การวิเคราะห์ระบบเก็บค่าผ่านทางแบบผสมผสาน โดยใช้แบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค: กรณีศึกษาด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษดินแดง

Analyzing a mixed toll collection system using traffic microsimulation models: A case study of Din Daeng toll plaza

ธีร์ดนัย อินดี* และ จำรัส พิทักษ์ศฤงคาร

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Teedanai Indee* and Jumrus Pitaksringkarn

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

***Corresponding Author E-mail:** indeetee@gmail.com

Received: November 25, 2020 **Revised:** January 20, 2021 **Accepted:** January 27, 2021

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและพัฒนาแบบจำลองสำหรับศึกษาพฤติกรรมของยานพาหนะที่ใช้บริการทางพิเศษบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษดินแดง (พื้นราบ) ในสภาพการจราจรปัจจุบัน ซึ่งมีระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษ 2 ระบบ คือ ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด (Manual Toll Collection : MTC) และระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Electronic Toll Collection : ETC) และศึกษาความเหมาะสมของการจัดวางตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษในปัจจุบัน และนำผลการศึกษาความเหมาะสมของการจัดวางตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษไปใช้สำหรับออกแบบระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษที่สามารถจัดการกับสภาพการจราจรบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษดินแดง (พื้นราบ) ในปี พ.ศ. 2570 ซึ่งการสร้างและการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในงานวิจัยนี้ โดยใช้โปรแกรม VISSIM และใช้ข้อมูลจากการสำรวจในภาคสนาม ซึ่งผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของการจัดวางตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษและรูปแบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษ เพื่อรองรับปริมาณจราจรในปี พ.ศ. 2570 พบว่า การจัดวางตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษในปัจจุบัน คือ ตำแหน่งที่ติดตั้งระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (ETC) อยู่บริเวณกึ่งกลางของระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษ จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการทางพิเศษและช่วยให้ผู้ใช้บริการทางพิเศษลดระยะเวลาในการเดินทางผ่านด่าน และในปี พ.ศ. 2570 ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษที่สามารถแก้ไขปัญหาและจัดการกับสภาพการจราจรบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษดินแดง (พื้นราบ) ได้ คือ ระบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบ Multi-Lane Free Flow (MLFF) จำนวน 9 ช่องจราจร ตำแหน่งติดตั้งบริเวณกึ่งกลางของระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษผสมผสานกับระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด (MTC) จำนวน 2 ตู้ ซึ่งจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการให้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษดินแดง (พื้นราบ) ให้มีอัตราการไหล 5,125 คัน/ชั่วโมง สามารถใช้ระยะเวลาในการเดินทางผ่านด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษเพียง 24 วินาที และสามารถวิ่งด้วยความเร็ว

เฉลี่ย 49.04 กิโลเมตร/ชั่วโมง รวมทั้งทำให้มีความยาวแถวคอยเพียง 65.50 เมตร โดยผลจากการวิเคราะห์สามารถนำไปเป็นแนวทางสำหรับพัฒนาและปรับปรุงระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษให้สอดคล้องกับสภาพการจราจรบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

คำสำคัญ : ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ แบบจำลองระดับจุลภาค ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ ระบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบ Multi-Lane Free Flow

Abstract

The objectives of this study are to create and develop a traffic model at Din Daeng expressway toll plaza (ground level) in which the toll system can separate into Manual Toll Collection (MTC) and Electronic Toll Collection (ETC). Another objective is to study the appropriate position of toll booths that can effectively manage increasing traffic at the toll plaza in 2027. A microscopic traffic simulation model is developed by using VISSIM, traffic data collection, and fieldwork surveys. The study shows that Electronic Toll Collection (ETC) placing in the middle of the Toll collection system is the most effective position that can reduce toll collecting time and also increase service capability. In 2027, The Toll Collection system that can manage and solve traffic problems at the Din Daeng Expressway toll plaza (ground level) is Multi-Lane Free-Flow (MLFF), Which consists of 9 ETC toll booths installed in the middle of the collection system and mixing with 2 MTC toll booths. The result shown that the traffic flow at the toll plaza is 5,125 passenger car per hour and the duration of toll collection is reduced to 24 seconds. The average speed of vehicles can be up to 49.04 km/hr and the queue length is only 65.50 meters. Moreover, This study can be used as a guideline to develop other toll collection systems that can effectively improve traffic conditions.

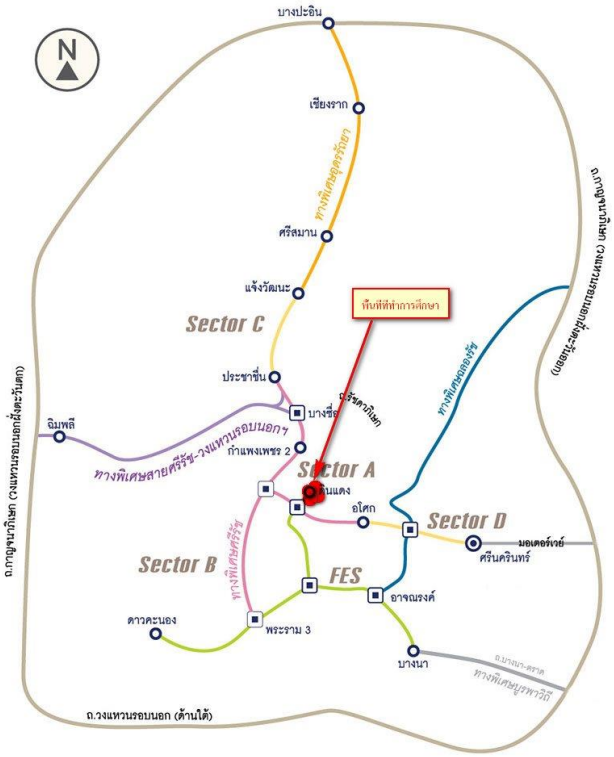
Keywords: Expressway Toll Plaza, Micro Simulation Model, Manual Toll Collection, Electronic Toll Collection, Multi-Lane Free Flow.

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมา

กรุงเทพมหานครและปริมณฑลประสบปัญหาการจราจรติดขัด เป็นปัญหาที่เกิดกับคนกรุงเทพฯ และมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนาพื้นที่ใช้สอยในเขตเมืองที่หนาแน่น กอปรกับปริมาณของยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่พื้นผิวจราจรในระดับดินไม่สามารถรองรับปริมาณยานพาหนะที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นได้ นอกจากนี้การขยายตัวของเศรษฐกิจในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ยังก่อให้เกิดกิจกรรมในเขตเมืองของกรุงเทพฯและปริมณฑลที่หนาแน่น ทำให้จำนวนประชากรเกิดการกระจุกตัวอยู่ในพื้นที่เขตเมืองเพิ่มสูงขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดและส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และคุณภาพชีวิต ซึ่งในขณะนี้ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้เล็งเห็นความสำคัญในการศึกษาหาแนวทางเพื่อปรับปรุง

และแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล โดยปัจจุบันการทางพิเศษแห่งประเทศไทยมีการขยายโครงข่ายการให้บริการครอบคลุมทุกพื้นที่ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ทั้งหมด 8 สายทาง รวมระยะทางทั้งสิ้น 224.6 กิโลเมตร ซึ่งพบว่ามีการเติบโตของปริมาณยานพาหนะที่ต้องการใช้บริการระบบทางพิเศษค่อนข้างสูง โดยปี พ.ศ. 2560 มีปริมาณจำนวนยานพาหนะที่ใช้บริการทางพิเศษเฉลี่ยต่อวันสูงถึง 1,839,145 เที่ยว/วัน [1] โดยบทความนี้รวบรวมข้อมูล เพื่อจำลองสภาพจราจรบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษดินแดง (พื้นราบ) ให้สอดคล้องตามสภาพแวดล้อมจริง ซึ่งมีระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษ 2 ระบบ คือ ระบบเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC) และแบบอัตโนมัติ (ETC) ซึ่งการทำงานของทั้ง 2 ระบบที่เปิดให้บริการในปัจจุบันนั้น ทำให้ยานพาหนะจำเป็นต้องหยุดรถหรือชะลอความเร็วเพื่อชำระค่าผ่านทาง ส่งผลให้เกิดแถวคอยสะสมจำนวนมาก โดยเฉพาะในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน และต้องการพัฒนาแบบจำลองเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาปริมาณจราจรที่คาดว่าจะเพิ่มสูงขึ้นในปี พ.ศ. 2570 โดยออกแบบระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษด้วยการนำระบบผ่านทางพิเศษแบบ Multi-Lane Free Flow (MLFF) มาใช้ในการแก้ไขปัญหา เพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงคมนาคมที่เร่งผลักดันให้หน่วยงานของภาครัฐและเอกชนดำเนินการพัฒนาระบบเก็บค่าผ่านทางโดยใช้ระบบ Multi-Lane Free Flow (MLFF) ทั้งนี้ยังศึกษาความเหมาะสมของตำแหน่งการจัดวางตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษที่เปิดให้บริการในปัจจุบัน ซึ่งในการสร้างและพัฒนาแบบจำลองจะใช้โปรแกรม Verkehr In Stadten – SIMulationsmodell (VISSIM) สำหรับวิเคราะห์แนวทางเพื่อช่วยแก้ปัญหาและจัดการกับสภาพการจราจรบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษในอนาคต



รูปที่ 1 แสดงโครงข่ายทางพิเศษและทางพิเศษระหว่างเมืองของประเทศไทยในปัจจุบัน และพื้นที่ที่ทำการศึกษา

1.2 จุดประสงค์ของการทำวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับศึกษาพฤติกรรมยานพาหนะที่ผ่านด่านเก็บค่าผ่านทาง 2 ระบบที่เปิดให้บริการในปัจจุบัน คือ ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด (Manual Toll Collection : MTC) และระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Electronic Toll Collection : ETC)

1.2.2 เพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับศึกษาความเหมาะสมของตำแหน่งการจัดวางตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด (Manual Toll Collection : MTC) และแบบอัตโนมัติ (Electronic Toll Collection : ETC) ที่เปิดให้บริการในปัจจุบัน

1.2.3 เพื่อพัฒนาแบบจำลองด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษสำหรับใช้วิเคราะห์รูปแบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบผสมผสานระหว่างแบบเงินสด (Manual Toll Collection : MTC) และแบบ Multi-Lane Free Flow (MLFF)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 สร้างแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคโดยใช้โปรแกรม VISSIM

1.3.2 การเลือกพื้นที่ทำการศึกษา โดยเลือกศึกษาด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษดินแดง (พื้นราบ) ทางพิเศษเฉลิมมหานคร ซึ่งไม่เปลี่ยนแปลงจำนวนช่องจราจรและไม่เพิ่มขนาดพื้นที่ให้บริการ

1.3.3 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของรูปแบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด (Manual Toll Collection : MTC) ผสมกับแบบอัตโนมัติ (Electronic Toll Collection : ETC) และแบบเงินสด (Manual Toll Collection : MTC) ผสมกับแบบ Multi-Lane Free Flow (MLFF) ของปริมาณจราจรที่คาดการณ์ในปี พ.ศ. 2570

1.3.4 การเลือกรูปแบบของระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษมิได้คำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุน

2. งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Astarita et al. (2001) [2] ได้วิเคราะห์ผลการใช้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางที่ใช้งานด่านเก็บค่าผ่านทางรูปแบบ Manual Collection System และ Electronic Toll Collection ที่มีความแตกต่างกันของอัตราส่วน ซึ่งในการศึกษาได้ทำการวิเคราะห์ผลจากปริมาณจราจรบริเวณขาเข้า พฤติกรรมของผู้ขับขี่ยานพาหนะ และลักษณะทางกายภาพบริเวณขาเข้า โดยเชื่อว่าเมื่อแถวคอยล้นจากช่วงปรับช่องจราจร (transitional lane) จะส่งผลกระทบต่อความสามารถในการให้บริการของด่านเก็บค่าผ่านทางแบบ Electronic Toll Collection เนื่องจากมีการจราจรติดขัดและปิดกั้นไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้นำไปสู่การวางแผนและออกแบบการจัดวางช่องเก็บค่าผ่านทาง

Poon and Dia (2005) [3] วิเคราะห์ยานพาหนะในกรุงบริสเบนที่คาดการณ์ภายในปี 2011 โดยสมมติการแก้ไขปัญหาจราจรด้วยระบบการขนส่งอัจฉริยะ (Intelligent Transport System : ITS) เพื่อปรับปรุงความสามารถของด่านจัดเก็บผ่านทางในปัจจุบันโดยใช้โปรแกรม AIMSUN สำหรับประเมินผลการปฏิบัติงานการจัดเก็บค่าผ่านทาง ซึ่งใช้ข้อมูลความล่าช้าบริเวณตู้จัดเก็บค่าผ่านทางและเก็บข้อมูลช่วงระยะเวลาในภาคสนาม และวิเคราะห์ผลกระทบของการจัดเก็บค่าผ่านทางระบบอัตโนมัติที่มีต่อการไหลของปริมาณจราจรในอนาคต ผลการศึกษา พบว่าเส้นทางเข้าสู่ด่านจัดเก็บค่าผ่านทางระบบอัตโนมัติแบบ 4 ช่องจราจรสามารถรองรับการไหลของปริมาณจราจรในปี 2011 ได้

Plengsrithong et al. (2020) [4] ได้ศึกษาการประเมินมาตรการที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษอโศก 3 และ อโศก 4 บนทางพิเศษศรีรัช ด้วยการพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค โดยใช้โปรแกรม AIMSUN ผลการศึกษา พบว่า การเพิ่มพนักงานเก็บและทอนเงินค่าผ่านทางก่อนเข้าสู่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบ MTC จำนวน 10 คนต่อช่องทาง กอปรการยกเลิกไม้กั้น NSL ซึ่งประยุกต์ใช้กับด่านเก็บผ่านทางพิเศษ อโศก 3 ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนตอนเย็น ส่งผลให้ปริมาณจราจรบริเวณหน้าด่านเก็บผ่านทางพิเศษ อโศก 3 เพิ่มสูงขึ้นจากเดิม 0.52% และการเพิ่มพนักงานเก็บและทอนเงินค่าผ่านทางก่อนเข้าสู่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบ MTC จำนวน 5 คนต่อช่องทาง กอปรกับการยกเลิกไม้กั้น NSL ซึ่งประยุกต์ใช้กับด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ อโศก 4ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนตอนเช้า ส่งผลให้ปริมาณจราจรบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ อโศก 4 เพิ่มสูงขึ้นจากเดิม 12.73%

