การประเมินผลแนวทางแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์ ด้วยการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค

Evaluation of Traffic Congestion Mitigation at Atnarong Interchange using Microscopic Simulation Model

พรรณทิพา พันธ์ยิ้ม[1,*] จิรวัฒน์ เพลิงศรีทอง[2] และ เทพฤทธิ์ รัตนปัญญากร[3]

[1,2,3] กองวิจัยและพัฒนา การทางพิเศษแห่งประเทศไทย

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

บทคัดย่อ

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) ให้บริการทางพิเศษเฉลิมมหานครเป็นทางพิเศษที่ช่วยให้การเดินทางจากภูมิภาคต่างๆ เข้าสู่ย่านศูนย์กลางธุรกิจได้สะดวกและรวดเร็ว และทางพิเศษฉลองรัชเป็นทางพิเศษที่สามารถเชื่อมต่อกับทางพิเศษเฉลิมมหานครบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์ โดยการเดินทางขาเข้าเมืองจากทางพิเศษฉลองรัช และทางพิเศษเฉลิมมหานครเพื่อมุ่งหน้าท่าเรือ กระแสจราจรจะเข้ามารวมกันบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์ ประมาณ 8,700 เที่ยวต่อชั่วโมง โดยเฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า โดยมีลักษณะเป็นเนินไต่ระดับจากระดับดินเพื่อขึ้นสู่ทางยกระดับซึ่งเป็นจุดคอขวดทำให้เกิดการจราจรติดขัดเป็นช่วงชะลอความเร็วยาวสะสมบนทางพิเศษเฉลิมมหานครเป็นระยะทางกว่า 3.15 กิโลเมตร จึงพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค AIMSUN เพื่อประเมินประสิทธิภาพและวิเคราะห์ผลกระทบด้านจราจรต่างๆ ของแต่ละมาตรการเพื่อช่วยบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัด ผลการวิเคราะห์พบว่ามาตรการปรับเปลี่ยนแนวช่องจราจรช่วยบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัดด้วยการประเมินทั้งในด้านความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุด ความเร็วเฉลี่ย เวลาเฉลี่ยการเดินทาง และปริมาณจราจรที่ระบายได้มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์

คำสำคัญ: การประเมินผลกระทบการจราจร, ทางพิเศษเฉลิมมหานคร, แบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค

Abstract

The Expressway Authority of Thailand (EXAT) has been operating Chalerm Mahanakorn Expressway and Chalongrat Expressway. While the first one supports travelers from different regions into the central business district, the other has a connecting road to Chalerm Mahanakorn at Atnarong interchange. The arrivals from both expressways are heading to Bangkok Port (Taruea). The traffic stream will merge at Atnarong interchange, with approximately 8,700 vehicle per hour during morning rush hour, and the road climbs up from ground level to elevated level which is the bottleneck, causing about a 3.15 km. long queue stranded on Chalerm Mahanakorn Expressway. Therefore, the microscopic simulation model of AIMSUN had been developed to analyze traffic evaluation and efficiency of various scenarios to mitigate traffic congestion. The results indicated that the restriping case is the most effective case for traffic congestion mitigation in regard to maximum queue length, average speed, average travel time and traffic flow at Atnarong interchange.

Keywords: Traffic evaluation, Chalerm Mahanakorn Expressway, Traffic micro simulation

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) ให้บริการทางพิเศษเฉลิมมหานคร เป็นทางพิเศษที่ช่วยให้การเดินทางจากภูมิภาคต่างๆ เข้าสู่ใจกลางกรุงเทพมหานครได้สะดวกและรวดเร็ว และทางพิเศษฉลองรัช เป็นทางพิเศษที่เชื่อมต่อกับทางพิเศษเฉลิมมหานครไปทางทิศเหนือบริเวณวงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานครด้านตะวันออก ทางพิเศษทั้ง 2 สายทางเชื่อมต่อกันบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์ โดยการเดินทางขาเข้าเมืองจากทางพิเศษฉลองรัช และทางพิเศษเฉลิมมหานครเพื่อมุ่งหน้าท่าเรือ กระแสจราจรจะเข้ามารวมกันบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์ ที่มีลักษณะเป็นเนินไต่ระดับจากระดับดินเพื่อขึ้นสู่ทางยกระดับเป็นจุดคอขวดที่มีช่องจราจรลดลงจาก 5 ช่องจราจร เป็น 3 ช่องจราจรและไหล่ทางด้านซ้าย ทำให้เกิดการจราจรติดขัดเป็นช่วงชะลอความเร็วยาวสะสมบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร กทพ. ได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาการจราจรโดยการจัดแนวช่องจราจรปรับเปลี่ยนไหล่ทางบริเวณเนินไต่ระดับขึ้นสู่ทางยกระดับเป็นช่องจราจรสำหรับเดินทางได้เฉพาะรถยนต์ 4 ล้อ ภายใต้ข้อจำกัดของ

เขตทาง แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อปริมาณจราจรที่มีความต้องการเดินทางผ่านบริเวณนี้สูงสุดประมาณ 8,700 เที่ยวต่อชั่วโมง โดยเฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า การศึกษานี้จึงประเมินแนวทางแก้ไขปัญหาจราจรในมาตรการอื่นๆ ได้แก่ การปรับเปลี่ยนแนวช่องจราจร การเพิ่มความกว้างช่องจราจร การใช้มาตรการเส้นทึบจัดการจราจร และการเปิดช่องจราจรสวนทาง (Reversible Lane) เพื่อช่วยบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัด โดยการพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค AIMSUN เพื่อประเมินประสิทธิภาพและวิเคราะห์ผลกระทบด้านจราจรต่างๆ ของแต่ละมาตรการ เพื่อเป็นการประกอบการตัดสินใจในการพิจารณามาตรการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคของการระบายการจราจรบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์
2. เพื่อประเมินผลแนวทางการระบายการจราจรบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การวิจัยนี้ศึกษาการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค โดยใช้โปรแกรม AIMSUN เพื่อจำลองสภาพการจราจรบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์ ทางพิเศษเฉลิมมหานคร เพื่อประเมินผลกระทบการจราจรจากการจัดการจราจรรูปแบบต่างๆ ในด้านความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุด ความเร็วเฉลี่ย เวลาเฉลี่ยการเดินทาง และปริมาณจราจรที่ระบายได้

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจราจรติดขัดบริเวณคอขวด (Bottleneck congestion)

