การศึกษาผลกระทบด้านจราจรจากการเปิดให้บริการระบบจัดเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติแบบไม่มีไม้กั้น (M-Flow) บนทางพิเศษฉลองรัช

A Study of the traffic impact on the opening of Multi-Lane Free Flow (M-Flow) on the Chalong Rat Expressway

ธนพร กรีวงษ์[1,*] ธนุตม์ กล่อมระนก[2] เสาวนี ศรีสุวรรณ[3] ศิวัช ปัญญาชัยวัฒนากูล[4] และ เทพฤทธิ์ รัตนปัญญากร[5]

[1,2,3,4,5] กองวิจัยและพัฒนา การทางพิเศษแห่งประเทศไทย เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10310

**Corresponding author; E-mail address: tp_kreewong@hotmail.com*

บทคัดย่อ

การเปิดให้บริการระบบจัดเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติแบบไม่มีไม้กั้น Multi-Lane Free Flow หรือที่เรียกว่า M-Flow ซึ่งเป็นทางเลือกใหม่ในการชำระค่าผ่านทาง ช่วยให้ลดการติดขัดบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ จึงมีผลกระทบให้สภาพจราจรเปลี่ยนแปลงไป งานวิจัยนี้พัฒนาแบบจำลองด้านจราจรเพื่อประเมินสภาพจราจรที่จะเกิดขึ้นหากเปิดให้บริการ M-Flow บนทางพิเศษฉลองรัช โดยจะวิเคราะห์ผลกระทบด้านจราจรเปรียบเทียบระหว่างการไม่มีโครงการ M-Flow (เปิดบริการเฉพาะเงินสด และ Easy Pass) และการมีโครงการ M-Flow ในปีที่ 1 ปีที่ 5 และปีที่ 10 พร้อมทั้งแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลาเร่งด่วน และนอกช่วงเวลาเร่งด่วน จากผลการศึกษาพบว่าการเปิดให้บริการระบบ M-Flow จะส่งผลให้ความล่าช้าลดลงได้มากกว่าการไม่มีโครงการ และเมื่อเปรียบเทียบค่าความล่าช้า พบว่าหากสัดส่วนผู้ใช้งานระบบ M-Flow มากขึ้น จะทำให้ค่าความล่าช้าลดลงมากกว่า รวมทั้งในช่วงเวลาเร่งด่วนการเปิดให้บริการระบบ M-Flow ทำให้ค่าความล่าช้าลดลงมากกว่านอกช่วงเวลาเร่งด่วน

คำสำคัญ: ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ, ผลกระทบด้านจราจร, ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบ M-Flow, ทางพิเศษ

Abstract

M-Flow (Multi-Lane Free Flow), an Automatic Toll Collection System without a barrier, is a new alternative to pay the toll fees. The launch of M-Flow reduces congestion at toll plazas, thereby affecting traffic conditions. This research has developed a traffic model to assess the traffic conditions that will occur if M-Flow starts operating on the Chalong Rat Expressway. The study analyzed a comparative traffic impact between the existing toll collection project (Manual and Easy pass) and the availability of M-Flow in the 1st year, 5th year, and 10th year, and divided the analysis into two periods; peak hours and off-peak hours. According to the results, the launch of the M-Flow system is able to reduce more delay-time than the traditional system. When comparing the delay time, the study finds that as the proportion of M-Flow users increase, the delay values decrease even more. Furthermore, the launch of M-Flow system will cause higher reduction in delay times during peak hours than off-peak hours.

Keywords: Toll Plazas, Traffic Impact, Multi-Lane Free Flow (M-Flow), Expressway

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) เปิดให้บริการระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษ 2 รูปแบบตามลักษณะการชำระค่าผ่านทางพิเศษ คือ ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด (Manual Toll Collection; MTC) ซึ่งมีอัตราการให้บริการสูงสุด 400 คันต่อชั่วโมง และระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Electronic Toll Collection; ETC) ซึ่งมีอัตราการให้บริการสูงสุด 800 คันต่อชั่วโมง ปัจจุบันจำนวนยานพาหนะที่ใช้บริการทางพิเศษเฉลี่ยต่อวันประมาณ 1,905,131 เที่ยวต่อวัน ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษทั้ง 2 รูปแบบที่มีอยู่เดิมจึงไม่รวดเร็วเพียงพอสำหรับปริมาณยานพาหนะที่เข้ายังบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาความล่าช้า การติดขัด และเกิดแถวคอยของยานพาหนะบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ การเปิดให้บริการระบบจัดเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติแบบไม่มีไม้กั้น Multi-Lane Free Flow หรือที่เรียกว่า M-Flow จึงเป็นทางเลือกใหม่ในการชำระค่าผ่านทางพิเศษ ซึ่งช่วยลดปัญหาการติดขัดบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษลงได้ และเพิ่มความสะดวกให้ผู้ใช้ทางสามารถชำระเงินในภายหลังได้ (Post-paid) รวมถึงมีช่องทางการชำระเงินที่หลากหลาย ทั้งนี้จำเป็นต้องมีการศึกษาผลกระทบด้านจราจรที่จะเกิดขึ้นโดยอาศัยเทคนิคการพัฒนาแบบจำลองด้านจราจร เพื่อประเมินสภาพจราจร