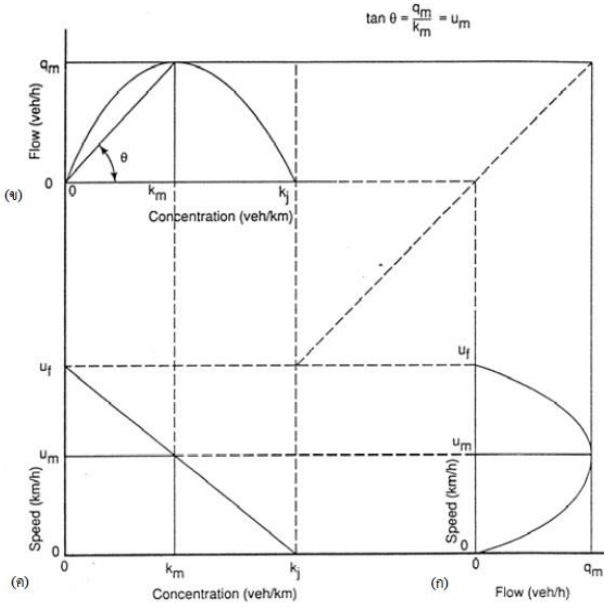
Wichiensin et al. (2017) [5] ได้ศึกษาจำลองพื้นที่บริเวณแยกราชประสงค์ โดยใช้ โปรแกรม VISSIM ในการสร้างแบบจำลองระดับจุลภาค และทำการปรับเทียบแบบจำลอง ด้วยความยาวแถวคอย ระยะเวลาในการเดินทาง และปริมาณจราจร พบว่าการปิดแยกราชประสงค์ส่งผลให้ระยะเวลาในการเดินทางเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นทั้งโครงข่ายที่ทำการศึกษา ซึ่งในส่วนของถนนเพชรบุรีจะส่งผลให้ระยะเวลาในการเดินทางเพิ่มสูงขึ้นมากที่สุด คือ 50.69 นาที อีกทั้ง จะส่งผลให้ถนนวิทยุเปลี่ยนแปลงไปในทางที่แย่ลงมากที่สุด โดยผลของแก้ไขปัญหาด้วยทางเลือกต่าง ๆ พบว่า แนวทางแก้ไขปัญหาควรกระจายการจราจรให้ยานพาหนะบริเวณแยกวิทยุที่มีความต้องการมุ่งเข้าสู่ถนนวิทยุ ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 75 ส่วนยานพาหนะที่คงเหลือให้ปรับเปลี่ยนออกไปในทิศทางอื่นในปริมาณที่เท่า ๆ กัน ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะส่งผลให้ความเร็วโดยรวมของทั้งโครงข่ายมีค่าสูงอยู่ที่ 16 กม./ชม.

Karitnathinee (2012) [6] ได้ศึกษาการวิเคราะห์ความจุของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษประชาชื่น โดยวิเคราะห์

ระบบการเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด และระบบการเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ ซึ่งใช้ค่าเวลาในการใช้บริการ (Dwell Time) และการชะลอความเร็ว (Deceleration Speed) มาพิจารณาเป็นตัวแปรหลัก โดยใช้โปรแกรม VISSIM เป็นเครื่องมือที่ใช้ในวิเคราะห์หาค่าความจุของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษทั้งสองระบบ จากผลการวิเคราะห์พบว่า เวลาในการใช้บริการและการชะลอความเร็วบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางมีผลต่อค่าความจุของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ ซึ่งระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสดรถมีระยะเวลาที่หยุดเพื่อใช้บริการด่านส่งผลให้มีความจุน้อยกว่าระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติรถเพียงชะลอความเร็ว ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าความจุของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษประชาชื่น ระบบเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดมีค่าความจุประมาณ 400 คันต่อชั่วโมงต่อตู้ และค่าความจุของด่านเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติประมาณ 994 คันต่อชั่วโมงต่อตู้

2.1 ความสัมพันธ์พื้นฐานของกระแสจราจร [7]

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับกระแสจราจร ประกอบด้วย ความหนาแน่น (Density) ความเร็ว (Speed) และปริมาณจราจร (Volume) โดยความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ของกระแสจราจรแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจร (Volume) ความเร็ว (Speed) และความหนาแน่น (Density) ของกระแสจราจร

2.2 ลักษณะทั่วไปของสภาพการจราจร (Traffic Characteristics) [8]

คือ ค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้อธิบายลักษณะด้านการจราจร รวมถึงการคำนวณเพื่อวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่าง ๆ โดยการวิเคราะห์กระแสจราจรจะวิเคราะห์ด้วยความสัมพันธ์ของตัวแปร 3 ค่า หลัก ๆ ประกอบด้วย ความเร็ว (Speed, u) ความหนาแน่น (Density, k) และอัตราการไหล (Flow Rate, q) ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ยังมีค่าตัวแปรอื่น ๆ ที่เป็นผลจากตัวแปรหลัก ซึ่งประกอบด้วย ช่วงห่าง (Headway) แบ่งเป็น Time Headway และ Space Headway ซึ่งตัวแปรที่สำคัญที่ใช้ในการอธิบายลักษณะสภาพการจราจร มีดังนี้

2.2.1 อัตราการไหล (Flow Rate ; q)

คือ จำนวนยานพาหนะที่ขับเคลื่อนบนถนนช่วงใดช่วงหนึ่ง อยู่ในช่วงเวลาที่กำหนด มีหน่วยเป็น คัน/หน่วยเวลา

2.2.2 ความหนาแน่น (Density; k)

คือ จำนวนของยานพาหนะที่เดินทางในช่วงของความยาวถนนที่กำหนดและช่วงเวลาที่กำหนด จะมีหน่วยเป็น คัน/กิโลเมตร (vpk) หรือ คัน/กิโลเมตร/ช่องจราจร (vpkpl)

2.2.3 ความเร็ว (Speed, u)

คือ อัตราการเคลื่อนที่ของยานพาหนะต่อหน่วยเวลา โดยนิยมกำหนดหน่วยเป็น กิโลเมตร/ชั่วโมง (km/hr) หรือ เมตร/วินาที (m/s) โดยกระแสจราจรของยานพาหนะในแต่ละคันจะแล่นด้วยความเร็วที่ต่างกัน จึงจำเป็นต้องใช้ค่าความเร็วเฉลี่ยเป็นค่าตัวแทนของความเร็วยานพาหนะทั้งหมด

2.2.4 ระยะห่าง (Spacing)

คือ ระยะระหว่างยานพาหนะที่แล่นตามติดกันมา ซึ่งการวัดค่าระยะห่างจะวัดจากจุดอ้างอิงที่แน่นอนบนยานพาหนะคันที่ 1 ไปจนถึงตำแหน่งเดียวกันของยานพาหนะคันที่ 2 กำหนดให้มีหน่วยเป็น เมตร

2.2.5 ช่วงห่าง (Headway)

คือ ระยะห่างของช่วงเวลาของยานพาหนะที่แล่นตามกัน ซึ่งผ่านจุดอ้างอิงที่ได้กำหนดไว้ กำหนดให้มีหน่วยเป็น วินาที

ทั้งนี้การวิเคราะห์สภาพการจราจรในระดับมหภาค (Macroscopic Parameters) มีตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ความเร็ว (Speed) ความหนาแน่น (Density) และปริมาณจราจรและอัตราการไหล (Traffic Volume and Rate of Flow) และตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์สภาพการจราจรในระดับจุลภาค (Microscopic Parameters) ได้แก่ ช่วงห่าง (Headway) ความเร็วของยวดยาน (Speed) และระยะห่าง (Spacing)

2.3 ระบบการผ่านทางพิเศษอัตโนมัติในต่างประเทศ [9]

2.3.1 ประเทศสหรัฐอเมริกา

1) E-Zpass คือ การเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติที่ผู้ใช้ทางสามารถเลือกรูปแบบที่ต้องลงทะเบียนและไม่ลงทะเบียนก็ได้ กรณีที่เลือกรูปแบบลงทะเบียนผู้ใช้ทางสามารถลงทะเบียนได้หลายรูปแบบ และสามารถคำนวณค่าผ่านทางพิเศษได้หลายประเภท และสามารถนำไปใช้สำหรับชำระค่าแมคโดนัลด์และพื้นที่จอดรถได้ด้วย