อ้างอิงจากรายงานของ Federal Highway Administration (FHWA-HOP-09-042) ปี 2010 [1] กล่าวว่าการจราจรติดขัดบริเวณคอขวดสามารถเกิดขึ้นได้ในทุกช่วงเวลา โดยเป็นจุดที่มีอัตราการไหลเข้ามากกว่าอัตราการไหลออกที่มีสาเหตุมาจาก 2 ปัจจัย ดังนี้

- ตำแหน่งที่ต้องตัดสินใจ (Decision Points) ได้แก่ ทางขึ้น – ทางลง ตำแหน่งที่กระแสจราจรรวมเข้าด้วยกัน (Merge areas) ตำแหน่งที่กระแสจราจรตัดกัน (Weave areas) จุดที่ช่องจราจรลดลง (Lane drops) บริเวณช่องเก็บค่าผ่านทาง และสัญญาณไฟจราจร
- ข้อจำกัดทางภายภาพ (Physical constraints) ได้แก่ ทางโค้ง อุโมงค์ใต้ดิน ทางยกระดับ โครงสร้างถนนที่ถูกจำกัดให้แคบ บริเวณที่ไม่มีไหล่ทาง

แนวทางการแก้ไขการจราจรติดขัดบริเวณคอขวดสามารถทำได้โดยการปรับปรุงลักษณะทางเรขาคณิตของถนนหรือการก่อสร้างโครงสร้างใหม่ แต่ต้องใช้งบประมาณในการดำเนินการสูง หรือการปรับปรุงเชิงปฏิบัติการที่สามารถทำให้เกิดอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนที่สูงได้เช่นกันด้วยกลยุทธ์การปรับปรุงทางวิศวกรรมจราจรแบบราคาประหยัด ดังนี้

- การปรับปรุงสัญญาณไฟจราจร (Signal retiming) ได้แก่ การปรับปรุงรอบระยะเวลาสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสม การประสานสัญญาณไฟจราจรระหว่างทางแยก
- การปรับปรุงแนวช่องจราจร (Restriping) โดยการปรับปรุงช่องจราจรเพื่อเพิ่มช่องทางพิเศษ (Auxiliary lanes) หรือช่องจราจรสำหรับเพิ่ม – ลดความเร็วซึ่งสามารถเพิ่มความจุได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมไปถึงใช้ในการปรับปรุงตำแหน่งที่กระแสจราจรตัดกันหรือทางโค้งหักศอกเนื่องจากการชะลอความเร็ว หรือการปรับเปลี่ยนไหล่ทางบางส่วนเป็นช่องจราจรสำหรับเดินทางได้
- การติดตั้งป้ายจราจรเตือน (Signs and signals) เพื่อการจัดการและจำกัดการเคลื่อนที่ของยานพาหนะให้มีประสิทธิภาพและปลอดภัย
- การปรับปรุงทางขึ้น – ทางลง (Ramp or Driveway Modification) ได้แก่ การปิดทางขึ้น – ทางลง การเปลี่ยนตำแหน่งทางขึ้น – ทางลง การควบคุมการเข้า – ออก (Ramp metering) หรือการรวมทางขึ้น – ทางลงในบริเวณที่มีปริมาณจราจรต่ำ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขการจราจรติดขัดบริเวณคอขวดสามารถทำได้หลากหลายวิธีขึ้นอยู่กับขนาดของโครงการ ขอบเขตงาน และวัตถุประสงค์ของงาน ได้แก่ การจัดทำโครงร่างแผนงาน การสำรวจข้อมูลเชิงประจักษ์ การออกแบบคำนวณ และการจัดทำแบบจำลองสภาพจราจร โดยในการศึกษานี้เลือกใช้การจัดทำแบบจำลองสภาพจราจรมาวิเคราะห์ประเมินผลแนวทางการระบายการจราจรบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์ที่มีปัญหาการจราจรติดขัดแบบคอขวด เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ระบบโครงข่ายทางพิเศษที่มีความซับซ้อนและกำหนดกลยุทธ์เชิงปฏิบัติการได้

2.2 การจำลองสภาพจราจร

การจำลองสภาพจราจรเป็นการจำลองลักษณะสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นจริงบนถนนหนึ่งๆ หรือทำการประยุกต์จำลองสถานการณ์ที่สมมุติขึ้น ทำให้สามารถศึกษาผลกระทบต่อการจราจรเมื่อเกิดอุบัติการณ์ต่างๆ ที่ไม่สามารถสมมุติให้เกิดขึ้นจริงได้ในภาคสนาม ทำให้มองเห็นสภาพจราจรและปัญหาจราจรโดยรวมได้อย่างเป็นระบบ เพื่อประเมินทางเลือกซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาด้านต่างๆ การพัฒนาแบบจำลองด้านจราจรสามารถจำแนกได้ 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค (Macroscopic) ระดับกึ่งจุลภาค (Mesoscopic) และระดับจุลภาค (Microscopic) ขึ้นอยู่กับเป้าหมายของการนำไปใช้งาน ที่มีรูปแบบค่อนข้างหลากหลาย

การจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค (Microscopic) มักใช้แบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกันของยวดยาน (Car-Following Model) แบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจร (Lane-Changing Model) และระยะระหว่างรถที่ยอมรับได้ (Gap Acceptance) เป็นหลักการพื้นฐานในการจำลองการเคลื่อนที่ของยวดยานแต่ละคัน โดยการขับขี่ของยวดยานคัน

หน้าที่มีการเพิ่มความเร็ว ลดความเร็ว และหยุดรถจะมีผลต่อการขับขี่ของยวดยานที่ขับตามมา ในปัจจุบันมีการพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคให้เลือกใช้งานอย่างแพร่หลาย ซึ่งแต่ละแบบจำลองมีสมรรถนะในการจำลองเหตุการณ์ได้แตกต่างกัน ซึ่งโปรแกรมที่นิยมใช้งานกัน ได้แก่ AIMSUN, VISSIM, CORSIM, PARAMICS และ โปรแกรมอื่นๆ ซึ่งมีสมรรถนะในการใช้งานที่แตกต่างกัน [2]