ที่เกิดขึ้นบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ และคาดการณ์ปัญหาจราจรที่เกิดขึ้นในอนาคต เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาจราจรที่อาจจะเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้ใช้ทาง

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลกระทบด้านจราจรที่จะเกิดขึ้นจากการเปิดให้บริการระบบจัดเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติแบบไม่มีไม้กั้น Multi-Lane Free Flow (M-Flow) โดยพัฒนาแบบจำลองด้านจราจรเพื่อประเมินสภาพจราจรที่จะเกิดขึ้นหากเปิดให้บริการ M-Flow บนทางพิเศษฉลองรัช

1.3 ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้พัฒนาแบบจำลองด้านจราจรเพื่อประเมินสภาพจราจรที่จะเกิดขึ้นหากเปิดให้บริการ M-Flow บนทางพิเศษฉลองรัช โดยการศึกษาผลกระทบด้านจราจรที่จะเกิดขึ้นบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษสุขาภิบาล 5-2

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษของการทางพิเศษแห่งประเทศไทยในปัจจุบัน

ปัจจุบันทางพิเศษของการทางพิเศษแห่งประเทศไทยได้ มีระบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษ 2 ระบบ [1] ได้แก่

2.1.1 ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด (Manual Toll Collection; MTC) เป็นระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษที่ผู้ใช้ทางจำเป็นต้องจอดยานพาหนะให้หยุดนิ่ง เพื่อชำระเงินสดให้กับพนักงานในตู้เก็บค่าผ่านทาง

2.2.2 ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Electronic Toll Collection; ETC) เป็นระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษที่ผู้ใช้ทางชะลอความเร็วของยานพาหนะจนเกือบหยุดนิ่งเพื่อชำระเงินผ่าน Easy Pass ซึ่งเป็นระบบการชำระเงินแบบอัตโนมัติ

2.2 ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบ Multi-Lane Free Flow (M-Flow)

ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบ Multi-Lane Free Flow หรือที่เรียกว่า M-Flow [2-3] เป็นระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษอัตโนมัติรูปแบบใหม่ซึ่งไม่มีไม้กั้นทำให้อัตราการให้บริการมากกว่า 1,200 คันต่อชั่วโมง และสามารถรองรับความเร็วยานพาหนะได้ถึง 160 กม./ชม. โดยใช้เทคโนโลยีระบบปัญญาประดิษฐ์ในรูปแบบการอ่านป้านทะเบียนรถอัตโนมัติ (Automatic License Plate Recognition; ALPR) ร่วมกับระบบตรวจจับยานพาหนะอัตโนมัติ (Automatic Vehicle Identification; AVI) เพื่อใช้ตรวจสอบยานพาหนะและระบุตัวตนของผู้ใช้บริการ ในการเรียกเก็บค่าผ่านทางพิเศษภายหลังการใช้บริการ (Post-Paid) ทำให้รถสามารถวิ่งผ่านด่านฯ ได้อย่างสะดวก คล่องตัว ไม่ต้องหยุดหรือชะลอรถ สามารถระบายรถเร็วขึ้น 5 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับระบบเงินสด (MTC)

ระบบเก็บค่าผ่านทางแต่ละรูปแบบมีอัตราการให้บริการระบบเก็บค่าผ่านทาง [4] ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราการให้บริการระบบเก็บค่าผ่านทางรูปแบบต่าง ๆ

ระบบการเก็บค่าผ่านทาง	อัตราการให้บริการสูงสุด (คันต่อชั่วโมง)
ระบบเงินสด (MTC)	400
ระบบ ETC (แบบมีไม้กั้น)	800
Single Lane Free Flow (SLFF)	1,200
Multi-Lane Free Flow (MLFF)	2,000

2.3 ระดับการให้บริการของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ

ระดับการให้บริการ (Level of Service: LOS) คำนวณจากสัดส่วนระหว่างปริมาณจราจรต่อความจุ (V/C Ratio) ของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ แสดงในตารางที่ 2 และสามารถแบ่งประเภทของด่านแบ่งตามข้อมูลระดับการให้บริการของด่านได้เป็น 3 รูปแบบ ได้แก่

- ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษที่ไม่มีความติดขัด (LOS: A-B)
- ด่านเก็บค่าผ่าทางพิเศษที่มีความติดขัดปานกลาง (LOS: C-D)
- ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษที่มีความติดขัดมาก (LOS: E-F)

ตารางที่ 2 ระดับการให้บริการ (Level of Server: LOS) ของช่องทางพิเศษ [5]

