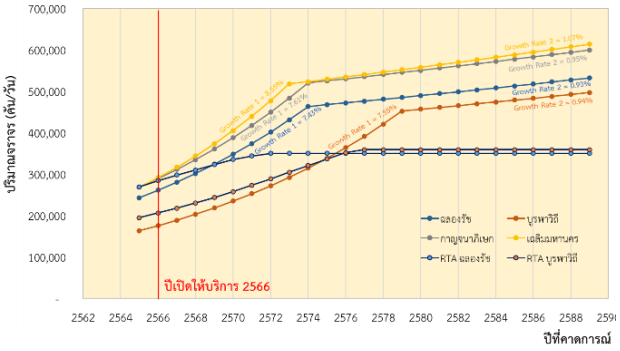
ทั้งนี้ การปรับแก้ความจุของทางพิเศษ เกิดจากสมมติฐานที่ว่าหากเปิดใช้งานระบบ M-Flow ด่านฯ จะสามารถรองรับปริมาณจราจรได้เพิ่มขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว MTC สามารองรับปริมาณจราจรได้ 400-450 คัน/ชั่วโมง/ช่อง ส่วน ETC สามารองรับปริมาณจราจรได้ 800 - 1200 คัน/ชั่วโมง/ช่อง แต่ M-Flow จะสามารถรองรับปริมาณจราจรได้สูงสุด 2000 คัน/ชั่วโมง/ช่อง โดยเฉพาะการปรับเปลี่ยนช่อง MTC เป็น M-Flow จะสามารถขยายความจุของทางพิเศษได้ถึง 1500 - 1600 คัน/ชั่วโมง/ช่อง เนื่องจากระบบ M-Flow ช่วยเพิ่มอัตราการให้บริการ (service rate) ของด่านเก็บค่าผ่านทางสูงกว่าระบบอื่น ๆ จึงสามารถขยายความจุของทางพิเศษเพิ่มขึ้นจากเดิมได้ อย่างไรก็ตามความจุของทางพิเศษยังมีข้อจำกัดด้านกายภาพของทางอยู่ เช่น ความกว้างของถนน และจำนวนช่องของถนน ดังนั้น จึงได้ประเมินให้ความจุของทางพิเศษเพิ่มขึ้น ร้อยละ 30 ของความจุเดิม ดังแสดงในตารางที่ 8 ดังนั้น การคาดการณ์ปริมาณจราจรบนทางพิเศษขึ้นอยู่กับอัตราการเติบโตต่อปีแบบทบต้นและค่าความจุปรับแก้ตามปีที่คาดการณ์ ซึ่งเป็นการคาดการณ์ปริมาณจราจรในระหว่างปี พ.ศ. 2566 - 2580

นอกจากนี้ ในการคาดการณ์ปริมาณจราจรได้ปรับค่า CAGR ออกเป็น 2 ช่วงระยะเวลา ได้แก่ ช่วงที่ 1 เป็นช่วงที่มีปริมาณจราจรน้อยกว่าค่าความจุปรับแก้ และช่วงที่ 2 เป็นช่วงที่มีปริมาณจราจรมากกว่าค่าความจุปรับแก้ ซึ่งในช่วงที่ 2 จะเป็นการคาดการณ์ปริมาณจราจรด้วยค่า CAGR ที่ร้อยละ 12.5 ของค่าในช่วงแรก เนื่องจากช่วงที่ 2 เป็นระยะเวลาที่มีปริมาณจราจรเกินกว่าค่าความจุของทางพิเศษส่งผลให้อัตราการเติบโตในช่วงดังกล่าวอยู่ภายใต้ขีดจำกัดของทางพิเศษฯ โดยมีผลการคาดการณ์ปริมาณจราจรแต่ละทางพิเศษ ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 8 การปรับค่าความจุของทางพิเศษ หากเปิดให้บริการระบบ M-Flow (หน่วย: คัน/วัน)

ทางพิเศษ	ความจุเดิม	ความจุปรับแก้ตามสมมติฐาน
ฉลองรัช	350,000	455,000
บูรพาวิถี	360,000	468,000
กาญจนาภิเษก	330,000	429,000
เฉลิมมหานคร	380,000	494,000