2.3 โปรแกรมจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค AIMSUN

AIMSUN (Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks) เป็นโปรแกรมสำหรับการจำลองสภาพการจราจรที่ถูกพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1997 โดยได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อใช้ในการจำลองสภาพจราจรระดับกึ่งจุลภาค (Mesoscopic simulator) และระดับจุลภาค (Microscopic simulator) การจำลองคนเดินเท้า (Pedestrian simulator) ที่มีพื้นฐานแบบจำลองความต้องการเดินทาง (Travel demand modelling) ที่ครอบคลุมการเกิดการเดินทาง (Trip generation) การกระจายการเดินทาง (Trip distribution) และการเลือกรูปแบบการเดินทาง (Modal split) รวมไปถึงการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรต่างๆ ที่มีการนำไปประยุกต์ใช้ในหลายหน่วยงานทั่วโลกสำหรับการศึกษาวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรมจราจร การจำลองสภาพการจราจร การวางแผนการขนส่ง และการศึกษาอพยพฉุกเฉิน นอกจากนี้ยังสามารถใช้เพื่อประเมินแนวทางการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน การวิเคราะห์เกี่ยวกับมลภาวะ และการวิเคราะห์สภาพจราจรติดขัดในพื้นที่เมือง [3]

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Federal Highway Administration [1] ทำการวิเคราะห์การจราจรติดขัดแบบคอขวดบริเวณทางแยกต่างระดับ SR 65/I-80 ในเมืองแซคราเมนโต รัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา เนื่องจากมีปริมาณจราจรสูง และการเชื่อมต่อระหว่างทางตะวันออกไปยังทางเหนือของเมืองยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ ส่งผลกระทบให้การจราจรติดขัดยาวกว่า 4.5 ไมล์ จึงทำการประเมินแนวทางแก้ไขปัญหาในหลากหลายทางเลือก ได้แก่ การจัดช่องจราจรพิเศษ HOV (High Occupancy Vehicle Lanes) การปรับปรุงลักษณะทางเรขาคณิตของถนน และการก่อสร้างโครงสร้างใหม่อย่างเช่น ทางต่างระดับแบบยกข้าม (Flyover) โดยการพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคเพื่อประเมินประสิทธิภาพและวิเคราะห์ผลกระทบด้านจราจรต่างๆ พบว่า ทางเลือกในการจัดช่องจราจรพิเศษ HOV ทั้งสองทิศทางควบคู่กับการก่อสร้างทางต่างระดับแบบยกข้าม (Flyover) ในทิศทางตะวันออกไปยังทางเหนือ ช่วยบรรเทาการจราจรติดขัดแบบคอขวดบริเวณทางแยกต่างระดับได้ดีที่สุด สามารถรองรับปริมาณจราจรได้สูงสุดประมาณ 83,000 – 84,000 คันในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น ตามลำดับ รวมถึงสามารถรองรับปริมาณจราจรคาดการณ์ในอนาคตได้ถึงปี 2040

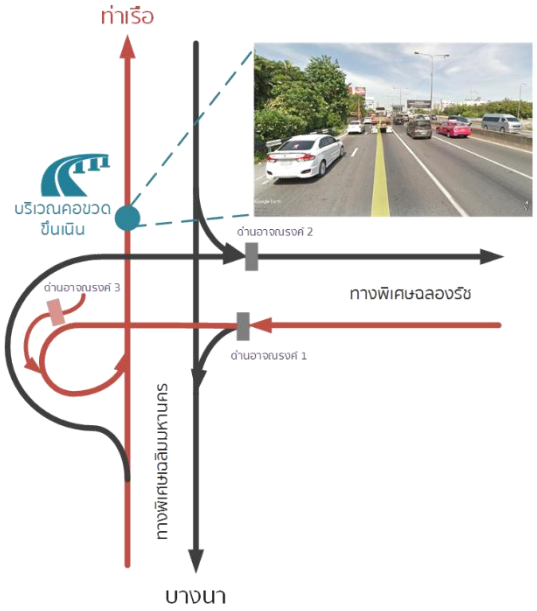
Rao, A.M. และ Rao, K.R. [4] ทำการประเมินแนวทางแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณวงแหวนรอบใน เมืองเดลี ประเทศอินเดีย จึงทำการประเมินแนวทางแก้ไขปัญหาจราจรในหลากหลายทางเลือก ได้แก่ การจัดการด้านจราจร (เช่น กำหนดเดินรถทางเดียว, ควบคุมโดยสัญญาณไฟจราจร, ปรับเปลี่ยนให้รถเดินทางไปเส้นทางอื่น) การก่อสร้างทางต่างระดับแบบยกข้าม (Flyover) การจัดช่องจราจรเฉพาะสำหรับรถประจำทาง โดยการพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคเพื่อประเมินประสิทธิภาพและวิเคราะห์ผลกระทบด้านจราจรต่างๆ ในด้านปริมาณจราจร ความเร็วเฉลี่ย ประสิทธิภาพโครงข่ายรวม ประสิทธิภาพของแต่ละช่วงถนน ความล่าช้า เวลาในการเดินทาง และดัชนีความติดขัด พบว่าทางเลือกการจัดการด้านจราจรช่วยเพิ่มความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง และปรับปรุงประสิทธิภาพโครงข่ายในด้านความล่าช้า เวลาในการเดินทาง และความหนาแน่นให้ดีขึ้น ทางเลือกการย้ายป้ายจอดรถประจำทางส่งผลให้การจราจรติดขัดบรรเทาลงแต่ไม่สามารถย้ายป้ายจอดรถประจำทางได้ในบางจุดเนื่องจากลักษณะทางกายภาพ ทางเลือกการก่อสร้างทางต่างระดับแบบยกข้ามช่วยปรับปรุงให้ความเร็วเฉลี่ยและเวลาในการเดินทางดีขึ้น และทางเลือกการจัดช่องจราจรเฉพาะสำหรับรถประจำทางส่งผลให้ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางลดลง ในขณะที่ความหนาแน่นของโครงข่ายและเวลาในการเดินทางลดลงในทุกช่วงถนน เป็นทางเลือกที่มีการเคลื่อนที่ของรถดีกว่าทางเลือกอื่น

Poon, N. และ Dia, H. [5] ทำการประเมินประสิทธิภาพของการเก็บค่าผ่านทางบริเวณสะพานเกตเวย์ เมืองบริสเบน รัฐควีนสแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย ที่มีปริมาณจราจรใกล้เต็มความจุ จึงทำการประเมินเพื่อปรับปรุงความจุของรูปแบบด่านเก็บค่าผ่านทางในปัจจุบัน โดยการพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค AIMSUN เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการเก็บค่าผ่านทางในสถานการณ์ต่างๆ จากความล่าช้าและเวลาในการเดินทาง รวมถึงวิเคราะห์ผลกระทบของการใช้ระบบการเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติ พบว่า การใช้ระบบเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติจะช่วยให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบดีขึ้น โดยการปรับเปลี่ยนจากระบบปกติเป็นระบบอัตโนมัติจำนวน 4 ช่องจราจร สามารถรองรับปริมาณจราจรที่คาดการณ์ในปี 2011 ได้ทั้งหมด