ความหนาแน่นของทางพิเศษในเขตเมือง (pc/mi/ln)	ความหนาแน่นของทางพิเศษนอกเขตเมือง (pc/mi/ln)	Level of Service (LOS)	คำอธิบาย
≤11	≤6	A	การจราจรมีการไหลแบบอิสระ
>11-18	>6-14	B	การจราจรมีการไหลแบบคล่องตัว
>18-26	>14-22	C	การจราจรมีการไหลแบบชะลอตัว
>26-35	>22-29	D	การจราจรมีการไหลแบบหนาแน่น
>35-45	>29-39	E	สภาพการไหลของการจราจรติดขัด
>45 หรือ v/c > 1.00	>39 หรือ v/c > 1.00	F	ปริมาณจราจรมากกว่าความจุ

2.4 การวิเคราะห์และประเมินสภาพจราจรด้วยแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค

2.4.1 โปรแกรมจำลองสภาพจราจร

การจำลองสภาพจราจรจากสถานที่จริงหรือสถานการณ์ที่สมมุติขึ้นโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า โปรแกรมจำลองสภาพจราจร ทำให้สามารถศึกษาผลกระทบต่อการจราจรเมื่อเกิดแนวทางการปฏิบัติต่าง ๆ ที่ไม่สามารถสมมติให้เกิดขึ้นจริงในภาคสนาม ทำให้มองเห็นสภาพจราจรและปัญหาการจราจร โดยรวมอย่างเป็นระบบและสามารถคาดการณ์ปัญหาจราจรที่เกิดขึ้นในอนาคต [6]

2.4.2 การนำเข้าข้อมูลแบบจำลอง

การนำเข้าข้อมูลแบบจำลอง ประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้ [7]

1) ข้อมูลโครงข่ายถนน (Road network data)

โครงข่ายถนน ประกอบขึ้นจาก ช่วงถนนหรือที่เรียกว่า Section หลาย ๆ ช่วงประกอบกัน โดย sections ต่าง ๆ สำหรับข้อมูลที่ต้องใช้ในการสร้างโครงข่ายถนน มีดังต่อไปนี้

- แผนที่หรือภาพถ่ายทางอากาศ
- จำนวนช่องจราจร ความกว้าง ของทุก ๆ Section
- ลักษณะทางกายภาพของด่านเก็บค่าผ่านทาง
- จำนวนช่องและรูปแบบเก็บค่าผ่านทาง

2) ข้อมูลปริมาณจราจร

การนำเข้าข้อมูลเป็นการป้อนปริมาณจราจรแบบตารางการเดินทาง (O/D Matrix) คือ ต้องมีการกำหนดจุดต้นทาง-ปลายทาง (Centroid) เพื่อเชื่อมต่อทางเข้าและทางออกของปริมาณจราจรบนโครงข่ายถนน

3) การปรับเทียบแบบจำลอง

การปรับเทียบแบบจำลองเป็นกระบวนการที่ทำการเปลี่ยนค่าตัวแปรบางตัวในแบบจำลองเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลแบบจำลองมีค่าที่เสมือนกับค่าที่ได้จากการสำรวจโดยแบบจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้น ในการศึกษานี้ได้คัดเลือกเกณฑ์สำหรับการปรับเทียบแบบจำลองโดยอาศัยเกณฑ์ของ Design Manual for Road and Bridge (DMRB) สำหรับอ้างอิงเป็นเกณฑ์การปรับเทียบหลักเนื่องจากเป็นเกณฑ์ที่ได้รับการยอมรับและมีการใช้เป็นเกณฑ์ในการปรับเทียบแบบจำลองระดับจุลภาคอย่างแพร่หลาย เกณฑ์ในการปรับเทียบแบบจำลอง [8] ดังสมการที่ 1

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M-C)^2}{M+C}} \qquad (1)$$

สำหรับการสร้างแบบจำลองการจราจรขั้นพื้นฐาน หากค่า GEH มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5.0 จะถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และสามารถนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ในขั้นตอนต่อไป หากไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดจำเป็นต้องกลับไปเปลี่ยนค่าตัวแปรหรือพฤติกรรมของยานพาหนะภายในแบบจำลองตามกระบวนการปรับเทียบแบบจำลองอีกครั้งหนึ่ง

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Poon, N. และ Dia, H. [9] ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการเก็บค่าผ่านทางซึ่งมีปริมาณจราจรสูงมากจนเกือบเต็มความจุของถนน ศึกษาบริเวณสะพานเกตเวย์ เมืองบริสเบน รัฐควีนสแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย โดยใช้โปรแกรม AIMSUN ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค เพื่อประเมินการปรับปรุงความจุของรูปแบบด่านเก็บค่าผานทางและประเมินประสิทธิภาพของการเก็บค่าผ่านทางในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน จากความล่าช้าและเวลาในการเดินทางรวมถึงวิเคราะห์ผลกระทบของการใช้ระบบการเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ พบว่าการใช้ระบบการเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติช่วยเพิ่มอัตราการไหล (Flow) ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบดีขึ้น และการปรับเปลี่ยนจากระบบปกติเป็นระบบการเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติจำนวน 4 ช่องจราจร สามารถรองรับปริมาณจราจรที่คาดการณ์ในอนาคตได้)