2) EZ TAG ถูกใช้เฉพาะที่เมืองฮูสตันไม่สามารถใช้ร่วมได้กับระบบ E-Zpass ได้ ลักษณะการทำงานของระบบ EZ TAG จะคล้ายกับเซ็นเซอร์ที่ติดไว้ประจำตัวรถยนต์เฉพาะคัน ๆ นั้น โดยจะใช้ดาวเทียมในการติดตามการเคลื่อนไหวของรถ ซึ่งผู้ใช้ทางที่ไม่ได้ติดตั้งระบบนี้จะชำระเงินค่าผ่านทางพิเศษมากกว่า

3) FASTRAK คือ ระบบที่ใช้งานในรัฐแคลิฟอร์เนียในส่วนที่เป็นสะพาน โดยระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติชนิดนี้ทุกช่องทางจราจรจะติดตั้งเครื่องอ่านทั้งช่องเก็บเงินปกติ และในช่อง FASTRAK และผู้ใช้งานระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติชนิดนี้จะได้รับส่วนลด

4) I-PASS คือ ระบบที่เปิดใช้ในรัฐอิลลินอยส์ เป็นระบบที่คล้ายกับระบบ E-ZPass มีการใช้สัญญาณดาวเทียมเหมือนกัน แต่มีความแตกต่างกันตรงที่ระบบ E-ZPass ชำระค่าพื้นที่จอดรถได้ แต่ระบบ I-PASSไม่สามารถชำระค่าพื้นที่จอดรถได้

2.3.2 ประเทศมาเลเซีย

1) Touch'n Go คือ การเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติที่ใช้บัตรอิเล็กทรอนิคส์ สำหรับชำระค่าผ่านทางและสามารถชำระค่าที่จอดรถในห้างสรรพสินค้า หรือแม้แต่ที่จอดรถภายในสนามบิน

2) Smart TAG เป็นระบบเก็บค่าผ่านทางที่มีวัตถุประสงค์เพื่อทดแทนระบบ Touch'n โดยลักษณะการทำงานจะทำให้ผู้ใช้บริการสามารถลดระยะเวลาชำระค่าผ่านทางได้ ด้วยการใช้งานของ OBU ร่วมกับ Smart Card

3) Multi-Lane Free Flow เมื่อเปรียบเทียบกับระบบ Smart TAG แล้ว ระบบ Multi-Lane Free Flow จะสามารถผ่านได้รวดเร็วกว่า ซึ่งลักษณะการทำงานของระบบต้องมีการติดตั้งกล่องและอุปกรณ์อ่านสัญญาณไว้บนโครงเหล็กเหนือช่องจราจร และสื่อสารด้วยคลื่น Microwave ซึ่งระบบนี้จะทำให้ยานพาหนะผ่านทางโดยไม่ต้องชะลอความเร็วอย่างเช่นระบบ Smart TAG

2.3.3 ประเทศญี่ปุ่น

Japan Expressway Corporation (JPEC) เป็นระบบเดียวที่ใช้งานกันทั้งประเทศ ซึ่งช่วยให้สภาพการจราจรบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางลดความแออัดลง โดยระบบนี้จะทำให้ยานพาหนะไม่จำเป็นต้องหยุดรถเพื่อชำระค่าผ่านทาง ด้วยการใช้เสาสัญญาณ Antenna OBU และเครื่องเสียบบัตร ทั้งนี้ บัตรสามารถนำไปใช้กับยานพาหนะคันอื่น ๆ ได้ แต่มีค่าใช้จ่ายสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ที่ค่อนข้างสูง อีกทั้งไม่สามารถชำระค่าพื้นที่จอดรถได้

2.3.4 ประเทศอังกฤษ

ระบบ M6 Toll เป็นระบบจัดเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติในเส้นทางมอเตอร์เวย์ทางด้านตะวันตก ซึ่งลักษณะการทำงานของระบบนี้ผู้ใช้งานจำเป็นต้องซื้อ TAG พร้อมทั้งเติมเงินล่วงหน้า และเมื่อใช้งานจะได้รับส่วนลดร้อยละ 5 เมื่อเปรียบเทียบกับการชำระค่าผ่านทางแบบเงินสด

2.4 ระบบทางพิเศษและระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษประเทศไทย [10]

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย คือหน่วยงานที่รับผิดชอบในการดำเนินการก่อสร้างทางพิเศษและให้บริการทางพิเศษสำหรับยานพาหนะ เพื่ออำนวยความสะดวก รวดเร็ว และปลอดภัย โดยปัจจุบันได้เปิด

ให้บริการจำนวน 8 สายทาง ประกอบด้วย ทางพิเศษเฉลิมมหานคร ทางพิเศษศรีรัช ทางพิเศษฉลองรัช ทางพิเศษบูรพาวิถี ทางพิเศษอุดรรัถยา ทางพิเศษกาญจนาภิเษก ทางพิเศษสายบางนา-อาจณรงค์ และทางพิเศษสายศรีรัช-วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร ระยะทางรวมทั้งสิ้น 224.6 กิโลเมตร โดยมีระบบการเก็บค่าผ่านทาง 2 ระบบ ดังนี้

2.4.1 ระบบเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC : MANUAL TOLL COLLECTION) หมายถึง ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษที่ใช้แรงงานของพนักงานปฏิบัติงาน โดยยานพาหนะจะผ่านด่านเก็บค่าผ่านทางได้ต้องชะลอและหยุดเพื่อชำระเงินให้กับพนังงาน และไม้กั้นจึงจะเปิดให้ยานพาหนะแล่นผ่านไปได้

2.4.2 ระบบเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ (ETC : ELECTRONICS TOLL COLLECTION) หมายถึง ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษที่ไม่จำเป็นต้องใช้พนักงานปฏิบัติงาน โดยผู้ใช้ทางเพียงแค่ชะลอความเร็ว ระบบจะตัดเงินค่าผ่านทางจากยอดเงินในบัตร Easy Pass ที่ผู้ใช้บริการได้รับตั้งแต่ลงทะเบียนสมัครใช้บริการ ซึ่งจะสามารถแก้ปัญหาสภาพการจราจรที่ติดขัดบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษได้

2.5 ระบบผ่านทางแบบ Multi-Lane Free Flow (MLFF)

คือ การพัฒนาระบบเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ (Electronic Toll Collection) ระดับสูง รวมถึงการพัฒนาการตัดเงินค่าผ่านทาง การตรวจจับยานพาหนะ และการอ่านป้ายทะเบียน โดย On Board Unit (OBU) และตัวจับสัญญาณจะมีหน้าที่สำหรับตรวจจับยานพาหนะและทำการตัดเงินค่าผ่านทาง โดยสื่อสารด้วยคลื่น Microwave ซึ่งระบบผ่านทางนี้จะทำให้ผู้ใช้บริการทางพิเศษสามารถผ่านทางได้เร็วยิ่งขึ้น โดยไม่ต้องหยุดรถและไม่ต้องชะลอความเร็วเพื่อชำระค่าผ่านทาง [11]

2.6 แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

คือ การสร้างแบบจำลองลักษณะและพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของยานพาหนะในแต่ละประเภทบนโครงข่ายถนนที่เกิดขึ้นจริง เพื่อนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์สภาพการจราจร โดยการสร้างแบบจำลองนั้นเป็นการนำเสนอภาพของสภาพการจราจรด้วยวิธีการเลือกสุ่มตัวอย่าง โดยวิธีการสังเกตและการเก็บรวบรวมข้อมูลสถิติ ซึ่งการจำลองลักษณะและพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของยานพาหนะจะทำการพิจารณาเป็นช่วงเวลาย่อย ๆ (time step) ตามหลักพื้นฐานในการเคลื่อนที่และพฤติกรรมในการขับขี่ของยานพาหนะแต่ละคัน [12]