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษาและข้อมูลสภาพจราจร

การศึกษานี้พิจารณาเลือกบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์ เนื่องจากเป็นจุดเชื่อมต่อการเดินทางระหว่างทางพิเศษฉลองรัช และทางพิเศษเฉลิมมหานคร ในทิศทางขาเข้าเมืองมุ่งหน้าท่าเรือ กระแสจราจรจากทั้ง 2 สายทางจะเข้ามารวมกันบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์ แล้วเข้าสู่ช่วงทางพิเศษที่มีลักษณะเป็นเนินไต่ระดับจากระดับดินขึ้นสู่ทางยกระดับเป็นจุดคอขวดที่มีปริมาณจราจรหนาแน่นโดยเฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า รายละเอียดพื้นที่ศึกษา แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตำแหน่งจุดคอขวดบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์

การศึกษานี้เลือกใช้ข้อมูลปริมาณจราจรเฉลี่ยวันทำการในเดือนกุมภาพันธ์ 2562 เป็นข้อมูลในการพัฒนาแนวทางแก้ไขสภาพจราจรบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์ และปรับเทียบความถูกต้องของแบบจำลองสภาพจราจร โดยทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณจราจร สัดส่วนประเภทรถ ความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุด และความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง

3.2 การพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค

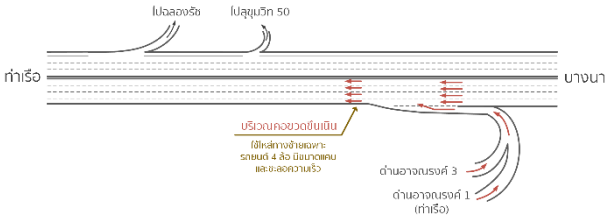
การศึกษานี้ทำการพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคด้วยโปรแกรม AIMSUN 8.1.4 เพื่อประเมินผลกระทบการจราจรจากการกำหนดมาตรการต่าง ๆ ในด้านความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุด ความเร็วเฉลี่ย และเวลาเฉลี่ยในการเดินทาง โดยรายละเอียดขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค ประกอบด้วย

- การนำเข้าแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์ ทางพิเศษเฉลิมมหานคร จาก Google Earth
- สร้างแบบจำลองสภาพจราจรที่มีลักษณะกายภาพ ได้แก่ โครงข่ายทางพิเศษ ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ ให้ใกล้เคียงกับสภาพในปัจจุบัน
- กำหนดตัวแปรข้อมูลสภาพจราจรต่าง ๆ ที่สำคัญสำหรับการพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจร เช่น ปริมาณจราจร ประเภทยานพาหนะ การกำหนดจุดต้นทาง-ปลายทาง และมาตรการควบคุมการจราจร
- ทำการปรับเทียบแบบจำลองโดยใช้เกณฑ์สำหรับการปรับเทียบแบบจำลองของ DMRB หรือ Design Manual for Roads and Bridges โดยการคำนวณค่า GEH [6]

3.3 การกำหนดรูปแบบสถานการณ์

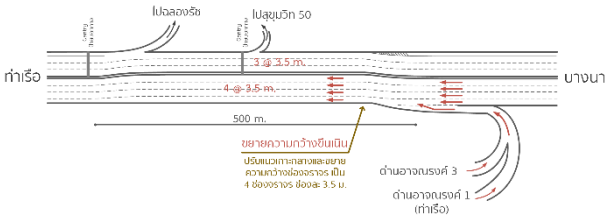
กำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาการจราจรทั้งรูปแบบการปรับปรุงเชิงปฏิบัติการด้วยหลักการทางวิศวกรรมจราจรแบบราคาประหยัด และการปรับปรุงลักษณะทางเรขาคณิตของถนนภายใต้เงื่อนไขที่จำกัดของลักษณะทางกายภาพและเขตทาง สามารถกำหนดรูปแบบสถานการณ์ ได้ดังนี้

- สภาพจราจรปัจจุบัน (Base case) ที่ยังไม่มีการดำเนินการปรับปรุง แสดงดังรูปที่ 2



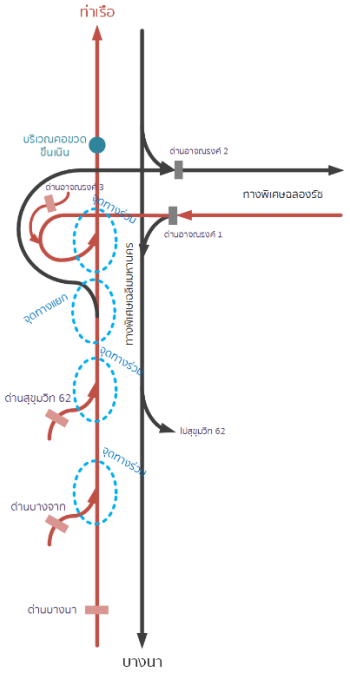
รูปที่ 2 สภาพจราจรปัจจุบัน (Base case)

- กรณีที่ 1 ปรับเปลี่ยนแนวช่องจราจร (Restriping case) โดยการปรับเปลี่ยนการวางแนวคอนกรีตเกาะกลางขยายเพิ่มพื้นที่ไปในทิศทางฝั่งขาออกมุ่งหน้าบางนา เพื่อเพิ่มความกว้างช่องจราจรบริเวณคอขวดขึ้นเนินเป็น 4 ช่องจราจรใหญ่ ช่องละ 3.5 เมตร แสดงดังรูปที่ 3



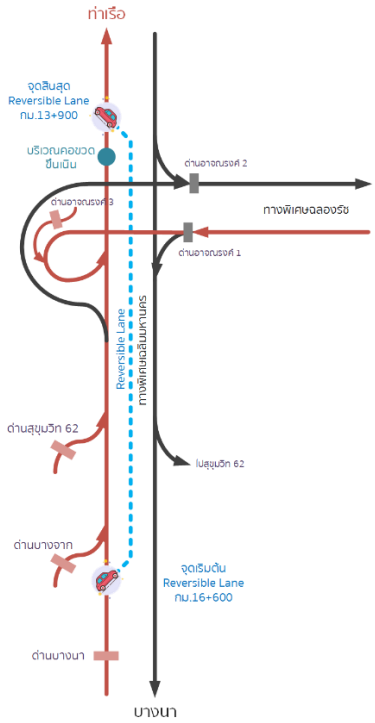
รูปที่ 3 กรณีที่ 1 ปรับเปลี่ยนแนวช่องจราจร (Restriping case)