Lueanpech, P. et al. [10] ได้ศึกษาประสิทธิภาพของระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบ Single Lane Free Flows (SLFF) ที่ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษสาธุประดิษฐ์ 1 บนทางพิเศษเฉลิมมหานคร เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการเก็บค่าผ่านทางพิเศษจากความล่าช้า (Delay) และความยาวของแถวคอยบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ (Queue Length) โดยใช้โปรแกรม VISSIM พัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค พบว่าระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบ Single Lane Free Flows (SLFF) สามารถลดค่าความล่าช้าและลดความยาวของแถวคอยบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษลงได้ รวมถึงเพิ่มระดับการให้บริการ (Level of Service) ของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษได้อีกด้วย

ธีรพจน์ ศิริไพโรจน์, เอกชัย สุมาลี และ สุวิชาญ สุระบาล [11] ได้ศึกษาและวิเคราะห์แนวทางพัฒนาระบบเก็บค่าผ่านทางโดยใช้แบบจำลองสภาพจราจรเสมือนจริง เพื่อวิเคราะห์สภาพจราจรบนทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองสาย 7 และ สาย 9 พบว่าบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางลาดกระบังหากนำระบบ Multi-lane Free Flow มาใช้จะทำให้มีความล่าช้าในการผ่านด่านฯ 16 วินาที ความยาวแถวคอยเฉลี่ย 12 เมตร โดยจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเก็บค่าผ่านทางและสามารถรักษาระดับการให้บริการ (Level of Service) ไว้ที่ระดับ B ได้จนถึงปี พ.ศ. 2567 และพบว่าบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางทับช้างเมื่อมีจำนวนผู้ใช้ทางที่เลือกใช้ ETC เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 50 จะทำให้มีความล่าช้าในการผ่านด่านฯ 30 วินาที ความยาวแถวคอยเฉลี่ย 100 เมตร และทำให้ระดับการให้บริการ (Level of Service) ในปี พ.ศ. 2567 เปลี่ยนจากระดับ F เป็นระดับ C

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

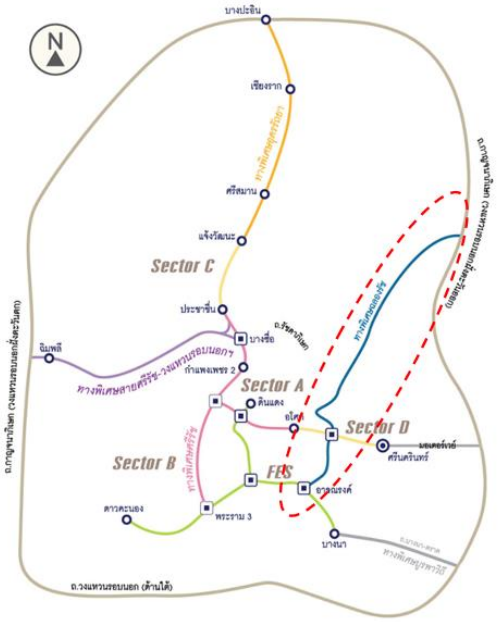
3.1 พื้นที่ศึกษา

ทางพิเศษฉลองรัช เป็นทางยกระดับขนาด 6 ช่องจราจร ระยะทางรวม 28.2 กิโลเมตร มีด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ 14 ด่าน ซึ่งแสดงในรูปที่ 1 โดยการทางพิเศษแห่งประเทศไทยได้แบ่งการดำเนินงานระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบ Multi-Lane Free Flow (M-Flow) บนทางพิเศษฉลองรัช ออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่

- ระยะที่ 1 ได้แก่ ด่านฯ จตุโชติ ด่านฯ สุขาภิบาล 5-1 และด่านฯ สุขาภิบาล 5-2 ซึ่งมีกำหนดการเปิดให้บริการในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565
- ระยะที่ 2 ได้แก่ ด่านฯ อาจณรงค์ 2 ด่านฯ พระโขนง ด่านฯ พัฒนาการ 1 ด่านฯ พัฒนาการ 2 ด่านฯ พระราม 9-1 ด่านฯ พระราม 9-2 ด่านฯ ประชาอุทิศ ด่านฯ ลาดพร้าว ด่านฯ โยธินพัฒนา ด่านฯ รามอินทรา และด่านฯ รามอินทรา 1

ในงานวิจัยนี้เลือกพื้นที่ศึกษาคือ ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษสุขาภิบาล 5-2 ซึ่งเป็นด่านเก็บค่าผ่านทางขนาดเล็กที่มีปริมาณจราจรต่ำ กล่าวคือมีปริมาณจราจรต่ำกว่า 3,000 คัน/ชั่วโมง และมีระดับการให้บริการ (Level

of Service) อยู่ที่ระดับ D ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษนี้ได้รับการออกแบบช่อง Multi-Lane Free Flow (M-Flow) จำนวน 1 ช่องทาง



รูปที่ 1 แผนที่โครงข่ายทางพิเศษ (Expressway Network)