2.7 โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค VISSIM

Verkehr In Städten – SIMulationsmodell (VISSIM) ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท PTV หรือ Planung Transport Verkehr โดยถูกพัฒนาครั้งแรกในช่วงต้นทศวรรษที่ 1970 ที่ University of Karlsruhe ประเทศเยอรมณี ซึ่งเป็นชุดโปรแกรมที่ใช้สำหรับวางแผนในงานด้านวิศวกรรมจราจรและการคมนาคมขนส่ง และใช้สำหรับการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคทั้งในระบบทางด่วนแบบเอนกประสงค์และในระบบโครงข่ายถนนในเขตเมือง เนื่องจากความสามารถของโปรแกรม VISSIM นั้นมีมากมายทั้งความสามารถในการจำลองและความสามารถในการวิเคราะห์สภาพการจราจรเงื่อนไขและรูปแบบต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ด่านเก็บเงินค่าผ่านทาง ทางต่างระดับ และสภาพการจราจรบริเวณวงเวียน เป็นต้น ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลอง ประกอบด้วย ตัวชี้วัดประสิทธิภาพด้านการจราจรต่าง ๆ อาทิเช่น ปริมาณจราจร ความล่าช้าในการเดินทาง ความยาวแถวคอย เวลาในการเดินทาง ความเร็วเฉลี่ย เป็นต้น [13]

โปรแกรม VISSM ประกอบด้วยโปรแกรมย่อยจำนวน 2 โปรแกรมที่ทำหน้าที่แตกต่างกัน [14] ดังนี้

(1) Traffic Simulator หรือโปรแกรมสร้างการจำลองสภาพจราจร ซึ่งนับว่าเป็นโปรแกรมย่อยหลัก ๆ ของโปรแกรม VISSIM สามารถสร้างการจำลองสภาพจราจรด้วยการอาศัยชุดคำสั่งทางตรรกศาสตร์ของพฤติกรรมการขับขี่ยานพาหนะ ซึ่งโปรแกรมย่อม Traffic Simulator สามารถปรับปรุงสถานการณ์ในแบบจำลองให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่สามารถแปรเปลี่ยนได้ในช่วงเวลาอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาที่จำลองสภาพการจราจร

(2) Signal State Generator หรือโปรแกรมสร้างสภาวะการควบคุมระบบสัญญาณไฟจราจร เป็นโปรแกรมย่อยที่ใช้ในการคำนวณสภาวะการควบคุมของระบบสัญญาณไฟจราจร Time Step ถัดไป โดยรับข้อมูลสภาพการจราจรของ Time Step ปัจจุบันที่มีความจำเป็นในการคำนวณ Traffic Simulator และจะคำนวณ พร้อมทั้งส่งผลลัพธ์ไปยัง Traffic Simulator เพื่อใช้เป็นเงื่อนไขสำหรับปรับปรุงสถานการณ์การจำลองสภาพการจราจรใน Time Step ต่อไป

Chaipanha and Klungboonkrong (2010) [15] อธิบายว่า โปรแกรม VISSIM และโปรแกรม PARAMICS นั้นมีความเหมาะสมสำหรับการจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค เนื่องด้วยเหตุผลที่คุณสมบัติของโปรแกรมสามารถประยุกต์ใช้สำหรับจำลองสภาพการเคลื่อนที่ของยานพาหนะจำแนกตามแต่ละประเภทได้ สามารถแสดงผลในรูปแบบภาพสามมิติ และจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การควบคุมพื้นที่ทางแยกโดยสัญญาณไฟจราจร ทางด่วนวงเวียน และระบบขนส่งสาธารณะ เป็นต้น และใช้ในการวิเคราะห์ตัวชี้วัดทางด้านการจราจรอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น เวลาที่ใช้ในการเดินทาง ความยาวแถวคอย ความล่าช้า และความเร็วและสามารถตรวจสอบตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อแบบจำลอง ส่งผลให้แบบจำลองสภาพจราจรมีความน่าเชื่อถือ ถูกต้องและแม่นยำ และนำไปใช้เป็นปัจจัยหนึ่งสำหรับตัดสินใจ และประยุกต์ใช้งานได้จริง

2.8 การทวนสอบแบบจำลอง (Model Validation)

เป็นขั้นตอนตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองก่อนนำไปประยุกต์ใช้ ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองจะพิจารณาด้วยการใช้ค่าเชิงสถิติของ GEH โดยค่า GEH คือ ค่าเชิงสถิติที่ใช้สำหรับคำนวณงานทางด้านวิศวกรรมจราจรเพื่อคาดการณ์ปริมาณจราจรและแบบจำลองด้านการจราจร โดยคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$GEH = \sqrt{\frac{(simulated - observed)^2}{0.5x(simulated + observed)}}$$

เมื่อ Simulated คือ ค่าปริมาณจราจรที่ได้จากแบบจำลอง

Observed คือค่าปริมาณจราจรที่ได้จากการสำรวจ

โดยในการตรวจสอบความถูกต้องจะใช้เกณฑ์การเปรียบเทียบแบบจำลองของ DMRB ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 เกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองของ DMRB (1996) [16]

ดัชนีชี้วัดการปรับเทียบ	เกณฑ์การปรับเทียบ	เป้าหมายในการปรับเทียบ
ปริมาณจราจร	GEH < 5	>85%กรณีทั้งหมด ที่ทำการปรับเทียบ
ระยะเวลาในการเดินทาง	±15% (หรือไม่เกิน 1 นาที กรณีที่มีความคลาดเคลื่อนสูงกว่า 15%)	>85 % ของกรณีทั้งหมดที่ทำการปรับเทียบ
ความเร็วในการเดินทาง	±20 %	>85 % ของกรณีทั้งหมดที่ทำการปรับเทียบ

3. วิธีการศึกษา

3.1 พื้นที่ศึกษา

จากการศึกษาระบบทางพิเศษของประเทศไทย พบว่าด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษดินแดง (พื้นราบ) สายทางพิเศษเฉลิมมหานคร มีปริมาณจราจรหนาแน่นในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วน ส่งผลให้ปัจจุบันเกิดแถวคอยบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางเฉลี่ยประมาณ 300 – 400 เมตร อีกทั้งเป็นด่านเก็บค่าผ่านทางที่มีขนาดใหญ่ มีตู้เก็บค่าผ่านทางจำนวนมาก โดยมีจำนวนตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษจำนวนทั้งสิ้น 11 ตู้ แบ่งเป็นตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด (MTC) จำนวน 7 ตู้ และตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (ETC) จำนวน 4 ตู้ อีกทั้งผู้ใช้ทางสามารถเลือกเดินทางไปต่อได้หลายเส้นทาง ด้วยเหตุผลดังกล่าววิจัยฉบับนี้จึงสนใจศึกษาหาแนวทางแก้ไขปัญหาและจัดการกับสภาพจราจรในปัจจุบันและสภาพจราจรในอนาคตที่คาดการณ์ว่าจะเกิดขึ้น ในปี พ.ศ. 2570

รูปที่ 3 แสดงสภาพจราจรด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษดินแดง (พื้นราบ) ในปัจจุบัน

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลสภาพแวดล้อมทางกายภาพและข้อมูลด้านการจราจรทางวิศวกรรม มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1) ข้อมูลสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ได้แก่ จำนวนช่องจราจร ความกว้างของช่องจราจร ระยะทางบริเวณหน้าด่าน ประเภทของระบบเก็บค่าผ่านทาง จำนวนตู้เก็บค่าผ่านทางแต่ละประเภท และลักษณะทางกายภาพอื่นๆ ที่มีผลกระทบต่อพฤติกรรมของผู้ขับขี่

3.2.2) ข้อมูลด้านการจราจรทางวิศวกรรม ประกอบด้วย

1) ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลในช่วงเวลาเร่งด่วน (Peak Hour Count) วันที่ 8 มกราคม 2562 ช่วงเวลา 17.00 น. – 18.00 น.