- กรณีที่ 2 การตีเส้นทึบจัดการจราจร (Solid line case) ดำเนินการตีเส้นทึบเพื่อจัดการจราจรบังคับทิศทางไม่ให้เกิดการตัดกระแสจราจรในบริเวณทางร่วม – ทางแยก แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กรณีที่ 2 การตีเส้นทึบจัดการจราจร (Solid line case)

- กรณีที่ 3 การเปิดช่องจราจรสวนทาง (Reversible lane case) ในช่วงเวลาเร่งด่วนเพื่อเพิ่มความสามารถในการระบายปริมาณจราจร แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 กรณีที่ 3 การเปิดช่องจราจรสวนทาง (Reversible lane case)

4. ผลการศึกษา

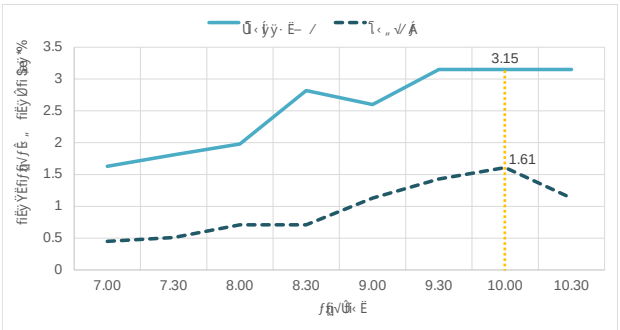
4.1 สภาพจราจรในพื้นที่ศึกษา

สภาพจราจรบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์ ทางพิเศษเฉลิมมหานคร เกิดจากกระแสจราจรสะสมที่ต้องการเดินทางเพื่อมุ่งหน้าท่าเรือ โดยเริ่มจากปริมาณจราจรที่เข้าด่านเก็บค่าผ่านทางฯ บางนา ด่านเก็บค่าผ่านทางฯ บางจาก ด่านเก็บค่าผ่านทางฯ สุขุมวิท 62 ด่านเก็บค่าผ่านทางฯ อาจณรงค์ 3 และปริมาณจราจรที่มาจากทางพิเศษฉลองรัช (ด่านเก็บค่าผ่านทางฯ อาจณรงค์ 1) ที่มีการจราจรหนาแน่นในช่วงเร่งด่วนเช้าตั้งแต่เวลา 7.00 น. โดยมีการจราจรหนาแน่นที่สุดในช่วงเวลา 10.00 น. ปริมาณจราจรเข้า – ออกสูงสุดบริเวณพื้นที่ศึกษา แสดงดังตารางที่ 1

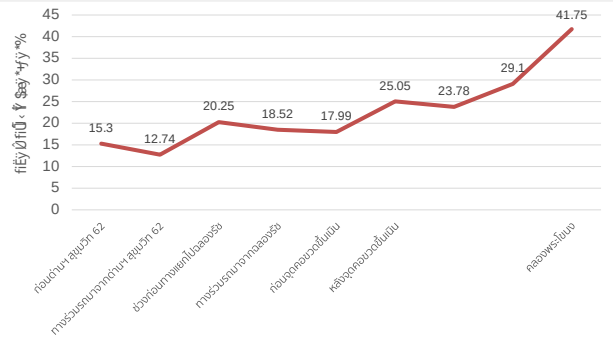
ตารางที่ 1 ปริมาณจราจรเข้า – ออกบริเวณพื้นที่ศึกษา

จุดทางเข้า – ออก บริเวณพื้นที่ศึกษา	ปริมาณจราจร (คันต่อชั่วโมง)	
	เข้า	ออก
ด่านเก็บค่าผ่านทางฯ บางนา	4,900	-
ด่านเก็บค่าผ่านทางฯ บางจาก	1,600	-
ด่านเก็บค่าผ่านทางฯ สุขุมวิท 62	1,300	-
ทางแยกเชื่อมต่อไปทางพิเศษฉลองรัช	-	600
ด่านเก็บค่าผ่านทางฯ อาจณรงค์ 3	160	-
ด่านเก็บค่าผ่านทางฯ อาจณรงค์ 1	1,350	-
รวม	9,310	600

แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณจราจรต้องการเดินทางผ่านบริเวณคอขวดสูงสุดประมาณ 8,700 คันต่อชั่วโมง ทำให้เกิดการจราจรติดขัดตั้งแต่บริเวณคอขวด ทางแยกต่างระดับอาจณรงค์ เป็นช่วงชะลอความเร็วยาวสะสมทั้ง 2 สายทาง ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกตการณ์จากกล้อง CCTV บนทางพิเศษ พบว่า ทางพิเศษเฉลิมมหานครมีช่วงชะลอความเร็วยาวถึงบริเวณหลังด่านเก็บค่าผ่านทางฯ บางนา ระยะทางสูงสุด 3.15 กิโลเมตร และทางพิเศษฉลองรัชมีช่วงชะลอความเร็วยาวเลยบริเวณ Ramp ทางแยกไปบางนา – ท่าเรือ ระยะทางสูงสุด 1.61 กิโลเมตร แสดงดังรูปที่ 6 และเก็บรวบรวมข้อมูลความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางบนทางพิเศษเฉลิมมหานครบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางฯ สุขุมวิท 62 ถึงบริเวณคอขวดในช่วงเวลา 10.00 น. โดยอุปกรณ์บันทึกข้อมูลการเดินทาง (GPS Data Logger) แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 ช่วงชะลอความเร็วเฉลี่ยบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์



รูปที่ 7 ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางในช่วงเวลา 10.00 น.