3.2 การสำรวจด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ

ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษสุขาภิบาล 5-2 ตั้งอยู่ในเขตทางพิเศษฉลองรัช มีจำนวนช่องเก็บค่าผ่านทางทั้งหมด 3 ช่อง แบ่งเป็นช่องเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด (MTC) จำนวน 1 ช่อง มีค่าความสามารถในการให้บริการเท่ากับ 480 คันต่อชั่วโมง และจำนวนช่องเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (ETC) จำนวน 2 ช่อง ดังแสดงในรูปที่ 2 มีค่าความสามารถในการระบายรถเท่ากับ 1,760 คันต่อชั่วโมง ส่งผลให้ค่าความจุโดยรวมของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษสุขาภิบาล 5-2 อยู่ที่ 2,240 คันต่อชั่วโมง

รูปที่ 2 ลักษณะทางกายภาพบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษสุขาภิบาล 5-2 ก่อนการปรับปรุงกายภาพหน้าด่านฯ

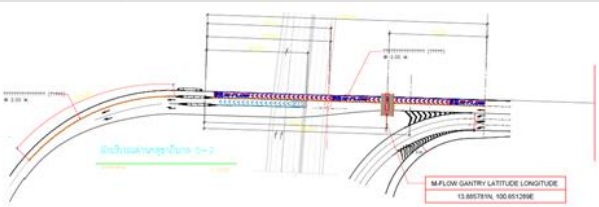
บริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษสุขาภิบาล 5-2 ปรับปรุงกายภาพเพื่อรองรับการเปิดระบบ Multi-Lane Free Flow (M-Flow) จำนวน 1 ช่อง โดยจัดให้อยู่ช่องขวาสุด ทำให้ในปัจจุบันแบ่งเป็นช่องเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด (MTC) จำนวน 1 ช่อง จำนวนช่องเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (ETC) จำนวน 1 ช่อง และจำนวนช่องเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติแบบไม่มีไม้กั้น (M-Flow) จำนวน 1 ช่อง ดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4

รูปที่ 3 ลักษณะทางกายภาพบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษสุขาภิบาล 5-2 ภายหลังการปรับปรุงกายภาพหน้าด่านฯ

รูปที่ 4 โครงเหล็กคร่อมช่องจราจร (Overhead Gantry) บริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษสุขาภิบาล 5-2

3.3 การพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจร

ในการศึกษานี้ใช้ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษสุขาภิบาล 5-2 เป็นฉากพื้นหลังเพื่อกำหนดจุดอ้างอิงและเส้นทางซ้อนทับเพื่อดำเนินการจำลองช่องจราจรและความเร็วจำกัดของทุกช่วงถนนให้ใกล้เคียงกับสภาพพื้นที่จริง ดังแสดงในรูปที่ 5 รูปที่ 6 และรูปที่ 7



รูปที่ 5 รูปแบบด่านสุขาภิบาล 5-2 ในกรณีการจัดเก็บค่าผ่านทาง 3 รูปแบบ

รูปที่ 6 ภาพถ่ายทางอากาศที่ใช้อ้างอิงเพื่อสร้างโครงข่ายแบบจำลอง

รูปที่ 7 ลักษณะโครงข่ายของแบบจำลองด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษสุขาภิบาล 5-2

การปรับเทียบแบบจำลองพบว่า ปริมาณจราจรเฉลี่ยทั้งในช่วงเวลาเร่งด่วนและนอกช่วงเวลาเร่งด่วนมีค่า GEH น้อยกว่า 5 สามารถอธิบายได้ว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความน่าเชื่อถือ สามารถประยุกต์ใช้เป็นตัวแทนของสภาพจราจรจริงได้ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การปรับเทียบปริมาณจราจรเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา

ช่วงเวลา	ช่องทาง	ประเภทรถ	ปริมาณจราจรเฉลี่ย (คันต่อชั่วโมง)		GEH (<5)
			จากสภาพจราจรจริง	จากแบบจำลอง	
เร่งด่วน	ETC	รถยนต์ 4 ล้อ	147	128	1.62
	MTC	รถยนต์ 4 ล้อ	216	197	1.32
	MTC	รถบรรทุก	6	3	1.41
นอกเร่งด่วน	ETC	รถยนต์ 4 ล้อ	106	97	0.89
	MTC	รถยนต์ 4 ล้อ	147	116	2.70
	MTC	รถบรรทุก	4	3	0.53

3.4 ปริมาณจราจรที่ใช้ในแบบจำลอง

ปริมาณจราจรที่เป็นตัวแทนในการประเมินสภาพจราจรด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษสุขาภิบาล 5-2 แบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลาเร่งด่วนและนอกช่วงเวลาเร่งด่วน เพื่อใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณผู้ใช้ทางที่เปลี่ยนมาจ่ายค่าธรรมเนียมผ่านทางด้วยระบบ M-Flow ในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยคาดการณ์ปริมาณจราจรในอนาคต [12] ปีที่ 5 และปีที่ 10 จากอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณจราจรต่อปีของทางพิเศษฉลองรัช ในช่วงปี 2560 – 2562 เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 4.25 ต่อปี

