



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

ผลกระทบด้านการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง กรณีศึกษา ทางหลวงหมายเลข 402 ตอน หมากปรก-เมืองภูเก็ต

Traffic impacts at construction areas: a case study of Markprok-Muang Phuket section, highway 402

กิตติพงษ์ พึ่งล้อม* อรกมล วังอภิสิทธิ์

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

Kittipong Punglom* Ornkamon Wang-a-pisit

Department of Civil and Environment Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkhla 90110

* Corresponding author.

E-mail: kittipong.punglom@gmail.com; Telephone: 06 2946 6363

วันที่รับบทความ 24 สิงหาคม 2564; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 2 พฤศจิกายน 2564 ; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 2 3 กุมภาพันธ์ 2565

วันที่ตอบรับบทความ 8 มีนาคม 2565

บทคัดย่อ

การก่อสร้าง บูรณะ และบำรุงรักษาถนน มีความจำเป็นที่จะต้องปิดพื้นที่การจราจรบางส่วนเพื่อใช้เป็นพื้นที่ในการก่อสร้าง กองเก็บวัสดุ และจัดเตรียมเครื่องจักร ซึ่งการปิดพื้นที่ดังกล่าว มักจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการจราจรโดยรอบโครงการ ซึ่งทำให้การเคลื่อนตัวของกระแสจราจรช้าลง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษผลกระทบด้านการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง ที่มีการประยุกต์ใช้มาตรฐานของกรมทางหลวงในการจัดการจราจร และพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค บนพื้นที่ศึกษาถนนทางหลวงหมายเลข 402 ตอน หมากปรก-เมืองภูเก็ต กิโลเมตรที่ 41+140 ถึง 42+220 โดยพิจารณาจากเวลาในการเดินทางและความล่าช้าในการเดินทางของยานพาหนะที่เคลื่อนที่จากพื้นที่เตือนล่วงหน้า ไปจนถึงพื้นที่สิ้นสุดการก่อสร้าง ผลการศึกษาพบว่า การจัดการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้างโดยใช้มาตรฐานของกรมทางหลวง โดยมีระยะสอบเข้า (taper) 20 เมตร ทำให้อานพาหนะใช้เวลาในการเดินทางเฉลี่ย 302.62 วินาที เกิดความล่าช้าในการเดินทางเฉลี่ย 92.30 วินาทีต่อคัน มีระดับการให้บริการอยู่ในระดับ F และเมื่อมีการปรับระยะสอบเข้าเพิ่มเป็น 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140 และ 150 เมตร พบว่า ที่ระยะสอบเข้า 90 เมตร ยานพาหนะใช้เวลาในการเดินทางเฉลี่ย 286.58 วินาที และเกิดความล่าช้าในการเดินทางเฉลี่ย 75.29 วินาทีต่อคัน ซึ่งมีความเหมาะสมที่สุดในการจัดการจราจร โดยสามารถลดเวลาในการเดินทางเฉลี่ยลงได้ร้อยละ 5 และลดความล่าช้าในการเดินทางเฉลี่ยลงได้ร้อยละ 18 เมื่อเทียบกับระยะสอบเข้าเดิมที่ 20 เมตร และมีระดับการให้บริการอยู่ในระดับ E อีกทั้งยังรบกวนพื้นที่การจราจรน้อยกว่าระยะสอบเข้าที่ 100, 110, 120, 130, 140 และ 150 เมตร โดยให้ประสิทธิภาพด้านการเคลื่อนตัวของจราจรที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลที่ได้รับจากการศึกษานี้จะสามารถนำไปเป็นแนวทางในการจัดการการจราจรของบริเวณพื้นที่ก่อสร้างที่มีลักษณะใกล้เคียงกันในบริเวณพื้นที่อื่น ๆ ต่อไป

คำสำคัญ

ผลกระทบด้านการจราจร พื้นที่ก่อสร้างทาง แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ระยะสอบเข้า

Abstract

The construction, reconstruction, and maintenance of roads require closures of some traffic lanes for project zones, material storage, and machine preparation. This requirement often causes traffic flow surrounding the construction projects to be slowing down. The present study aims at investigating such a traffic impact from using the Department of

Highways (DOH) standards in traffic management at work zone. A traffic micro-simulation modeling was developed for a case study of highway No. 402 section Markprok to Muang Phuket from STA. 41+140 to 42+220 km. The model considers the travel time and delay time of vehicles moving from the early warning area to the termination area. The results showed that the base case construction areas of 20 meters taper length resulted in an average vehicle travel time of 302.62 seconds and delay time of 92.30 seconds per vehicle. The quality of service is LOS F. Afterward, the taper lengths were adjusted to 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, and 150-meters. The 90-meter taper length resulted in an average travel time of 286.58 seconds and a delay time of 75.29 seconds per vehicle. This taper length is recommended as the most suitable for traffic management. It showed that the average travel time and the delay time could be reduced by 5 percent and 18 percent, respectively, compared to those of the base case. The quality of service is E. The 90-meter taper length also disrupted the traffic area less than the 100, 110, 120, 130, 140, and 150-meter taper length without any significant difference in traffic flow efficiency. The results obtained from this study can be adopted as a guideline for traffic management on similar construction sites in other areas.