จากการคาดการณ์ปริมาณจราจรบนสายทางพิเศษด้วยอัตราการเติบโตต่อปีแบบทบต้น (CAGR) และการปรับค่าความจุถนนตามตารางที่ 8 สามารถแสดงผลการคาดการณ์ปริมาณจราจรของแต่ละสายทางพิเศษจากผลการศึกษาในอดีตของการทางพิเศษฯ ที่ได้มีการเปรียบเทียบกันดังแสดงในรูปที่ 4 นอกจากนี้ ยังสามารถสรุปผลการคาดการณ์ปริมาณจราจรในแต่ละปีอนาคตได้ดังตารางที่ 9



รูปที่ 4 ผลการคาดการณ์ปริมาณจราจรบนทางพิเศษเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในอดีต

ตารางที่ 9 ผลการคาดการณ์ปริมาณจราจรบนทางพิเศษ (ปี พ.ศ. 2566 - 2580)

ปีคาดการณ์ (1-15)	ปริมาณจราจร (คัน/วัน)				
	ฉลองรัช	บูรพาวิถี	กาญจนาภิเษก	เฉลิมมหานคร	รวม
2566	261,239	175,630	289,382	291,727	1,017,978
2567	280,640	188,889	311,402	316,657	1,097,588
2568	301,483	203,150	335,097	343,717	1,183,447
2569	323,873	218,487	360,596	373,090	1,276,046
2570	347,926	234,983	388,035	404,973	1,375,916
2571	373,765	252,723	417,561	439,580	1,483,630
2572	401,523	271,803	449,335	477,145	1,599,806
2573	431,343	292,324	483,526	517,920*	1,725,113
2574	463,378*	314,393	520,319*	523,452	1,821,542
2575	467,679	338,129	525,268	529,044	1,860,120
2576	472,021	363,657	530,264	534,695	1,900,637
2577	476,403	391,112	535,308	540,407	1,943,230
2578	480,826	420,640	540,399	546,179	1,988,045
2579	485,289	452,397*	545,540	552,014	2,035,240
2580	489,794	456,667	550,729	557,910	2,055,100

หมายเหตุ: *ปริมาณจราจรจนถึงขีดความจุของทางพิเศษ

จากผลการคาดการณ์ปริมาณจราจรในตารางที่ 9 เห็นได้ว่า ปริมาณจราจรในแต่ละทางพิเศษมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากในช่วงแรกตามการขยายความสามารถในการรองรับปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นของระบบตามปีคาดการณ์ที่เกินค่าความจุปรับแก้ จนมีการปรับค่า CAGR ลดลงเหลือร้อยละ 12.5 ของอัตราการเติบโตในช่วงแรก เช่น ทางด่วนเฉลิมมหานครมีปริมาณจราจรจนถึงขีดความจุของทางพิเศษในปี พ.ศ. 2573 ในขณะที่ทางพิเศษฉลองรัช และกาญจนาภิเษกถึงขีดความจุของทางพิเศษในปี พ.ศ. 2574 ส่วนทางพิเศษบูรพาวิถีถึงขีดความจุของทางพิเศษในปี พ.ศ. 2579 ซึ่งผลการคาดการณ์ปริมาณจราจรบนทางพิเศษได้ถูกนำมาใช้คาดการณ์ปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow ตามสัดส่วนผู้ใช้งานที่ได้วิเคราะห์ในการคาดการณ์สัดส่วนผู้ใช้งานระบบ M-Flow รวมถึงแผนการพัฒนาระบบจัดเก็บค่าผ่านทางแบบ Multi-Lane Free Flow (M-Flow) ของการทางพิเศษฯ ที่ได้แบ่งการดำเนินการออกเป็น 3 ช่วงระยะเวลา ได้แก่

1) ระยะที่ 1 เปิดให้บริการปี 2566 บนทางพิเศษฉลองรัช จำนวน 3 ด่าน ได้แก่ ด่านจตุโชติ ด่านสุขาภิบาล 5-1 และด่านสุขาภิบาล 5-2

2) ระยะที่ 2A เปิดให้บริการปี 2567 บนทางพิเศษฉลองรัช (ที่เหลือ) ทางพิเศษบูรพาวิถี และทางพิเศษกาญจนาภิเษก