คาดการณ์สัดส่วนปริมาณผู้ใช้งาน M-Flow จากการเก็บแบบสอบถาม ซึ่งพบว่าจะมีผู้ที่เลือกใช้ M-Flow ในปีที่ 1 ร้อยละ 31.30 และจากอัตราการเพิ่มขึ้นของผู้ใช้งาน Easy pass ในช่วงปี 2554- 2558 ซึ่งเป็น 5 ปีแรกของการเปิดใช้บริการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 4.7 ต่อปี และในช่วงปี 2559 - 2562 ซึ่งเป็นช่วงหลังจากเปิดบริการไปแล้ว 5 ปี เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 1.7 ต่อปี [13] แต่เนื่องจากโครงข่ายทางพิเศษที่อยู่ในความดูแลของการทางพิเศษแห่งประเทศไทยยังไม่มีการเปิดให้บริการ M-Flow และเป็นระบบใหม่ที่กลุ่มตัวอย่างยังไม่คุ้นเคย เพื่อให้สถานการณ์มีความครอบคลุมมากยิ่งขึ้น จึงกำหนดขอบล่างและขอบบนของสัดส่วนผู้ใช้งาน M-Flow เพิ่มเติม

ดังนั้นปริมาณจราจรในแต่ละสถานการณ์ของปีที่ 1 ปีที่ 5 และปีที่ 10 ในช่วงเวลาเร่งด่วน และนอกช่วงเวลาเร่งด่วน ดังแสดงในตารางที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ปริมาณจราจรช่วงเวลาเร่งด่วน (คัน/ชั่วโมง)

การชำระเงิน	ETC	MTC		M-Flow	
ประเภทรถ	รถยนต์ 4 ล้อ	รถยนต์ 4 ล้อ	รถบรรทุก	รถยนต์ 4 ล้อ	รถบรรทุก
กรณีไม่มีโครงการ					
ปีที่ 1	153	225	6	-	-
ปีที่ 5	181	266	8	-	-
ปีที่ 10	222	327	9	-	-
กรณีมีโครงการ					
ปีที่ 1					
M-Flow 20.00%	123	180	5	76	1
M-Flow 31.30%	116	139	4	124	2
M-Flow 40.00%	92	135	4	151	3
ปีที่ 5					
M-Flow 40.00%	108	160	4	178	3
M-Flow 50.13%	90	133	4	223	4
M-Flow 60.00%	72	106	3	267	5
ปีที่ 10					
M-Flow 50.00%	111	163	5	274	5
M-Flow 58.64%	92	135	4	321	6
M-Flow 70.00%	67	98	3	383	7

ตารางที่ 5 ปริมาณจราจรนอกช่วงเวลาเร่งด่วน (คัน/ชั่วโมง)

การชำระเงิน	ETC	MTC		M-Flow	
ประเภทรถ	รถยนต์ 4 ล้อ	รถยนต์ 4 ล้อ	รถบรรทุก	รถยนต์ 4 ล้อ	รถบรรทุก
กรณีไม่มีโครงการ					
ปีที่ 1	111	153	4	-	-
ปีที่ 5	131	181	5	-	-
ปีที่ 10	161	222	6	-	-

การชำระเงิน	ETC	MTC		M-Flow	
ประเภทรถ	รถยนต์ 4 ล้อ	รถยนต์ 4 ล้อ	รถบรรทุก	รถยนต์ 4 ล้อ	รถบรรทุก
กรณีมีโครงการ					
ปีที่ 1					
M-Flow 20.00%	89	123	4	53	1
M-Flow 31.30%	85	94	3	86	2
M-Flow 40.00%	67	92	3	106	2
ปีที่ 5					
M-Flow 40.00%	79	109	3	125	2
M-Flow 50.13%	65	90	3	156	3
M-Flow 60.00%	53	72	2	187	4
ปีที่ 10					
M-Flow 50.00%	81	111	3	191	4
M-Flow 58.64%	67	92	3	224	4
M-Flow 70.00%	48	67	1	268	5

ผลลัพธ์ในช่วงเวลาเร่งด่วน	Avg Delay Time (sec/veh)	Avg Speed (km/hr)	Mean Queue (veh)
กรณีมีโครงการ			
ปีที่ 1			
M-Flow 20.00%	16.94	72.89	0.5
M-Flow 31.30%	14.64	73.67	0.38
M-Flow 40.00%	14.02	73.85	0.35
ปีที่ 5			
M-Flow 40.00%	14.3	73.8	0.41
M-Flow 50.13%	12.96	74.34	0.33
M-Flow 60.00%	11.57	74.75	0.25
ปีที่ 10			
M-Flow 50.00%	13.58	74.02	0.43
M-Flow 58.64%	12.48	74.4	0.34
M-Flow 70.00%	11.09	74.87	0.24

4. ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการกำหนดสถานการณ์เพื่อทำการทดสอบและประเมินสภาพจราจรก่อนและหลังการจำลองปรับเปลี่ยนรูปแบบจัดเก็บค่าผ่านทางพิเศษ ซึ่งในแต่ละรูปแบบจะต้องทำการปรับสัดส่วนผู้ใช้ระบบ M-Flow ตามที่กำหนดไว้