Keywords

traffic impacts; road construction work zone; traffic micro-stimulation modeling; road taper

1. บทนำ

การขนส่งทางถนนเป็นการขนส่งหลักของประเทศ ซึ่งมีสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 80 ของการขนส่งทั้งหมด ถนนจึงมีความสำคัญต่อการใช้ชีวิตประจำวันเป็นอย่างมากทั้งในด้านสังคม เศรษฐกิจ และความเป็นอยู่ของประชาชน อย่างไรก็ตาม ถนนมีอายุการใช้งานที่จำกัด เมื่อมีการใช้งานเป็นประจำอาจส่งผลให้เกิดความเสียหายชำรุด ส่งผลให้มีการก่อสร้าง บำรุงและบำรุงรักษาถนนอยู่เป็นประจำ เพื่อให้ผู้ใช้รถใช้ถนนได้ใช้งานถนนอย่างมีประสิทธิภาพ และมีความปลอดภัยสูงสุด [1]

กระบวนการและขั้นตอนการก่อสร้าง บำรุง และบำรุงรักษาถนน มีความจำเป็นต้องปิดพื้นที่การจราจรบางส่วน เพื่อใช้เป็นที่การก่อสร้าง ซึ่งการปิดพื้นที่จราจรมักส่งผลกระทบต่อโดยตรงต่อบริเวณใกล้เคียง ทำให้การเคลื่อนตัวของจราจรช้าลง และหากการจัดการจราจรระหว่างการก่อสร้างไม่รัดกุมเพียงพอ อาจส่งผลให้เกิดการจราจรติดขัดยาวต่อเนื่อง และอาจเป็นต้นเหตุให้เกิดอันตรายกับผู้ใช้รถใช้ถนนและผู้ปฏิบัติงานได้ ดังนั้นการจัดการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้างจึงเป็นขั้นตอนและกระบวนการที่สำคัญมาก และเป็นหนึ่งในเครื่องมือสำหรับช่วยให้การจราจรเคลื่อนตัวผ่านบริเวณพื้นที่ก่อสร้างได้อย่างเป็นระเบียบและมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ถนนและผู้ปฏิบัติงาน [2]

ปัจจุบันวิธีการจัดการจราจรบริเวณพื้นที่การก่อสร้างทางนั้น มีการนำคู่มือเครื่องหมายควบคุมการจราจรในงานก่อสร้าง งานบำรุง และงานบำรุงรักษาทางหลวงแผ่นดิน ซึ่งเป็นคู่มือ

ของกรมทางหลวง มาประยุกต์ใช้ โดยเป็นคู่มือที่ครอบคลุมเนื้อหา ข้อกำหนดในการนำไปใช้ ระยะการติดตั้ง รูปแบบแนะนำการติดตั้งป้ายและเครื่องหมายจราจรสำหรับลักษณะงานแบบต่าง ๆ [3] แต่จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่ายังไม่ได้มีการศึกษาผลกระทบของการประยุกต์ใช้มาตรฐานดังกล่าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณช่วงการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ก่อสร้าง ซึ่งเป็นจุดคอขวด อันส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการเดินทาง อีกทั้งยังไม่มี การตรวจสอบและปรับแก้ระยะสอบเข้า (taper) ให้เหมาะสมกับพื้นที่ก่อสร้าง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อ การจราจรในเส้นทางการก่อสร้างได้

การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยในการทำการศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาทางด้านการจราจรที่กำลังเกิดขึ้นในปัจจุบันบนบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง พร้อมทั้งสามารถนำแบบจำลองไปใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านจราจรจากการจัดการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหา และสามารถลดผลกระทบทางด้านจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้างต่อไป

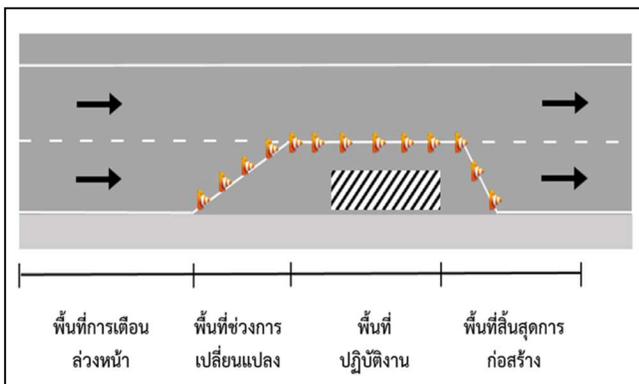
จากความสำคัญดังกล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลกระทบทางด้านจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้างที่มีการประยุกต์ใช้มาตรฐานของกรมทางหลวง ในการจัดการจราจร และได้ทำการศึกษาระยะสอบเข้า เพื่อหาระยะสอบเข้าที่เหมาะสมในการจัดการจราจรของพื้นที่ศึกษา โดยการพัฒนาระบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคด้วยโปรแกรม PTV

VISSIM ซึ่งเลือกศึกษาในกรณีของถนนทางหลวงหมายเลข 402 ตอน หมากปรก-เมืองภูเก็ท กิโลเมตรที่ 41+140 ถึง 42+220