4.2 การปรับเทียบแบบจำลองสภาพจราจร

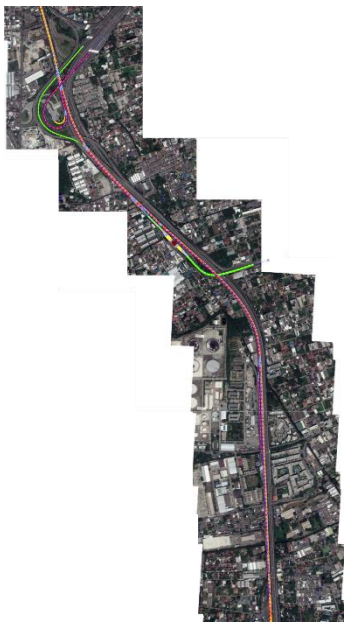
การสร้างแบบจำลองสภาพจราจรแบบจุลภาคสำหรับสภาพจราจรปัจจุบัน (Base case) แสดงดังรูปที่ 8 จำเป็นต้องดำเนินการปรับเทียบแบบจำลองให้มีความเสมือนกับสภาพจราจรจริงมากที่สุด การปรับเทียบแบบจำลองใช้เกณฑ์สำหรับการปรับเทียบแบบจำลองของ DMRB หรือ Design Manual for Roads and Bridges เป็นเกณฑ์ปรับ เทียบจากการคำนวณค่า GEH โดยสูตรการคำนวณค่า GEH มีดังนี้ [6]

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

เมื่อ M = ค่าจากการประมาณของแบบจำลอง

C = ค่าจากการสำรวจสภาพจราจรจริง

โดยค่า GEH ที่มีค่าน้อยกว่า 5 จะถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ซึ่งการปรับเทียบความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุด และความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง แสดงดังตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 8 แบบจำลองสภาพจราจรปัจจุบัน (Base case)

ตารางที่ 2 การปรับเทียบความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุด

ทางพิเศษ	ความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุด (เมตร)		GEH (<5)
	จากสภาพจราจรจริง	จากแบบจำลอง	
เฉลิมมหานคร	3150	3080	1.25
ฉลองรัช	1610	1500	2.79

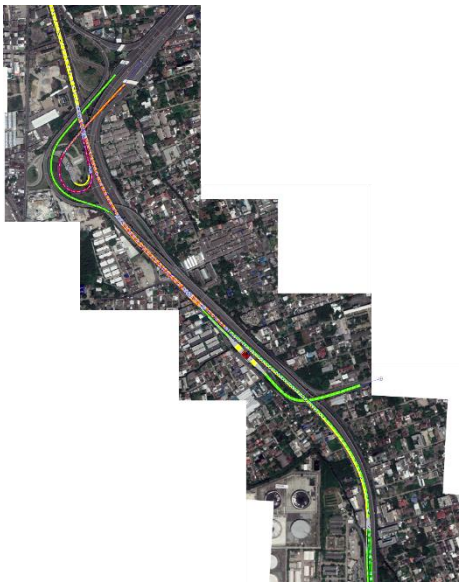
ตารางที่ 3 การปรับเทียบความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง

ช่วงทางพิเศษ	ความเร็วเฉลี่ยการเดินทางในแต่ละช่วง (กม./ชม.)		GEH (<5)
	จากสภาพจราจรจริง	จากแบบจำลอง	
ก่อนด่านฯ สุขุมวิท 62	15.30	14.06	0.32
ทางร่วมรถมาจากด่านฯ สุขุมวิท 62	12.74	11.96	0.22
ก่อนทางแยกไปฉลองรัช	20.25	13.42	1.66
ทางร่วมรถมาจากฉลองรัช	18.52	14.87	0.89
ก่อนจุดคอขวดขึ้นเนิน	17.99	14.71	0.81
หลังจุดคอขวดขึ้นเนิน	25.05	28.89	0.74

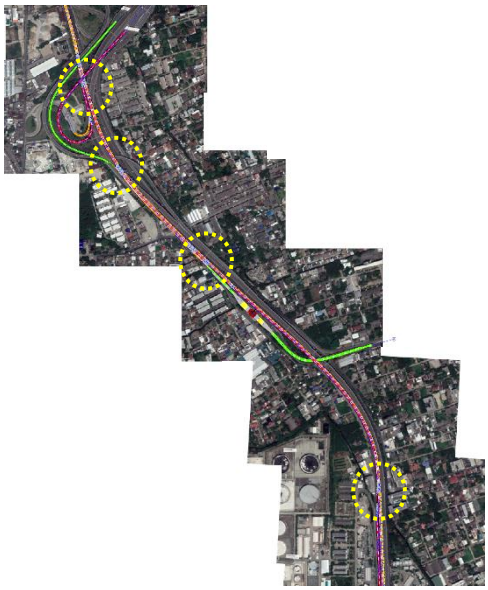
จากตารางที่ 2 และ 3 พบว่า ความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุด และความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางมีค่า GEH น้อยกว่า 5 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความน่าเชื่อถือ สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นตัวแทนของสภาพจราจรจริงในพื้นที่ศึกษาได้

4.3 แบบจำลองกรณีที่ 1 ปรับเปลี่ยนแนวช่องจราจร (Restriping case)

ผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองกรณีที่ 1 ปรับเปลี่ยนแนวช่องจราจร (Restriping case) โดยการปรับเปลี่ยนการวางแนวคอนกรีตเกาะกลางขยายเพิ่มพื้นที่ไปในทิศทางฝั่งขาออกมุ่งหน้าบางนาโดยการใช้พื้นที่ไหล่ทาง (จากเดิมมี 3 ช่องจราจรและไหล่ทางด้านซ้ายเหลือเป็น 3 ช่องจราจร) เพื่อเพิ่มความกว้างช่องจราจรฝั่งขาเข้ามุ่งหน้าท่าเรือบริเวณคอขวดขึ้นเนินเป็น 4 ช่องจราจรใหญ่ ขนาดช่องละ 3.5 เมตร แสดงดังรูปที่ 9 และตารางที่ 4



รูปที่ 9 แบบจำลองกรณีที่ 1 ปรับเปลี่ยนแนวช่องจราจร (Restriping case)



รูปที่ 10 แบบจำลองกรณีที่ 2 การตีเส้นทึบจัดการจราจร (Solid line case)

ตารางที่ 4 ผลจากแบบจำลองกรณีที่ 1 ปรับเปลี่ยนแนวช่องจราจร (Restriping case)

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ	ทางพิเศษเฉลิมมหานคร	ทางพิเศษฉลองรัช
ความเร็วเฉลี่ยก่อนจุดคอขวดขึ้นเนิน (กม./ชม.)	24.64	11.32
ความเร็วเฉลี่ยหลังจุดคอขวดขึ้นเนิน (กม./ชม.)	45.78	-
ความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุด (กม.)	1.34	0.52
เวลาเฉลี่ยการเดินทาง (นาที/กม.)	5.22	6.74
ปริมาณจราจรที่ระบายได้บริเวณจุดคอขวด (คัน/ชม.)	8,581	-