2) ข้อมูลปริมาณจราจร จำแนกตามประเภทของยานพาหนะที่ใช้บริการ โดยแบ่งประเภทยานพาหนะออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ รถ 4 ล้อ รถ 6-10 ล้อ และรถตั้งแต่ 10 ล้อขึ้นไป มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณจราจรจำแนกตามประเภท

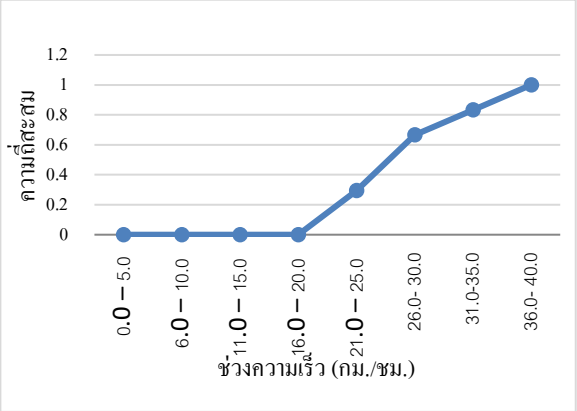
ระบบเก็บค่าผ่านทาง	จำนวนรถแต่ละประเภท (คัน)			รวม (คัน)
	4 ล้อ	6–10 ล้อ	≥10 ล้อ	
เงินสด	2,496	13	-	2,509
Easy Pass	1,653	-	-	1,653

เนื่องด้วยช่วงเวลา 15.00 น. – 21.00 น. การทางพิเศษแห่งประเทศไทยมีนโยบายห้ามมิให้ยานพาหนะที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ล้อขึ้นใช้บริการทางพิเศษ ส่งผลให้ปริมาณจราจรของยานพาหนะประเภทรถ 6 – 10 ล้อ มีปริมาณน้อยมาก จึงพิจารณาให้ปริมาณจราจรเป็นของรถ 4 ล้อทั้งหมด

3) ข้อมูลความเร็วของยานพาหนะ ประกอบด้วยค่าความเร็วของยานพาหนะที่ผ่านทางพิเศษด้วยระบบเงินสด (MTC) และระบบอัตโนมัติ (ETC) มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3 ข้อมูลความเร็วของยานพาหนะที่ผ่านทางพิเศษด้วยระบบเงินสด (MTC) จำนวน 300 ตัวอย่าง

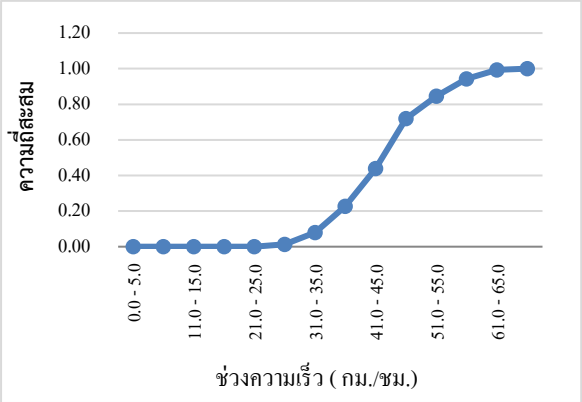
ช่วงความเร็ว (กม./ชม.)	ความถี่ (คัน)	ความถี่สะสม (คัน)	ความถี่สะสม
0.0 - 5.0	0	0	0
6.0 - 10.0	0	0	0
11.0 - 15.0	0	0	0
16.0 - 20.0	0	0	0
21.0 - 25.0	88	88	0.2933
26.0 - 30.0	112	200	0.6667
31.0 - 35.0	50	250	0.8333
36.0 - 40.0	50	300	1



รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ของช่วงความเร็วต่อความถี่สะสมของระบบเงินสด (MCT)

ตารางที่ 4 ข้อมูลความเร็วของรถที่ผ่านทางพิเศษด้วยระบบอัตโนมัติ (ETC) จำนวน 300 ตัวอย่าง

ช่วงความเร็ว (กม./ชม.)	ความถี่ (คัน)	ความถี่สะสม (คัน)	ความถี่สะสม
0.0 - 5.0	0	0	0
6.0 - 10.0	0	0	0
11.0 - 15.0	0	0	0
16.0 - 20.0	0	0	0
21.0 - 25.0	0	0	0
26.0 - 30.0	4	4	0.0133
31.0 - 35.0	20	24	0.0800
36.0 - 40.0	44	68	0.2267
41.0 - 45.0	64	132	0.4400
46.0 - 50.0	84	216	0.7200
51.0 - 55.0	38	254	0.8467
56.0 - 60.0	29	283	0.9433
61.0 - 65.0	15	298	0.9933
66.0 - 70.0	2	300	1



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ของช่วงความเร็วต่อความถี่สะสมของระบบอัตโนมัติ (ETC)

4) ข้อมูลระยะเวลาในการเดินทาง ซึ่งได้กำหนดจุดอ้างอิงบอกพิกัดเริ่มต้นก่อนถึงด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษประมาณ 200 เมตร และกำหนดจุดอ้างอิงสิ้นสุดเมื่อยานพาหนะแล่นผ่านไม้กั้น ซึ่งเก็บข้อมูล จำนวน 200 ตัวอย่าง คือ ข้อมูลระยะเวลาในการเดินทางของยานพาหนะที่ใช้ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด (MTC) จำนวน 100 ตัวอย่าง และแบบอัตโนมัติ (ETC) 100 ตัวอย่าง

3.3 การสร้างและพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค

วิจัยฉบับนี้ทำการพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคด้วยโปรแกรม VISSIM ซึ่งขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค ประกอบด้วย

• การนำเข้าแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษดินแดง (พื้นราบ) ทางพิเศษเฉลิมมหานคร จาก Google Earth

• สร้างแบบจำลองสภาพจราจรที่มีลักษณะทางกายภาพที่ใกล้เคียงกับสภาพในปัจจุบัน

• สร้างแบบจำลองสภาพจารจรที่ใช้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษดินแดง (พื้นราบ) ด้วยระบบเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC) และแบบอัตโนมัติ (ETC) ให้สอดคล้องกับสภาพปัจจุบัน

• กำหนดตัวแปรที่สำคัญสำหรับการพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจร เช่น ปริมาณจราจร ประเภทยานพาหนะ และความเร็ว เป็นต้น

• ทำการปรับเทียบแบบจำลองโดยใช้เกณฑ์สำหรับการปรับเทียบแบบจำลองของ DMRB หรือ Design Manual for Roads and Bridges โดยการคำนวณค่า GEH [15]

• พัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรที่ใช้บริการทางพิเศษ ด้วยระบบการผ่านทางพิเศษแบบ Multi-Lane Free Flow (MLFF) ผสมผสานกับแบบเงินสด (MTC)