2. ทบทวนวรรณกรรม

2.1 การแบ่งพื้นที่ในบริเวณงานก่อสร้างทาง

พื้นที่ในเขตงานก่อสร้างทางเป็นพื้นที่ที่มีการควบคุมการจราจรชั่วคราว เพื่อให้ผู้ใช้รถใช้ถนนทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของเส้นทางจราจรเนื่องจากการก่อสร้าง โดยสามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้ 1) พื้นที่การเตือนล่วงหน้า (advanced warning area) เป็นส่วนของพื้นที่จราจรที่ไว้วางใจเตือนผู้ใช้รถใช้ถนนทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่จราจรเนื่องจากการก่อสร้างหรือบำรุงรักษาทาง เพื่อป้องกันการเกิด



รูปที่ 1 พื้นที่บริเวณการก่อสร้างทาง

อุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ใช้รถใช้ถนนและผู้ปฏิบัติงาน 2) พื้นที่ช่วงการเปลี่ยนแปลง (transition area) เป็นช่วงถนนที่มีการเปลี่ยนแปลงจากเส้นทางจราจรปกติเข้าสู่พื้นที่ปฏิบัติงาน การควบคุมจราจรของพื้นที่นี้จะมีการใช้มาตรการที่เกี่ยวข้องกับระยะสอบเข้า (taper) เพื่อให้ผู้ใช้รถใช้ถนนสามารถเปลี่ยนช่องทางจราจรได้อย่างปลอดภัยก่อนเข้าสู่พื้นที่ปฏิบัติงาน 3) พื้นที่ปฏิบัติงาน (activity area) เป็นพื้นที่ถนนที่มีการก่อสร้าง โดยมีการแบ่งพื้นที่จราจรสำหรับผู้ใช้รถใช้ถนนให้ผู้ปฏิบัติงานได้วางเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับปฏิบัติงาน และมีการติดตั้งป้ายจราจรแสดงถึงเขตงานก่อสร้าง เพื่อให้ข้อมูลแก่ผู้ใช้รถใช้ถนน และ 4) พื้นที่สิ้นสุดการก่อสร้าง

(termination area) เป็นพื้นที่จราจรที่ใช้ออกผู้ใช้รถใช้ถนนทราบถึงจุดสิ้นสุดการก่อสร้างแล้วเข้าสู่การจราจรปกติ [3] แสดงดังรูปที่ 1

2.2 ระยะสอบเข้า (Taper)

การสอบเข้าช่องจราจรอาจนำไปใช้ได้ ทั้งในส่วนในพื้นที่ช่วงการเปลี่ยนแปลง และพื้นที่ช่วงสิ้นสุดการก่อสร้างของบริเวณพื้นที่งานก่อสร้างทาง ระยะการสอบเข้านั้นสามารถปรับค่าได้ตามความเหมาะสม โดยขึ้นอยู่กับความเร็วของยานพาหนะและลักษณะของทางบริเวณพื้นที่ก่อสร้างทาง ซึ่งการเบี่ยงแนวจราจรตามมาตรฐานกรมทางหลวง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการลดความกว้างของผิวทาง จำเป็นต้องจัดระยะสอบเข้าให้เพียงพอ มิฉะนั้นจะทำให้การจราจรไม่สะดวก เกิดปัญหาติดขัดแบบคอขวด และอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย โดยระยะสอบเข้าควรยาวไม่น้อยกว่า 150 เมตร แต่ถ้าเป็นถนนในเมืองอาจลดลงเหลือประมาณ 90 เมตร อย่างไรก็ตาม การกำหนดระยะที่สอบเข้าจะต้องคำนึงถึงความลาดชัน และโค้งด้วย [2]

มาตรฐานของกรมการขนส่งของรัฐฟลอริดา (Florida Department of Transportation: FDOT) กำหนดมาตรฐานการจัดการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง โดยกำหนดระยะสอบเข้าสำหรับการจัดการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้างที่ปิดช่องทางหรือการก่อสร้างจำนวน 1 ช่องจราจร ในบริเวณพื้นที่แจ้งเตือนล่วงหน้า ต้องมีระยะแจ้งเตือนล่วงหน้า 150-500 เมตร และบริเวณพื้นที่เบี่ยงการจราจร ต้องมีระยะสอบเข้า 60-100 เมตร สำหรับบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน และพื้นที่สิ้นสุดการปฏิบัติงาน อย่างไรก็ตามมาตรฐานนี้ไม่ได้ระบุระยะสอบเข้าที่แน่นอน โดยขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการจัดการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง [4]

มาตรฐานของรัฐบาลกลางสหรัฐอเมริกา (Manual on Uniform Traffic Control Device: MUTCD) กำหนดระยะสอบเข้าที่ปลอดภัยสำหรับการจัดการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง โดยแบ่งได้ดังนี้ 1) ระยะสอบเข้าเพื่อรวมการจราจร (merging taper) อย่างน้อย L 2) ระยะสอบเข้าเพื่อเบี่ยงการจราจร (shifting taper) อย่างน้อย 0.5L 3) ระยะสอบเข้าบริเวณไหล่ทาง (shoulder taper) อย่างน้อย 0.33L และ

4) ระยะสอบเข้าบริเวณสิ้นสุดงานก่อสร้าง (downstream taper) 30 เมตร ต่อช่องจราจร โดยสามารถคำนวณ L ได้จาก

1) กรณีความเร็วจำกัดน้อยกว่า 70 กม./ชม.

$$L = WS^2 / 155 \quad (1)$$

2) กรณีความเร็วจำกัดที่ 70 กม./ชม. หรือมากกว่า

$$L = WS / 1.6 \quad (2)$$

โดยที่ L = ระยะสอบเข้า (ม.)