4.1 ผลการวิเคราะห์สภาพจราจรด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษสุขาภิบาล 5-2 ช่วงเวลาเร่งด่วน

การทดสอบประสิทธิภาพด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษสุขาภิบาล 5-2 ในช่วงเวลาเร่งด่วน ทั้งในรูปแบบปัจจุบันและมีการประยุกต์ใช้ระบบ M-Flow โดยพบว่ากรณีที่ไม่มีการปรับปรุงรูปแบบด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษจะส่งผลให้ค่าความล่าช้าเฉลี่ยในปัจจุบันเท่ากับ 21.41 วินาที/คัน และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละปี ซึ่งในปีที่ 10 จะมีค่าความล่าช้าเฉลี่ยเท่ากับ 30.29 วินาที/คัน เพิ่มขึ้นจากปีปัจจุบัน 41% แต่เมื่อมีการประยุกต์ใช้ระบบ M-Flow จะส่งผลให้ค่าความล่าช้าลดลง เมื่อเทียบในช่วงปีเดียวกัน (ปีที่ 10) และมีสัดส่วนผู้ใช้ M-Flow ถึง 70% เหลือ 11.09 วินาที/คัน หรือลดลงได้ 63% จากรูปแบบด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษที่มีเพียงระบบ ETC และ MTC ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์สภาพจราจรช่วงเวลาเร่งด่วน

ผลลัพธ์ในช่วงเวลาเร่งด่วน	Avg Delay Time (sec/veh)	Avg Speed (km/hr)	Mean Queue (veh)
กรณีไม่มีโครงการ			
ปีที่ 1	21.41	71.66	0.75
ปีที่ 5	22.56	71.27	0.97
ปีที่ 10	30.29	69.3	1.98

4.2 ผลการวิเคราะห์สภาพจราจรด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษสุขาภิบาล 5-2 นอกช่วงเวลาเร่งด่วน

การทดสอบประสิทธิภาพด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษสุขาภิบาล 5-2 นอกช่วงเวลาเร่งด่วน ทั้งในรูปแบบปัจจุบันและมีการประยุกต์ใช้ระบบ M-Flow โดยพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าวมีค่าความล่าช้าเฉลี่ยที่ค่อนข้างน้อย เนื่องด้วยปริมาณจราจรที่เบาบางกว่าช่วงเวลาเร่งด่วน ส่งผลให้กรณีที่ไม่มีการปรับปรุงรูปแบบด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษจะส่งผลให้ค่าความล่าช้าเฉลี่ยในปัจจุบันเท่ากับ 18.14 วินาที/คัน แต่อย่างไรก็ตามค่าความล่าช้ายังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปีเช่นเดียวกัน ซึ่งในปีที่ 10 จะมีค่าความล่าช้าเฉลี่ยเท่ากับ 20.59 วินาที/คัน เพิ่มขึ้นจากปีปัจจุบัน 14% แต่เมื่อมีการประยุกต์ใช้ระบบ M-Flow จะส่งผลให้ค่าความล่าช้าลดลง เมื่อเทียบในช่วงปีเดียวกัน (ปีที่ 10) และมีสัดส่วนผู้ใช้ M-Flow ถึง 70% เหลือ 10.13 วินาที/คัน หรือลดลงได้ 46% จากรูปแบบด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษที่มีเพียงระบบ ETC และ MTC ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์สภาพจราจรนอกช่วงเวลาเร่งด่วน

ผลลัพธ์นอกช่วงเวลาเร่งด่วน	Avg Delay Time (sec/veh)	Avg Speed (km/hr)	Mean Queue (veh)
กรณีไม่มีโครงการ			
ปีที่ 1	18.14	72.49	0.39
ปีที่ 5	19.58	72.07	0.54
ปีที่ 10	20.59	71.9	0.7
กรณีมีโครงการ			
ปีที่ 1			
M-Flow 20.00%	15.70	73.34	0.31
M-Flow 31.30%	14.02	73.79	0.25
M-Flow 40.00%	13.30	74.01	0.23

ผลลัพธ์นอกช่วงเวลาเร่งด่วน	Avg Delay Time (sec/veh)	Avg Speed (km/hr)	Mean Queue (veh)
ปีที่ 5			
M-Flow 40.00%	13.63	73.99	0.29
M-Flow 50.13%	12.05	74.5	0.23
M-Flow 60.00%	10.75	75.03	0.16
ปีที่ 10			
M-Flow 50.00%	12.67	74.47	0.29
M-Flow 58.64%	11.47	74.83	0.23
M-Flow 70.00%	10.13	75.19	0.15