ผลการศึกษาพบว่า สภาพจราจรทั้งทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษฉลองรัชมีแนวโน้มความเร็วเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุดและเวลาเฉลี่ยในการเดินทางลดลง เนื่องจากปริมาณจราจรที่สามารถระบายได้บริเวณจุดคอขวดเพิ่มขึ้นจาก 7,259 คันต่อชั่วโมง เป็น 8,581 คันต่อชั่วโมง ช่วยให้สภาพการจราจรติดขัดบรรเทาลง

4.4 แบบจำลองกรณีที่ 2 การตีเส้นทึบจัดการจราจร (Solid line case)

ผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองกรณีที่ 2 การตีเส้นทึบจัดการจราจร (Solid line case) ทดลองมาตรการการตีเส้นทึบเพื่อจัดการจราจรบังคับทิศทางไม่ให้เกิดการตัดกระแสจราจรในบริเวณทางร่วม – ทางแยก ได้แก่ จุดทางร่วมรถมาจากด่านเก็บค่าผ่านทางฯ บางจาก จุดทางร่วมรถมาจากด่านเก็บค่าผ่านทางฯ สุขุมวิท 62 ทางแยกเชื่อมต่อไปทางพิเศษฉลองรัช และจุดทางร่วมรถมาจากทางพิเศษฉลองรัช แสดงดังรูปที่ 10 และตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลจากแบบจำลองกรณีที่ 2 การตีเส้นทึบจัดการจราจร (Solid line case)

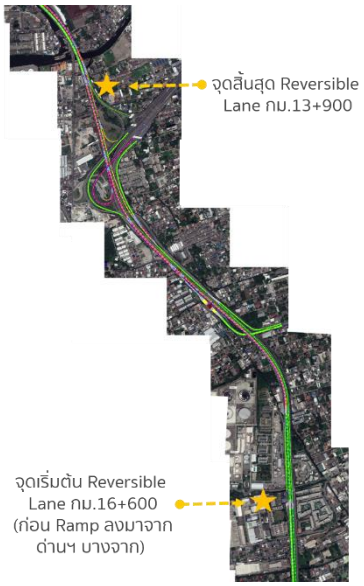
ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ	ทางพิเศษเฉลิมมหานคร	ทางพิเศษฉลองรัช
ความเร็วเฉลี่ยก่อนจุดคอขวดขึ้นเนิน (กม./ชม.)	15.57	5.52
ความเร็วเฉลี่ยหลังจุดคอขวดขึ้นเนิน (กม./ชม.)	31.91	-
ความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุด (กม.)	2.62	1.31
เวลาเฉลี่ยการเดินทาง (นาที/กม.)	12	14.53
ปริมาณจราจรที่ระบายได้บริเวณจุดคอขวด (คัน/ชม.)	7,513	-

ผลการศึกษาพบว่า สภาพจราจรทั้งทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษฉลองรัชมีแนวโน้มความเร็วเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุดและเวลาเฉลี่ยในการเดินทางลดลง เนื่องจากปริมาณจราจรที่สามารถระบายได้บริเวณจุดคอขวดเพิ่มขึ้นจาก 7,259 คันต่อชั่วโมง เป็น 7,513 คันต่อชั่วโมง ช่วยให้สภาพจราจรติดขัดบรรเทาลงแต่น้อยกว่ากรณีที่ 1 ปรับเปลี่ยนแนวช่องจราจร (Restriping case)

4.5 แบบจำลองกรณีที่ 3 การเปิดช่องจราจรสวนทาง (Reversible lane case)

ผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองกรณีที่ 3 การเปิดช่องจราจรสวนทาง (Reversible lane case) จำนวน 1 ช่องจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนตั้งแต่จุดเริ่มต้น กม.16+600 (บริเวณก่อนจุดทางร่วมรถมาจากด่านเก็บค่าผ่านทางฯ บางจาก) ถึงจุดสิ้นสุด กม.13+900 (บริเวณหลังจุดคอขวดขึ้น

เนิน) เป็นระยะทาง 2.7 กิโลเมตร เพื่อเพิ่มความสามารถในการระบายปริมาณจราจร แสดงดังรูปที่ 11 และตารางที่ 6



รูปที่ 11 แบบจำลองกรณีที่ 3 การเปิดช่องจราจรสวนทาง (Reversible lane case)

ตารางที่ 6 ผลจากแบบจำลองกรณีที่ 3 การเปิดช่องจราจรสวนทาง (Reversible lane case)

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ	ทางพิเศษเฉลิมมหานคร	ทางพิเศษฉลองรัช
ความเร็วเฉลี่ยก่อนจุดคอขวดขึ้นเนิน (กม./ชม.)	14.07	**2.7**
ความเร็วเฉลี่ยหลังจุดคอขวดขึ้นเนิน (กม./ชม.)	**14.26**	-
ความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุด (กม.)	1.87	**3.17**
เวลาเฉลี่ยการเดินทาง (นาที/กม.)	10.58	**30.35**
ปริมาณจราจรที่ระบายได้บริเวณจุดคอขวด (คัน/ชม.)	5,705	-
ปริมาณจราจร Reversible lane (คัน/ชม.)	1,705	-

ผลการศึกษาพบว่า สภาพจราจรบนทางพิเศษเฉลิมมหานครมีแนวโน้มความเร็วเฉลี่ยในช่วงก่อนจุดคอขวดขึ้นเนินไม่เปลี่ยนแปลง และช่วงหลังจุดคอขวดขึ้นเนินลดลง เนื่องจากรถที่เบี่ยงกลับเข้าสู่ช่องจราจรปกติหลังสิ้นสุด Reversible lane ความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุดและเวลาเฉลี่ยในการเดินทางลดลง เนื่องจากปริมาณจราจรที่สามารถระบายได้บริเวณจุดคอขวดรวมกับช่อง Reversible lane เพิ่มขึ้นจาก 7,259 คันต่อชั่วโมง เป็น 7,410 คันต่อชั่วโมง แต่สภาพจราจรบนทางพิเศษฉลองรัชมีแนวโน้มความเร็วเฉลี่ยลดลง ความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุดและเวลาเฉลี่ยในการเดินทางเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาถึงสภาพจราจรในฝั่งขาออกมุ่งหน้าบางนาที่ถูกลดช่องจราจรลง 1 ช่องจราจร พบว่าได้รับผลกระทบอย่างมากเกิดการจราจรติดขัดบริเวณจุด Reversible lane กม.13+900 การระบายปริมาณจราจรลดลงเฉลี่ยร้อยละ 12.39 และความเร็วเฉลี่ยลดลงร้อยละ 51