W = ความกว้างของระยะ offset (ม.)

S = ความเร็วจำกัด (กม./ชม.) หรือความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ในช่วงนอกเวลาเร่งด่วน (off peak) [5]

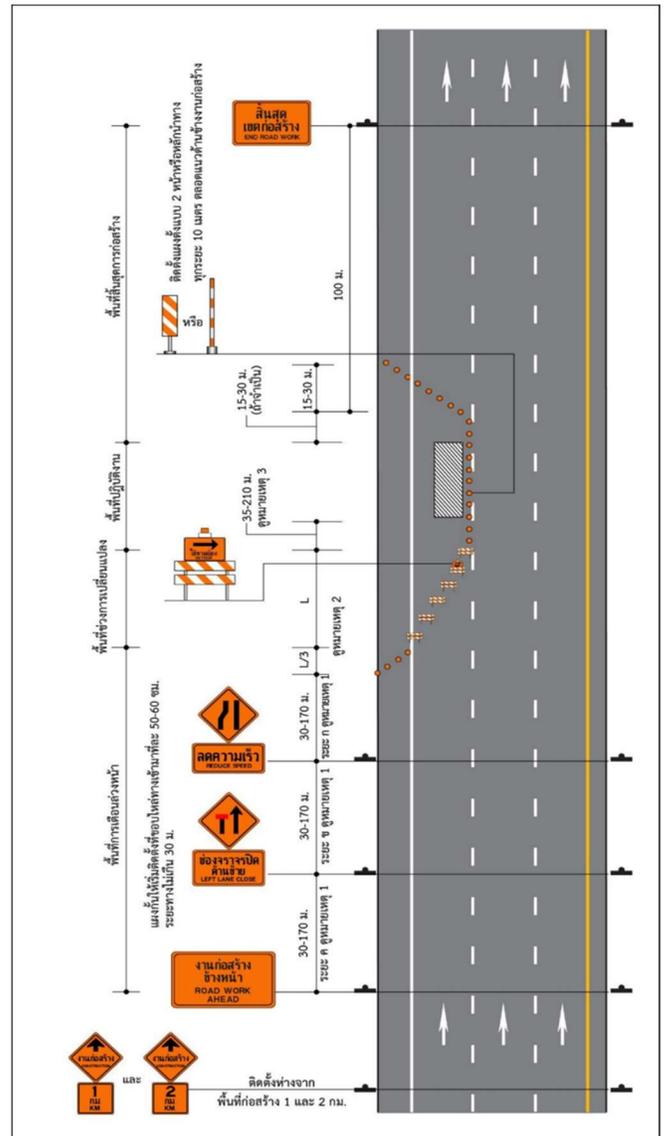
2.3 สภาพคอขวดของการจราจร (Traffic bottleneck)

สภาพคอขวดของการจราจร คือ การหยุดชะงักของการจราจรบนถนน ซึ่งบริเวณคอขวดเป็นจุดที่มีการไหลของกระแสจราจรเข้ามากกว่ากระแสจราจรออก โดยมีสาเหตุทั่วไปจาก 2 ปัจจัย ดังนี้ 1) จุดที่ตัดสินใจ (decision points) เช่น จุดที่เกิดการรวมกระแสจราจรเข้าด้วยกัน (merge areas) จุดที่เกิดการตัดกันของกระแสจราจร (weave areas) และจุดที่เกิดการลดจำนวนช่องจราจรลง (lane drops) และ 2) ลักษณะจำกัดทางกายภาพ (physical constraints) เช่น ทางโค้ง ทางที่มีลักษณะแคบ และถนนที่ไม่มีไหล่ทาง เป็นต้น ซึ่งการปรับปรุงแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณคอขวดบริเวณพื้นที่ก่อสร้างทาง สามารถทำได้โดยปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของถนน ด้วยการใช้แนวทางการปรับปรุงทางวิศวกรรมจราจรที่ใช้งบประมาณน้อย ได้แก่ การปรับปรุงแนวช่องจราจร (restriping) โดยการปรับปรุงจุดที่เกิดการตัดกันของกระแสจราจร และการติดตั้งป้ายจราจรเตือน (signs and signals) ทั้งก่อนเข้าและในบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง เพื่อเตือนให้ผู้ใช้รถใช้ถนนทราบถึงพื้นที่การก่อสร้างทางด้านหน้า และระมัดระวังในการใช้เส้นทาง [5]

2.4 แนวทางการจัดการการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้างตามมาตรฐานแนะนำของกรมทางหลวง

พื้นที่ก่อสร้างทางในงานวิจัยนี้ เป็นงานก่อสร้างบริเวณช่องจราจรขวา แต่เนื่องจากกรมทางหลวงไม่มีมาตรฐานหรือข้อแนะนำเฉพาะในการจัดการพื้นที่ก่อสร้าง กรณีการก่อสร้าง