3) ระยะที่ 2B เปิดให้บริการปี 2567 บนทางด่วนเฉลิมมหานครและทางด่วนสัมปทาน

โดยมีผลการคาดการณ์ปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow และสัดส่วนผู้ใช้งานในแต่ละปี ดังแสดงในตารางที่ 10

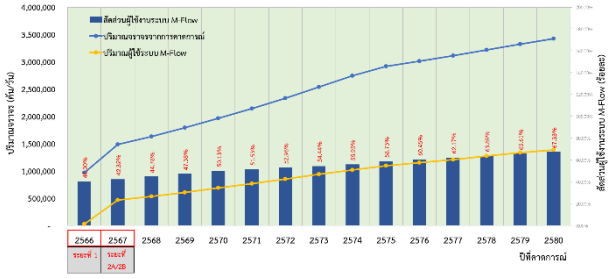
ตารางที่ 10 ผลการคาดการณ์ปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow (ปี พ.ศ. 2566 - 2580)

ปีคาดการณ์	ปริมาณจราจร (คัน/วัน)					สัดส่วน
	ฉลองรัช	บูรพาวิถี	กาญจนาภิเษก	เฉลิมมหานคร	รวม	
2566	24,000	-	-	-	24,000	40.00%
2567	107,956	72,001	117,385	167,182	464,525	42.32%
2568	123,158	82,141	133,916	190,726	529,941	44.78%
2569	140,505	93,710	152,778	217,589	604,581	47.38%
2570	160,297	106,911	174,299	248,240	689,747	50.13%
2571	177,665	118,494	193,183	275,135	764,478	51.53%
2572	196,914	131,332	214,114	304,945	847,305	52.96%
2573	218,249	145,562	237,312	337,985	939,107	54.44%
2574	236,859	157,974	257,549	366,805	1,019,187	55.95%
2575	253,885	169,330	276,062	393,172	1,092,449	58.73%
2576	267,013	178,085	290,336	413,502	1,148,935	60.45%
2577	280,764	187,256	305,288	434,797	1,208,106	62.17%
2578	295,186	196,875	320,970	457,131	1,270,162	63.89%
2579	310,329	206,975	337,436	480,582	1,335,321	65.61%
2580	321,572	214,473	349,661	497,993	1,383,699	67.33%

จากผลการคาดการณ์ปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow บนทางพิเศษ (ดังแสดงในตารางที่ 10) พบว่าปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้ทางพิเศษมีแนวโน้มเปลี่ยนมาใช้บริการระบบ M-Flow เพิ่มมากขึ้น หากมีการเปิดให้บริการบนทางพิเศษสายทางต่าง ๆ โดยในระยะที่ 1 (ปี พ.ศ.2566) มีปริมาณยานพาหนะที่จะใช้บริการระบบ M-Flow สูงถึง 24,000 คันต่อวัน (ของด่านระยะที่ 1 ทั้ง 3 ด่าน) หรือคิดเป็นร้อยละ 40 ของปริมาณจราจรบนทางพิเศษทั้งหมด ปลายปี พ.ศ.2567 เปิดให้บริการระบบ M-Flow บนทางพิเศษทุกสายทาง (ทั้งระยะ 2A และ 2B) มีผลคาดการณ์ปริมาณยานพาหนะที่จะใช้บริการระบบ M-Flow 464,525 คัน/วัน ปีที่ 5 689,747 คัน/วัน ปีที่ 10 1,092,449 คัน/วัน และปีที่ 15 ของการคาดการณ์ (พ.ศ. 2580) สูงถึง 1,383,699 คัน/วัน

7. บทสรุป ข้อเสนอแนะ และอภิปรายผล

การเปิดให้บริการในระยะที่ 1 เป็นการเปิดให้บริการเฉพาะ 3 ด่านบนทางพิเศษฉลองรัช ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow หากเปิดดำเนินการให้บริการครบทั้งระยะ 2A และ2B ในปลายปี 2567 ซึ่งมีผลให้ปี 2568 มีสัดส่วนผู้ใช้บริการถึงร้อยละ 44.78 (ดังรูปที่ 5) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาสัดส่วนปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow ที่เปิดใช้งานครบทุกระยะแล้วในปีที่ 5 สัดส่วนร้อยละ 50.18 ปีที่ 10 จะมีสัดส่วนร้อยละ 58.73 และปีที่ 15 จะมีสัดส่วนร้อยละ 67.33