4. ผลการศึกษา

4.1 การปรับเทียบแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองสภาพจราจรแบบจุลภาคจำเป็นต้องปรับเทียบแบบจำลองให้มีความเสมือนกับสภาพจราจรจริงมากที่สุด โดยดำเนินการปรับเทียบข้อมูลปริมาณจราจรและสอบเทียบแบบจำลองกับข้อมูลปริมาณจราจรที่ได้จากการสำรวจในภาคสนามและอ้างอิงการปรับเทียบแบบจำลองจากเกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองของ DMRB ใน

ตารางที่ 1 ซึ่งผลการปรับเทียบมีรายละเอียดดังแสดงในตาราง ดังนี้

ตารางที่ 5 แสดงผลจากการปรับเทียบแบบจำลอง

ประเภทยานพาหนะ	ปริมาณจราจร (คัน/ชม.)		ค่า GEH ที่ได้	ผลการเปรียบเทียบ
	จากการสำรวจ	จากแบบจำลอง		
รถยนต์ทั่วไป	4,162	4,136	0.40	ผ่าน

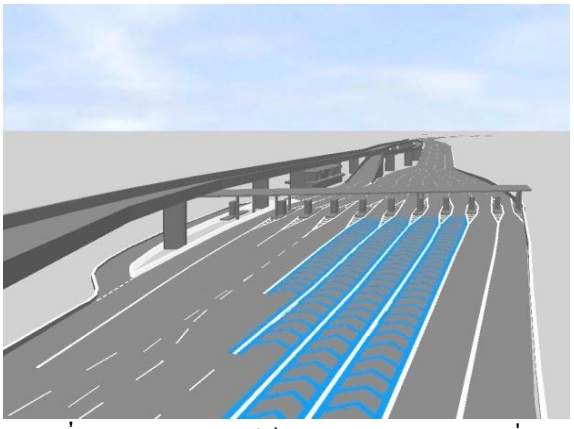
รูปที่ 6 แสดงแบบจำลองสภาพการจราจรในปัจจุบัน

4.2 ความเหมาะสมของตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษ

การศึกษาความเหมาะสมของตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษจากอัตราการไหลของปริมาณจราจร (Traffic Flow) ค่าความล่าช้า (Delay) และความยาวแถวคอย (Queue Length) โดยแบ่งเป็น 4 กรณี ดังนี้

<u>กรณีที่ 1</u>

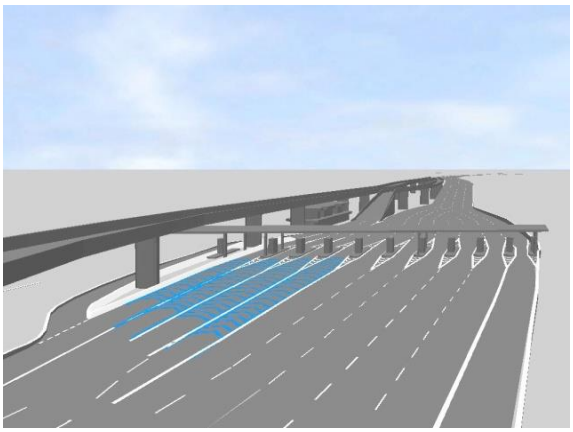
กำหนดให้ตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (ETC) อยู่บริเวณตรงกลางของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ (รูปแบบปัจจุบัน) ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษกรณีที่ 1

<u>กรณีที่ 2</u>

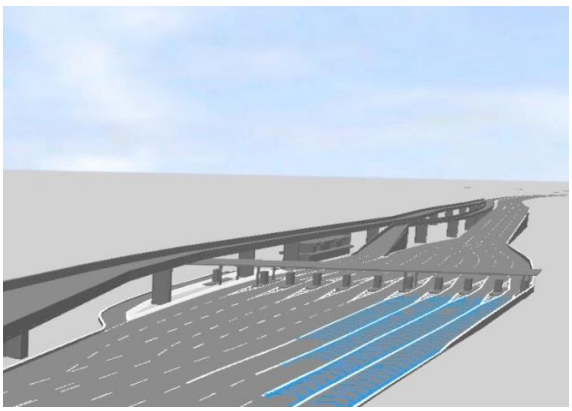
กำหนดให้ตำแหน่งที่ตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (ETC) อยู่บริเวณฝั่งซ้ายของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษกรณีที่ 2

<u>กรณีที่ 3</u>

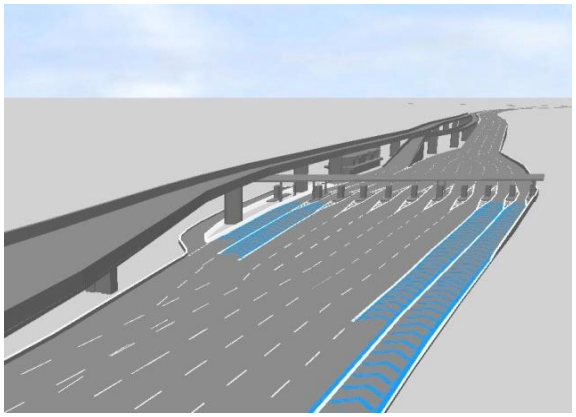
กำหนดให้ตำแหน่งที่ตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (ETC) อยู่บริเวณฝั่งขวาของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 แสดงตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษกรณีที่ 3

<u>กรณีที่ 4</u>

กำหนดให้ตำแหน่งที่ตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (ETC) อยู่บริเวณฝั่งซ้ายของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ จำนวน 2 ช่อง และบริเวณฝั่งขวาของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ จำนวน 2 ช่อง ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษกรณีที่ 4

จากการศึกษาทั้ง 4 กรณี มีผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 6 – ตารางที่ 8 ดังนี้

ตารางที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลของปริมาณจราจร (Traffic Flow)

ผลการศึกษา	กรณีศึกษา			
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4
อัตราการไหล (คัน/ชม.)	3,991	3,946	3,251	3,649

ตารางที่ 7 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าความล่าช้า (Delay)

ผลการศึกษา	กรณีศึกษา			
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4
ความล่าช้า (วินาที)	61	84	272	151

ตารางที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบความยาวแถวคอย (Queue Length)

ผลการศึกษา	กรณีศึกษา			
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4
ความยาวแถวคอย (เมตร)	381	397	755	665

จากผลการศึกษา พบว่า การจัดวางตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (ETC) และตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด ในกรณีที่ 1 คือ จัดวางตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (ETC) อยู่บริเวณกึ่งกลางของด่านเก็บค่าผ่านทาง (รูปแบบปัจจุบัน) เป็นรูปแบบการจัดวางตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกันทั้ง 4 กรณี จึงนำไปสู่การออกแบบการจัดวางตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษเพื่อจัดการสภาพการจราจรในปี พ.ศ. 2570

4.3 รูปแบบการจัดการสภาพจราจรบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษในปี พ.ศ. 2570

การศึกษานี้ได้คาดการณ์ปริมาณจราจรบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษดินแดง (พื้นราบ) ในปี พ.ศ. 2570 ว่าจะเพิ่มขึ้นจากปริมาณจราจรในปี พ.ศ. 2562 ถึงร้อยละ 24 หรือประมาณร้อยละ 3 ต่อปี หรือมีปริมารณจราจรสูงถึงประมาณ 5,100 คัน/ชั่วโมง อีกทั้งยังคาดการณ์ว่าจะมีผู้ใช้บริการทางพิเศษที่ใช้ระบบผ่านทางแบบอัตโนมัติมากถึงร้อยละ 90 ซึ่งได้วางแผนและออกแบบรูปแบบการจัดการสภาพจราจร ในปี พ.ศ. 2570 โดยทำการศึกษารูปแบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษ 2 รูปแบบ คือ (1) การเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (ETC) ผสมผสานกับการเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด (MTC) และ (2) การเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบ Multi-Lane Free Flow (MLFF) ผสมผสานกับการเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด (MTC) โดยกำหนดให้สัดส่วนผู้ใช้บริการทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (ETC) หรือแบบ Multi-Lane Free Flow (MLFF) ร้อยละ 90 และแบบเงินสด (MTC) ร้อยละ 10