อยู่ในช่องจราจรขวา งานวิจัยนี้จึงได้ประยุกต์ใช้รูปแบบการจัดการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้างของกรมทางหลวงที่เป็นการจัดการจราจรบริเวณช่องจราจรซ้าย ถึงแม้ว่าช่องจราจรขวามักจะเป็นช่องที่มีความเร็วจราจรสูง ในขณะที่ช่องจราจรซ้ายมักจะเป็นช่องที่มีความเร็วจราจรต่ำกว่า แต่พื้นที่ศึกษาของงานวิจัยนี้เป็นพื้นที่ในเขตเมือง ซึ่งจะมีความเร็วจราจรที่ใกล้เคียงกัน จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กันได้ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตัวอย่างการจัดการจราจรระหว่างงานก่อสร้างบริเวณช่องซ้ายสำหรับทางหลวงหลายช่องจราจร [3]

2.5 แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

แบบจำลองด้านจราจรสามารถจำแนกได้ 3 ระดับ [6] คือ ระดับมหภาค (macroscopic) ระดับกึ่งจุลภาค (mesoscopic) และระดับจุลภาค (microscopic) ขึ้นอยู่กับเป้าหมายของการนำไปใช้งานที่มีรูปแบบค่อนข้างหลากหลาย สำหรับการจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค มักใช้แบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกันของยวดยาน (car-following model) แบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจร (lane-changing model) และระยะระหว่างยานพาหนะที่ยอมรับได้ (gap acceptance) เป็นหลักการพื้นฐานในการจำลองการเคลื่อนที่ของยวดยาน แต่ละคัน โดยการขับชื้อของยวดยานคันหน้าที่มีการเพิ่มความเร็วดังกล่าว และหยุดรถ จะมีผลต่อการขับชื้อของยวดยานที่ขับตามมา ปัจจุบันมีการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคให้เลือกใช้งานอย่างแพร่หลาย ซึ่งแต่ละแบบจำลองมีสมรรถนะในการจำลองเหตุการณ์ได้แตกต่างกัน ซึ่งโปรแกรมที่นิยมใช้งานกัน ได้แก่ PTV VISSIM, AIMSUN, CORSIM, PARAMICS และ โปรแกรมอื่น ๆ ซึ่งมีสมรรถนะในการใช้งานที่แตกต่างกัน [7]

2.6 โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค PTV VISSIM

โปรแกรม PTV VISSIM เป็นแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคที่ใช้หลักการศึกษากฎการการขับชื้อมาใช้ประยุกต์ในการสร้างข้อมูลพื้นฐานของแบบจำลอง โดยโปรแกรม PTV VISSIM ถือเป็นเครื่องมือที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้ประเมินทางเลือกด้านการจราจร ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองประกอบด้วยตัวชี้วัดการจราจรด้านต่าง ๆ เช่น ปริมาณการจราจร ความล่าช้า ความยาวแถวคอย ความเร็ว และเวลาในการเดินทาง เป็นต้น ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมสามารถใช้ประเมินตัวชี้วัดการจราจรด้านต่าง ๆ ได้ เช่น เวลาที่ยานพาหนะใช้ในการเดินทาง และความล่าช้าของยานพาหนะที่ใช้ในการเดินทาง เป็นต้น [8, 9, 10, 11]

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Astarita et al. [9] ได้ประเมินความล่าช้าของการจราจรจากการก่อสร้างถนนทางหลวง 2 ช่องจราจร โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคด้วยโปรแกรม PTV VISSIM โดยกำหนดมาตรการในการปิดถนน 3 แนวทาง

ได้แก่ 1) การปิดตลอดทั้งส่วน เป็นการปิดถนนในทิศทางเดียวตลอดระยะทางที่มีการก่อสร้าง 2) การปิดบางส่วน โดยแบ่งเป็นหลาย ๆ ส่วน พื้นที่ก่อสร้างจะแบ่งออกเป็นหลายส่วน โดยไม่ได้ยึดติดกัน แต่จะเริ่มต้นทำงานในช่วงเวลาเดียวกัน และ 3) การปิดบางส่วน จากพื้นที่ก่อสร้างส่วนเดียว โดยในหนึ่งไซต์งานจะแบ่งพื้นที่การทำงานออกเป็นหลาย ๆ ส่วน การเริ่มต้นทำงานในแต่ละส่วนจะอยู่ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ผลการศึกษา พบว่า มาตรการที่ดีที่สุดคือทางเลือกที่ 3 เรียกว่า การแบ่งส่วน โดยทำให้เกิดเวลาล่าช้าที่น้อยที่สุด

Bhutani et al. [10] ได้ศึกษาผลกระทบด้านการจราจรที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าใต้ดิน ซึ่งเป็นลักษณะถนนที่มี 6 ช่องจราจร เชื่อมต่อระหว่างถนน GT และถนน Vikas ซึ่งอยู่ในประเทศอินเดีย ในการวิเคราะห์ผลกระทบนั้นได้ใช้โปรแกรม PTV VISSIM เพื่อสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณพื้นที่ก่อสร้าง เวลาในการเดินทางที่มุ่งหน้าสู่ถนน GT เพิ่มขึ้นร้อยละ 78.5 ความเร็วเฉลี่ยลดลง ร้อยละ 61.75 และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น ร้อยละ 40 ส่วนเวลาในการเดินทางที่มุ่งหน้าสู่ถนน Vikas เพิ่มขึ้นร้อยละ 138 ความเร็วเฉลี่ยลดลงร้อยละ 150 และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นร้อยละ 55