5. สรุปผลการศึกษา

การเปิดให้บริการระบบ M-Flow จะส่งผลให้ความล่าช้าลดลงได้มากกว่าการไม่มีโครงการ เนื่องจากระบบ M-Flow ไม่มีไม้กั้น รถจึงไม่จำเป็นจะต้องชะลอความเร็วลงก่อนเข้าสู่ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ รวมทั้งอัตราการให้บริการของระบบ M-Flow เร็วกว่าระบบ MTC 5 เท่า และเร็วกว่าระบบ ETC 2.5 เท่า จึงส่งผลให้ความล่าช้าลดลงในทันทีที่เริ่มเปิดให้บริการ และเมื่อสัดส่วนผู้ใช้งานระบบ M-Flow เพิ่มขึ้นก็ยิ่งทำให้ความล่าช้าลดลงได้มากขึ้น โดยจะพบว่าแม้สัดส่วนของผู้ใช้ M-Flow เพียงร้อยละ 20 ซึ่งน้อยกว่าที่คาดการณ์จากแบบสอบถาม ก็สามารถลดความล่าช้าในช่วงเวลาเร่งด่วนลงได้ถึง 4.47 วินาทีต่อคัน คิดเป็นร้อยละ 20.88 และนอกช่วงเวลาเร่งด่วนลดลงได้ถึง 2.44 วินาทีต่อคัน หรือคิดเป็นร้อยละ 13.45

เมื่อเปรียบเทียบค่าความล่าช้า พบว่าหากสัดส่วนผู้ใช้งานระบบ M-Flow มากขึ้น จะทำให้ค่าความล่าช้าลดลงมากกว่า โดยพบว่าในแต่ละปีที่คาดการณ์ หากมีสัดส่วนผู้ใช้ M-Flow เพิ่มขึ้นร้อยละ 20 จะทำให้ความล่าช้าลดลงได้ลึ่ย 2-3 วินาทีต่อคัน นอกจากนี้ในช่วงเวลาเร่งด่วนการเปิดให้บริการระบบ M-Flow ทำให้ค่าความล่าช้าลดลงมากกว่านอกช่วงเวลาเร่งด่วน เนื่องจากในช่วงเวลาเร่งด่วนมีปริมาณรถที่ผ่านเข้าสู่ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษมากกว่านอกช่วงเวลาเร่งด่วน เมื่อเปรียบเทียบค่าความล่าช้าที่ลดลง จึงพบว่าระบบ M-Flow สามารถลดลงได้มากกว่าในช่วงเวลาเร่งด่วน

ทั้งนี้เมื่อการทางพิเศษแห่งประเทศไทยเปิดให้บริการระบบ M-Flow แล้ว ควรมีการวัดผลปริมาณจราจรและสัดส่วนผู้ใช้งาน M-Flow ที่เกิดขึ้นจริงเพื่อเปรียบเทียบกับผลการคาดการณ์ในแบบจำลอง และปรับเทียบให้มีความถูกต้องมากขึ้นเพื่อใช้ในการวางแผนสำหรับการออกแบบจำนวนช่องในสายทางอื่น และการเพิ่มจำนวนช่องทาง M-Flow ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณพนักงานและลูกจ้างการทางพิเศษแห่งประเทศไทยทุกท่านที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

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] การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (2562). *ผลการดำเนินงานการแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษตามแนวนโยบายกระทรวงคมนาคม*. การทางพิเศษแห่งประเทศไทย.

[5] Transportation Research Record. (2016). *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Record Business, pp.259.

[6] พรรณทิพา พันธ์ยิ้ม, นันทวรรณ พิทักษ์พานิช, เอกรินทร์ เหลืองวิลัย, เทพฤทธิ์ รัตนปัญญากร (2561). การประเมินผลกระทบด้านจราจรของด่านเก็บค่าผ่านทางโดยการจำลองสถานการณ์จราจร: กรณีศึกษาด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษวงแหวนรอบนอก (บางแก้ว) ทางออกทางพิเศษบูรพาวิถี. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 23*, นครนายก, วันที่ 18 – 20 กรกฎาคม 2561.

[7] TSS-Transport Simulation Systems (2016). AIMSUN 8.1 User's Manuals.

[8] The Highways Agency (1996). Design Manual for Roads and Bridges (DMRB) Vol. 12, Department for Transport, UK.

[9] Poon, N. and Dia, H. (2005). Evaluation of Toll Collection Performance using Traffic Simulation. The *27th Conference of Australian Institutes of Transport Research (CAITR 2005)*, Brisbane, 7-9 December.

[10] Lueanpech, P., Pleongsrithong, J., Punyim, P., Leangvilai, E. and Ruttanapunyagorn, T. (2019). Evaluation of Single Lane Free Flow (SLFF) for Electronic Toll Collection System. *The 9th International Congress on Engineering and Information (ICEAI 2019)*, Osaka, Japan, 7-9 May 2019.

[11] ธีรพจน์ ศิริไพโรจน์, เอกชัย สุมาลี, สุวิชาณ สุระบาล (2559). งานศึกษาด้านจราจรเพื่อจัดทำแผนแม่บทด้านการพัฒนาระบบจัดเก็บค่าธรรมเนียมบนทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2559, หน้า 109-120.

[12] การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (2563). รายงานสถิติปริมาณจราจร รายได้ค่าผ่านทางพิเศษและอุบัติเหตุบน ทางพิเศษ ไตรมาสที่ 4 ปีงบประมาณ 2563.

[13] การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (2562). รายงานข้อมูลเกี่ยวกับ ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษอัตโนมัติโดยใช้บัตร EASY PASS เดือนกุมภาพันธ์ 2562.