ตารางที่ 9 แสดงรูปแบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (ETC) ผสมผสานกับแบบเงินสด (MTC) ในปี พ.ศ. 2570 ที่ทำการศึกษา

รูปแบบ (จำนวนตู้)	ETC (4)	ETC (5)	ETC (6)	ETC (7)	ETC (8)	ETC (9)
MTC (7)						
MTC (6)						
MTC (5)						
MTC (4)						
MTC (3)						
MTC (2)						

ตารางที่ 10 แสดงรูปแบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบ Multi-Lane Free Flow (MLFF) ผสมผสานกับแบบเงินสด (MTC) ในปี พ.ศ. 2570 ที่ทำการศึกษา

รูปแบบ (จำนวนตู้)	MLFF (4)	MLFF (5)	MLFF (6)	MLFF (7)	MLFF (5)	MLFF (9)
MTC (7)						
MTC (6)						
MTC (5)						
MTC (4)						
MTC (3)						
MTC (2)						

จากผลการศึกษา พบว่า รูปแบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบ Multi-Lane Free Flow (MLFF) จำนวน 9 ช่อง ผสมผสานกับการเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด (MTC) จำนวน 2 ตู้ ให้ค่าปริมาณจราจรที่ใกล้เคียงกับค่าปริมาณจราจรที่คาดการณ์ว่าจะเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2570 มากที่สุด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของรูปแบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (ETC) จำนวน 9 ตู้ ผสมผสานกับการเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด (MTC) จำนวน 2 ตู้ มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 11- ตารางที่ 14 ดังนี้

ตารางที่ 11 แสดงผลการเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณจราจร

ปริมาณจราจร (คัน/ชม.)		ผลต่างคิดเป็นร้อยละ (%)
ETC ผสมผสานกับ MTC	MLFF ผสมผสานกับ MTC	
4,464	5,125	14.81

ตารางที่ 12 แสดงผลการเปรียบเทียบข้อมูลระยะเวลาในการเดินทาง

ระยะเวลาในการเดินทาง (วินาที)		ผลต่างคิดเป็นร้อยละ (%)
ETC ผสมผสานกับ MTC	MLFF ผสมผสานกับ MTC	
62	24	61.29

ตารางที่ 13 แสดงผลการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วเฉลี่ย

ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)		ผลต่างคิดเป็นร้อยละ (%)
ETC ผสมผสานกับ MTC	MLFF ผสมผสานกับ MTC	
21.26	49.04	130.67

ตารางที่ 14 แสดงผลการเปรียบเทียบข้อมูลความยาวแถวคอย

ความยาวแถวคอย (เมตร)		ผลต่างคิดเป็นร้อยละ (%)
ETC ผสมผสานกับ MTC	MLFF ผสมผสานกับ MTC	
111.40	65.50	41.20

5. สรุปผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์แบบจำลองสภาพจราจรบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษดินแดง (พื้นราบ) ในปี พ.ศ. 2570 สรุปได้ว่า รูปแบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบ Multi-Lane Free Flow (MLFF) จำนวน 9 ช่องจราจร ผสมผสานกับตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด (MTC) จำนวน 2 ตู้ โดยจัดวางตำแหน่งช่องผ่านทางพิเศษแบบ Multi-Lane Free Flow (MLFF) อยู่บริเวณกึ่งกลางด่านเก็บค่าผ่านทาง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ และสามารถแก้ไขปัญหาและจัดการกับสภาพจราจรเพื่อรองรับปริมาณจราจรในปี พ.ศ. 2570 ได้ โดยจะส่งผลให้มีอัตราการไหล 5,125 คัน/ชั่วโมง ผู้ใช้บริการใช้เวลาในการเดินทางผ่านด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษเฉลี่ยเพียง 24 วินาที และสามารถขับขี่ยานพาหนะด้วยความเร็วเฉลี่ย 49.04 กิโลเมตร/ชั่วโมง รวมทั้งเกิดความยาวแถวคอยเฉลี่ยเพียง 65.50 เมตร แต่อย่างไรก็ตาม หากการทางพิเศษแห่งประเทศไทยไม่พัฒนารูปแบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษโดยนำระบบผ่านทางพิเศษแบบ Multi-Lane Free Flow (MLFF) มาประยุกต์ใช้ จะส่งผลให้พื้นที่ให้บริการบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษดินแดง (พื้นราบ) ไม่สามารถรองรับปริมาณจราจรในปี พ.ศ. 2570 ได้

รูปที่ 11 แสดงรูปแบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษที่สามารถรองรับปริมาณจราจรในปี พ.ศ. 2570 ได้

เอกสารอ้างอิง

[1] Expressway Authority of Thailand, Enterprise plan fiscal year 2017-2021 and action plan fiscal year 2019 (revised version), Expressway Authority of Thailand, Ministry of Transport, pp.1-5 – 2-27, 2018.

[2] V. Astarita, M. Florian and G. Musolino, "A microscopic traffic simulation model for the evaluation of toll station systems," IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Proceedings - Oakland (CA), USA - August 25-29, pp.692-697, 2001.

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

[4] J. Plengsrithong, P. Phanyim, D. Chusing and T. Rattanapanyakorn, "Evaluation of Mitigation for Increasing Efficiency of Toll Plaza: A Case Study of Asoke 3 and Asoke 4 Toll Plaza," 25th National Convention on Civil Engineering, Chonburi, July, 2020.

[5] M. Wichiensin, K. Kanjanavaikoon and K. Sangkhawut, Traffic Congestion Alleviation for Ratchaprasong Road Closure, KMUTT R&D Journal, Vol.10, No.2, April-June, 2017.

[6] N. Karitnathinee, "Capacity Analysis of Expressway Toll Plaza Using Micro Simulation Modeling Technique: Case Study in Bangkok," 17th National Convention on Civil Engineering, Udon Thani, May, 2012.

[7] A. D. May, Traffic Flow Fundamental, Prentice-Hall, New Jersey, 1990.

[8] D. L. Gerlough and M.J. Huber, Traffic flow theory, Washington, DC United States, 1976.

[9] A. SorSuwong, "Factors and Strategies Affecting the Decision to Use the Easy Pass System of Expressway Users," Master of Engineering, Department of Civil Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 2012.

[10] Expressway Authority of Thailand, Expressway service manual, Ministry of Transport, pp.2-24, 2015.

[11] G. Wenbao, H. Bin, L. Jian, L. Quanfa, Y. Xin, X. Jinyin, Z. Beihai, Z. Mingyue and Z. Weimin, "Multi-lane free flow electronic toll collection system arranged on side of road," 2013. [Online]. Available: https://patents.google.com/patent/CN103150772A/en

[12] T. Wichaimethavee, "Development of control methods Traffic Light in Saturation Condition," Master of Engineering Thesis, Civil Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 2003.

[13] PTV Planung Transport Verkehr AG [PTV], VISSIM 5.40 User Manual, PTV: Karlsruhe, 2005.

[14] M. S. Kaseko, "Comparative Evaluation of Simulation Software for Traffic Operation," Traffic and Traffic Planning, pp.101-206, 2002.

[15] W. Chaipanha and P. Klungboonkrong, "Analysis of Traffic Management System Alternatives at the Five-Leg Junction (The City Spiritual House) in the Khon Kaen City Using PARAMICS," 3rd ATRANS Symposium Student Chapter Session, Bangkok, pp.28-38, 2010.

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