Yao et al. [11] ได้ศึกษาผลกระทบของพื้นที่ก่อสร้างต่อสภาพการจราจร โดยลักษณะของพื้นที่ศึกษาเป็นถนนสายหลักที่มีปริมาณการจราจรสูง ลักษณะของถนนมี 2 ช่องจราจร งานวิจัยนี้ได้ใช้มาตรการในการปรับปรุงสัญญาณไฟจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง รวมถึงศึกษาผลกระทบของระยะพื้นที่ก่อสร้าง และระยะของพื้นที่เปลี่ยนแปลงก่อนเข้าบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง วิเคราะห์สภาพการจราจรของพื้นที่ศึกษาโดยใช้โปรแกรม PTV VISSIM ในการวิเคราะห์ ตัวชี้วัดในงานวิจัยนี้คือ ค่าเฉลี่ยของความยาวแถวคอย ค่าเฉลี่ยของเวลาที่รถหยุดรอ และความล่าช้าของยานพาหนะ ผลการศึกษาพบว่า การปรับปรุงสัญญาณไฟจราจรให้เหมาะสม ช่วยลดความล่าช้าของยานพาหนะที่เคลื่อนที่ผ่านบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง และพบว่าระยะพื้นที่เปลี่ยนแปลงก่อนเข้าบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง จะมีผลกระทบต่อจราจรน้อยที่สุดที่ระยะ 50 ถึง 60 เมตร

Ideuw et al. [12] ได้ศึกษาระยะสอบเข้าที่เหมาะสมสำหรับการสอบเข้าช่องจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง โดยใช้

แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค โดยศึกษากรณีถนนสองช่องจราจรที่มีการปิดการจราจรเหลือเลนเดียว ที่มีความเร็วรถ 70 ไมล์/ชั่วโมง และกำหนดระยะสอบเข้าตามมาตรฐานของ MUTCD ที่ 840 ฟุต โดยได้ปรับระยะสอบเข้าที่เหมาะสมจากมาตรฐานเดิม เป็น 6 ระยะ ได้แก่ ระยะสอบเข้าที่ 462, 588, 714, 840, 966 และ 1,092 ฟุต ผลการศึกษาพบว่า ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของระยะสอบเข้าที่ส่งผลกระทบต่ออาการจราจร และพบว่าการมีอยู่ของรถบรรทุกจะลดประสิทธิภาพในการสอบเข้าของรถ โดยในแต่ละระยะสอบเข้าที่มีสัดส่วนของรถบรรทุกในระดับสูง จะส่งผลให้อัตราการไหลของการจราจรต่ำและเพิ่มการหยุดรถมากขึ้น

Theiss et al. [13] ได้ศึกษาระยะสอบเข้าที่เหมาะสมสำหรับการปิดช่องจราจรในช่วงระยะเวลาสั้น โดยศึกษากรณีถนนสองเลนที่มีการปิดการจราจรเหลือเลนเดียว ภายในระยะเวลาไม่เกิน 15 นาที ที่มีความเร็วรถไม่เกิน 45 ไมล์/ชั่วโมง และกำหนดระยะสอบเข้าตามมาตรฐานของ FDOT ที่ 540 ฟุต โดยได้ปรับระยะสอบเข้าจากมาตรฐานเดิม เป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะสอบเข้าที่ 100, 160 และ 540 ฟุต ผลการศึกษาพบว่า ระยะสอบเข้าที่ยาวกว่า จะทำให้รถจำนวนมากติดอยู่บริเวณจุดเริ่มต้นของการสอบเข้า แต่ระยะสอบเข้าที่ยาวขึ้น จะช่วยเพิ่มระยะการหยุดรถที่เพียงพอ เพื่อให้รถสามารถหยุดก่อนถึงพื้นที่ปฏิบัติงาน และแม้ว่าที่ระยะสอบเข้า 100 ฟุต จะทำให้รถติดน้อยลง แต่ที่ระยะสอบเข้าดังกล่าวก็ไม่ได้มีความเหมาะสมและไม่ให้ระยะการหยุดรถที่เพียงพอ

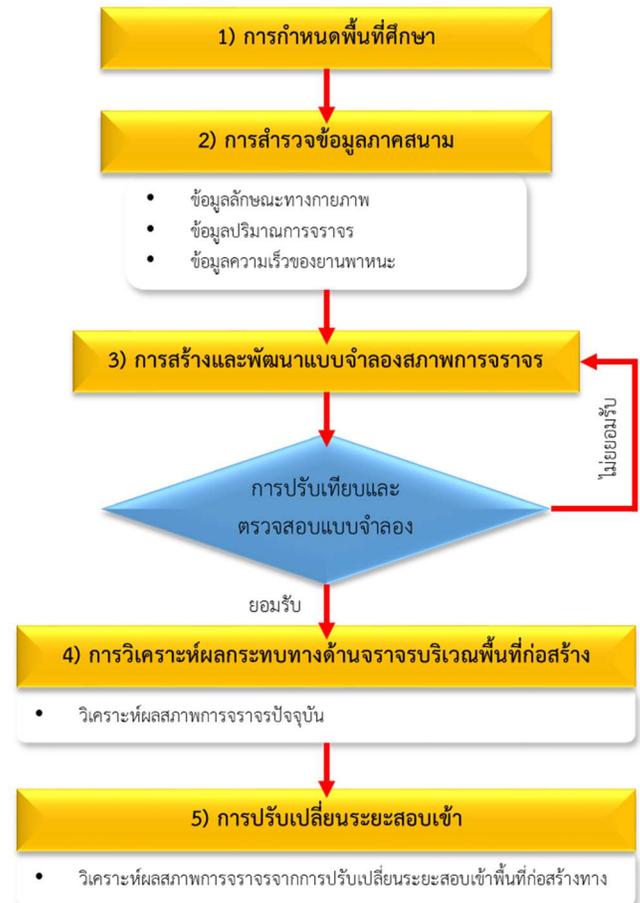
3. วิธีการดำเนินการวิจัย

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษา งานวิจัยนี้ได้กำหนดขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย แสดงดังรูปที่ 3 โดยมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอน ดังนี้