รูปที่ 5 ผลการคาดการณ์ปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow (ปี พ.ศ. 2566 - 2580)

เมื่อพิจารณาสัดส่วนร้อยละที่เพิ่มขึ้นของปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow แล้วในช่วง 10 ปีจะมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของผู้ใช้บริการระบบ M-Flow ตามการคำนวนอัตราการเติบโตต่อปีแบบทบต้น (CAGR) แต่เมื่อเลยปีที่ 10 แล้วการเพิ่มขึ้นของปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow จะเพิ่มขึ้นภายใต้ขีดจำกัดความจุของทางพิเศษที่แต่ละสายทางรับได้ซึ่งจะมีลักษณะการเพิ่มขึ้นในลักษณะคงที่ใกล้เคียงกับร้อยละการเพิ่มขึ้นของการใช้งาน Easy Pass

ทั้งนี้แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของผู้ใช้บริการระบบ M-Flow ยังขึ้นอยู่ปัจจัยด้านการประชาสัมพันธ์และการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารของระบบ M-Flow ให้แก่ผู้ใช้ทางพิเศษทราบผ่านช่องทางต่าง ๆ ตลอดจนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ใช้ทางหากได้รับความสะดวก รวดเร็ว และง่ายต่อการใช้บริการขั้นตอนไม่ซับซ้อน เกิดความเชื่อมั่นในการให้บริการก็จะทำให้มีแนวโน้มที่เป็นแรงบวกในการใช้งาน M-Flow มากขึ้น

การประเมินสัดส่วนร้อยละที่เพิ่มขึ้นของปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow ด้วยการคำนวณแบบ CAGR ในงานวิจัยนี้ ในขั้นแรกของการประเมินปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow ได้ศึกษาและวิเคราะห์จากวิธีการ Stated Preference (SP) ร่วมกับการคาดการณ์ปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow โดยการวิเคราะห์ด้วยการสร้างแบบจำลอง Logit Model ซึ่งโดยวิธีการดังกล่าว มีข้อดีคือ

1) สามารถประเมินปริมาณผู้ใช้งานระบบที่ยังไม่เคยมีการเปิดใช้งานมาก่อน ด้วยปัจจัยที่เป็นไปได้ที่จะมีผลต่อการตัดสินใจในการเลือกใช้การชำระค่าผ่านทางโดยวิธีการต่าง ๆ เช่น ระยะเวลาการผ่านด่าน รูปแบบของการชำระค่าผ่านทาง ราคาค่าผ่านทาง เป็นต้น หลังจากนั้นจึงประเมินสัดส่วนร้อยละที่เพิ่มขึ้นของปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow ด้วยการคำนวณแบบ CAGR ในปีต่อ ๆ ไป ซึ่งวิธีการประยุกต์แบบจำลองอื่นไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการและข้อมูลที่มีอยู่ของงานวิจัยได้

2) สามารถประเมินปริมาณผู้ตัดสินใจใช้งานระบบ M-Flow โดยปัจจัยการตัดสินใจ ณ ปัจจุบันที่ทำการสำรวจข้อมูลได้ใกล้เคียงมากที่สุด

อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนการศึกษาดังกล่าวยังมีข้อจำกัด คือ การคำนวณสัดส่วนร้อยละที่เพิ่มขึ้นของปริมาณผู้ใช้งานระบบ M-Flow ด้วยการคำนวณแบบ CAGR จะเป็นการประเมิน โดยไม่ได้นำปัจจัยที่เกิดจากประสบการณ์การใช้ระบบจริงมาร่วมด้วย ซึ่งส่วนนี้ อาจจะมีผลต่อการดึงดูดให้มีปริมาณผู้ใช้งานมากขึ้น ในกรณีที่ระบบตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ทางได้เป็นอย่างดี หรืออาจจะมีผลต่อการลดปริมาณผู้ใช้งานลง ในกรณีที่ระบบไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการใช้งานของผู้ใช้ทาง ดังนั้น เมื่อมีการให้บริการระบบจริง จึงควรมีการปรับปรุงสำรวจข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อให้ทราบแนวโน้มที่อาจมีผลดังกล่าว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณพนักงานและลูกจ้างการทางพิเศษแห่งประเทศไทยทุกท่านที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือในการทำงานวิจัย และที่ปรึกษาจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่รวบรวมข้อมูลจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (2558). *คู่มือการใช้บริการทางพิเศษ*. การทางพิเศษแห่งประเทศไทย, หน้า 19.