4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแนวทางการแก้ไขปัญหาจราจรกับสภาพจราจรปัจจุบัน

การประเมินประสิทธิภาพและผลกระทบการจราจรของแนวทางการแก้ไขปัญหาจราจรมาตรการต่างๆ ในด้านความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุด ความเร็วเฉลี่ย เวลาเฉลี่ยการเดินทาง และปริมาณจราจรที่ระบายได้ ผลการศึกษาพบว่า แนวทางการแก้ไขปัญหาจราจรกรณีที่ 1 ปรับเปลี่ยนแนวช่องจราจร (Restriping case) เป็นแนวทางที่ช่วยบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัดได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด เนื่องจากส่งผลให้สภาพจราจรทั้งทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษฉลองรัชมีแนวโน้มดีขึ้น บนทางพิเศษเฉลิมมหานครความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุดมีแนวโน้มลดลงร้อยละ 56.49 ความเร็วเฉลี่ยก่อนจุดคอขวดขึ้นเนินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 78.55 ความเร็วเฉลี่ยหลังจุดคอขวดขึ้นเนินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 58.46 เวลาเฉลี่ยการเดินทางมีแนวโน้มลดลงร้อยละ 63 และปริมาณจราจรที่ระบายได้บริเวณจุดคอขวดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 18.21 และทางพิเศษฉลองรัชความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุดมีแนวโน้มลดลงร้อยละ 65.33 ความเร็วเฉลี่ยก่อนจุดคอขวดขึ้นเนินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 127.31 และเวลาเฉลี่ยการเดินทางมีแนวโน้มลดลงร้อยละ 58.24 โดยแสดงการเปรียบเทียบตัวชี้วัดประสิทธิภาพระหว่างแนวทางการแก้ไขปัญหาจราจรมาตรการต่างๆ กับสภาพจราจรปัจจุบัน (Base Case) ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบตัวชี้วัดประสิทธิภาพระหว่างแนวทางการแก้ไขปัญหาจราจรมาตรการต่างๆ กับสภาพจราจรปัจจุบัน (Base Case)

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ		ความเร็วเฉลี่ยก่อนจุดคอขวดขึ้นเนิน (กม./ชม.)	ความเร็วเฉลี่ยหลังจุดคอขวดขึ้นเนิน (กม./ชม.)	ความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุด (กม.)	เวลาเฉลี่ยการเดินทาง (นาที/กม.)	ปริมาณจราจรที่ระบายได้บริเวณจุดคอขวด (คัน/ชม.)
Base Case	ทางพิเศษเฉลิมมหานคร	13.80	28.89	3.08	14.11	7,259
	ทางพิเศษฉลองรัช	4.98	-	1.50	16.14	-
กรณีที่ 1	ทางพิเศษเฉลิมมหานคร	24.64	45.78	1.34	5.22	8,581
	ร้อยละเปรียบเทียบ	78.55%	58.46%	-56.49%	-63.00%	18.21%
	ทางพิเศษฉลองรัช	11.32	-	0.52	6.74	-

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ		ความเร็วเฉลี่ยก่อนจุดคอขวดขึ้นเนิน (กม./ชม.)	ความเร็วเฉลี่ยหลังจุดคอขวดขึ้นเนิน (กม./ชม.)	ความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุด (กม.)	เวลาเฉลี่ยการเดินทาง (นาที/กม.)	ปริมาณจราจรที่ระบายได้บริเวณจุดคอขวด (คัน/ชม.)
	ร้อยละเปรียบเทียบ	127.31%	-	-65.33%	-58.24%	-
กรณีที่ 2	ทางพิเศษเฉลิมมหานคร	15.57	31.91	2.62	12	7,513
	ร้อยละเปรียบเทียบ	12.83%	10.45%	-14.94%	-14.95%	3.50%
	ทางพิเศษฉลองรัช	5.52	-	1.31	14.53	-
	ร้อยละเปรียบเทียบ	10.84%	-	-12.67%	-9.98%	-
กรณีที่ 3	ทางพิเศษเฉลิมมหานคร	14.07	14.26	1.87	10.58	7,410
	ร้อยละเปรียบเทียบ	1.96%	-50.64%	-39.29%	-25.02%	2.08%
	ทางพิเศษฉลองรัช	2.7	-	3.17	30.35	-
	ร้อยละเปรียบเทียบ	-45.78%	-	111.33%	88.04%	-

5. ผลการศึกษา

การประเมินผลแนวทางแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์ด้วยการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค สามารถสรุปได้ว่าแนวทางแก้ไขปัญหาการจราจรที่เหมาะสม คือ กรณีที่ 1 ปรับเปลี่ยนแนวช่องจราจร (Restriping case) เนื่องจากสามารถบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัดด้วยการประเมินทั้งในด้านความยาวช่วงชะลอความเร็วสูงสุด ความเร็วเฉลี่ย เวลาเฉลี่ยการเดินทาง และปริมาณจราจรที่ระบายได้มีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือ กรณีที่ 2 การตีเส้นทึบจัดการจราจร (Solid line case) ที่ช่วยบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัดได้เช่นกัน แต่ช่วยให้สภาพจราจรติดขัดบรรเทาลงน้อยกว่ากรณีที่ 1 และพบว่าแนวทางแก้ไขปัญหาการ จราจรกรณีที่ 3 การเปิดช่องจราจรสวนทาง (Reversible lane case) ไม่เหมาะสมกับบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์ เนื่องจากบริเวณนี้มีปริมาณจราจรสูงทั้งสองทิศทางขาเข้าและขาออก ทำให้การเปิดช่องจราจรสวนทางส่งผลกระทบให้เกิดการจราจรติดขัดในทิศทางฝั่งขาออกมุ่งหน้าบางนาได้ ดังนั้น แนวทางแก้ไขปัญหาการจราจรดังกล่าวอาจช่วยบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณทางแยกต่างระดับอาจณรงค์ให้ดียิ่งขึ้นได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณพนักงานและลูกจ้างการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ทุกท่าน ที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลและให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Federal Highway Administration (2010). Localized Bottleneck Congestion Analysis: Focusing on what analysis tools are available, necessary, and productive in localized congestion remediation, Report FHWA-HOP-09-042, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington DC.

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

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

[4] Rao, A.M. and Rao, K.R. (2015). Microscopic Simulation to Evaluation the Traffic Congestion Mitigation Strategies on Urban Arterials. European Transport / Transparti Europei, Issue 58.

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

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