[2] Zhang, B., Li, J., Zhang, M., Li, Q., Xue, J., Zhang, W., Gao, W., H, B. and Yu, X. (2013). *Multi-Lane Free Flow Electronic Toll Collection System Arranged on Side of Road*. Beijing Sutong Technology Co., Ltd., pp.1-16.

[3] Ru, N., He, S., Zhou, W., Huang, R., Zhang, J. and Wu, R. (2015). *Multi-Lane Free Flow (MLFF) Electronic Toll Collection (ETC) Lane System and License Plate Identification Method*. Beijing Shenzhen Genvict Technologies Co., Ltd., pp.1-14

[4] เสาวนี ศรีสุวรรณ ธนุตม์ กล่อมระนก ธนพร กรีวงษ์ ศิวัช ปัญญาชัยวัฒนากูล และเทพฤทธิ์ รัตนปัญญากร (2565). การศึกษาการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้ใช้ทางพิเศษต่อการใช้งานระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบ Multi-Lane Free Flow (M-Flow) บนโครงข่ายทางพิเศษ. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27, เชียงราย*, 24-26 สิงหาคม 2565, หน้า TRD39-1 ถึง TRD39-8.

[5] Louviere, J.J., Hensher, D.A. and Swait, J.D. (2010). *Stated Choice Methods: Analysis and Applications*. Cambridge University Press, pp.111-137.

[6] ธนาคารแห่งประเทศไทย (2566). *FUTURE FOOD ทางรอดของมวลมนุษยชาติ*, สืบค้นเมื่อ 9 มีนาคม 2566, จาก https://www.bot.or.th/Thai/BOTMagazine/Pages/256504128GlobalTrend_FutureFood.aspx

[7] ธนพร กรีวงษ์ ธนุตม์ กล่อมระนก ศิวัช ปัญญาชัยวัฒนากูล และเทพฤทธิ์ รัตนปัญญากร (2565). การศึกษาผลกระทบด้านจราจรจากการเปิดให้บริการระบบจัดเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติแบบไม่มีไม้กั้น (M-Flow) บนทางพิเศษฉลองรัช. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27*, เชียงราย, 24-26 สิงหาคม 2565, หน้า TRL22-1-TRL22-8.

[8] กรมทางหลวง (2552). *การศึกษาปริมาณการจราจรเพื่อวิเคราะห์สภาพการจราจรและองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในปัจจุบัน*, งานบริการด้านวิศวกรรมการสำรวจและออกแบบรายละเอียดโครงการก่อสร้างทางหลวงขนาด 4 ช่องจราจร สายกาฬสินธุ์ - บ.นาไคร้ กระทรวงคมนาคม.

[9] กรมทางหลวง (2539). *รายงานการศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจ วิศวกรรม และผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการปรับปรุงทางหลวงหมายเลข 410 สายยะลา – เบตง* กระทรวงคมนาคม, หน้า 21.

[10] การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (2563). รายงานสถิติปริมาณจราจร รายได้ค่าผ่านทางพิเศษ และอุบัติเหตุบนทางพิเศษ ปีงบประมาณ 2563, หน้า 61

[11] สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษกิจและสังคมแห่งชาติ (2566). ผลิตภัณฑ์ภาคและจังหวัด แบบปริมาณลูกโซ่ ฉบับ พ.ศ. 2554-2562 (Gross Regional and Provincial Product Chain Volume Measures 2011-2019 Edition, สืบค้นเมื่อ 9 มีนาคม 2566, จาก https://www.nesdc.go.th/main.php?filename=gross_regional