3.1 ขอบเขตของพื้นที่ศึกษา

การเดินทางในจังหวัดภูเก็ต มีทางหลวงหมายเลข 402 เป็นเส้นทางหลัก และมีทางหลวงจังหวัดรอบเกาะ รวมทั้งเส้นทางอื่น ๆ ที่แยกออกจากทางหลวงหมายเลข 402 ไปยังชุมชนและสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ จากรายงานผู้โดยสารเข้า-ออก ในพื้นที่จังหวัดภูเก็ตประจำปี 2557-2558 พบว่ามีจำนวนผู้เดินทางเข้า 6,719,182 คน และจำนวนผู้เดินทางออก

6,753,934 คน ซึ่งจากรายงานดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าปริมาณการจราจรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี อาจทำให้เกิดปัญหาด้านการจราจรต่าง ๆ ตามมา เช่น การจราจรติดขัดในภาวะชั่วโมงเร่งด่วน การจราจรติดขัดบริเวณพื้นที่ก่อสร้างทาง [14]



รูปที่ 3 ขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษาของงานวิจัย คือ โครงการบูรณะโครงข่ายทางหลวงเชื่อมโยงระหว่างภาค ทางหลวงหมายเลข 402 ตอนหมากปรก-เมืองภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต โดยเส้นทางการจราจร มีทิศมุ่งหน้าสู่อนุสาวรีย์ท้าวเทพกระษัตรี ท้าวศรีสุนทร แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 พื้นที่ศึกษา

3.2 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

การสำรวจข้อมูลภาคสนามเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคเพื่อใช้ในการศึกษาผลกระทบทางด้านจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง โดยข้อมูลที่ทำการสำรวจภาคสนาม มีดังนี้

3.2.1 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา

การสำรวจลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา เพื่อนำข้อมูลมาสร้างโครงข่ายถนนในแบบจำลองสภาพการจราจร ข้อมูลที่สำรวจ คือ ความกว้างของช่องจราจร จำนวนช่องจราจร การใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 2 ข้างทาง และการจัดการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้างทาง

3.2.2 ความเร็วของยานพาหนะและปริมาณการจราจร

การสำรวจความเร็วของยานพาหนะ (รถยนต์ จักรยานยนต์ และรถบรรทุก) ได้ใช้วิธีการสำรวจความเร็วแบบเฉพาะจุด (spot speed) โดยแบ่งพื้นที่สำรวจข้อมูล ออกเป็น 4 พื้นที่ (400 ตัวอย่างต่อพื้นที่) คือ บริเวณพื้นที่การเดินรถ ล่วงหน้า บริเวณพื้นที่ช่วงการเปลี่ยนแปลง บริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน และบริเวณพื้นที่สิ้นสุดการก่อสร้าง

สำหรับการสำรวจปริมาณการจราจร ได้ดำเนินการในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (07.00-09.00 น.) และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16.00-18.00 น.) โดยสำรวจในวันจันทร์ที่ 17 และวันอังคารที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2563 เพื่อนำข้อมูลในช่วงเวลาดังกล่าวมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

3.3 การสร้างและพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจร

การสร้างและพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรเป็นการนำข้อมูลต่าง ๆ จากการสำรวจข้อมูลภาคสนามมาสร้างเป็นแบบจำลอง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านจราจรที่เกิดขึ้น โดยการศึกษานี้ได้เลือกใช้โปรแกรม PTV VISSIM 8.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ได้รับการยอมรับและมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย มาใช้ในการสร้างและพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. สร้างแบบจำลองสภาพการจราจร โดยนำข้อมูลลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษาที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม คือ ความกว้างของช่องจราจร และจำนวนช่องจราจร และรูปแบบการจัดการจราจรระหว่างการก่อสร้างของกรมทางหลวง เพื่อให้แบบจำลองมีสภาพใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษาจริงมากที่สุด
2. นำเข้าข้อมูลตัวแปรสภาพการจราจรต่าง ๆ ที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม เช่น การกำหนดเส้นทางการสัญจรของยานพาหนะ ประเภทยานพาหนะ ปริมาณการจราจร สัดส่วนยานพาหนะ และความเร็วของยานพาหนะ เป็นต้น
3. ปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เพื่อให้แน่ใจว่าแบบจำลองสภาพการจราจร สามารถแสดงผลลัพธ์ออกมาได้อย่างถูกต้อง โดยเลือกตัวแปรบางตัวในแบบจำลองสภาพการจราจร มาทำการเปรียบเทียบ เพื่อให้ได้ค่าที่สอดคล้องกับพื้นที่จริงที่ได้จากการสำรวจภาคสนามและมีความน่าเชื่อถือ โดยสามารถใช้เกณฑ์ที่แนะนำจาก Wisconsin Department of Transportation (Wisconsin DOT) [15] แสดงดังตารางที่ 1 หลังจากนั้นตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองสภาพการจราจร ซึ่งใช้ค่าสถิติ Geoffrey E. Havers หรือ GEH โดยเป็นการเปรียบเทียบค่าปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม กับค่าปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองคำนวณได้จากสมการที่ (3) [16]

$$GEH_j = \sqrt{\frac{2(K_j - M_j)^2}{K_j + M_j}} \quad (3)$$

โดยที่ K_j คือ ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง
 M_j คือ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม

ตารางที่ 1 เกณฑ์การเปรียบเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับ
จุลภาคของ Wisconsin DOT [15]

Criteria and Measures	Calibration Acceptance Targets
Hourly flows, Model Versus Observed	
-Within 15%, for Flow < 2700 veh/h	> 85% of cases
-Within 100 veh/h, for Flow < 700 veh/h	> 85% of cases
-Within 400 veh/h, for Flow > 2700 veh/h	> 85% of cases
-GEH statistics < 5	> 85% of cases
Travel Times, Model Versus Observed	
Journey Times, Network	
-Within 15% (or 1 min, if higher)	> 85% of cases
Visual Audits	
-Individual Link Speeds Visually Acceptable Speed-Flow Relationship	To analyst's satisfaction
-Bottlenecks Visually Acceptable Queuing	To analyst's satisfaction

ค่าสถิติ GEH ที่มีค่าน้อยกว่า 5 หมายถึง ค่าปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม อยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนค่าสถิติ GEH ที่มีค่าระหว่าง 5 ถึง 10 หมายถึง ค่าปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม อยู่ในเกณฑ์พอใช้ แต่ถ้าค่าสถิติ GEH มีค่ามากกว่า 10 หมายถึง ค่าปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองไม่มีความสอดคล้องกับปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม [17, 18]

3.4 การวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง

การสร้างและพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง ทำให้สามารถทราบถึงผลกระทบทางด้านจราจรที่เกิดขึ้นได้ โดยการวิเคราะห์ผลกระทบทางด้าน

จราจรจะใช้ตัวชี้วัด ดังนี้ 1) ค่าเวลาในการเดินทาง (travel time) มีหน่วยเป็นวินาที 2) ค่าความล่าช้าในการเดินทาง (delay time) ในการศึกษาจะเป็นความล่าช้าแบบ travel time delay ซึ่งเป็นความล่าช้าที่เกิดจากการชะลอตัวเพื่อที่จะหยุด หรือการเร่งเพื่อที่จะเคลื่อนที่ของยานพาหนะ มีหน่วยเป็นวินาที/คัน และ 3) ระดับการให้บริการ (level of service) ของพื้นที่ศึกษา

3.5 การปรับเปลี่ยนระยะสอบเข้า

หลังจากการวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง พบว่าการจัดการจราจรบนพื้นที่ศึกษา ได้กำหนดระยะสอบเข้าพื้นที่ก่อสร้างที่ 20 เมตร ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ระยะการสอบเข้านั้นสามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ตามความเหมาะสม โดยขึ้นอยู่กับความเร็วของยานพาหนะ และลักษณะของทางบริเวณพื้นที่ก่อสร้างทาง จากการสำรวจของงานวิจัยนี้ พบว่าบริเวณช่วงการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ก่อสร้างทาง มีลักษณะเป็นจุดคอขวดที่เกิดจากการเบี่ยงช่องจราจรจาก 3 ช่องจราจร เหลือ 2 ช่องจราจร เพื่อเบี่ยงทิศทางการจราจรให้ออกจากพื้นที่ก่อสร้างทาง ซึ่งแนวทางแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณคอขวดบริเวณพื้นที่ก่อสร้างทางนั้น สามารถทำได้โดยปรับเปลี่ยนความยาวของระยะสอบเข้าให้มีความเหมาะสม เพื่อให้สามารถลดปัญหาการจราจรติดขัดลงได้ งานวิจัยนี้จึงนำแบบจำลองฐานสภาพการจราจรระดับจุลภาค (สภาพปัจจุบัน) ที่พัฒนาขึ้น มาประยุกต์ใช้ในการปรับเปลี่ยนระยะสอบเข้า โดยได้เพิ่มระยะสอบเข้าจากระยะเดิมของพื้นที่ศึกษาคือ 20 เมตร เพิ่มเป็น 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140 และ 150 เมตร แล้ววิเคราะห์ผลกระทบทางด้านจราจรจากเวลาในการเดินทางเฉลี่ย และความล่าช้าในการเดินทางเฉลี่ย ซึ่งได้จากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น หลังจากนั้นทำการเปรียบเทียบผลกระทบทางด้านจราจรที่เกิดขึ้นจากการปรับเปลี่ยนระยะสอบเข้าพื้นที่ก่อสร้าง โดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนด้วย Analysis of Variance (ANOVA) และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเวลาในการเดินทางและความล่าช้าในการเดินทางโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) [18] เพื่อหาระยะสอบเข้าที่เหมาะสมในการจัดการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้างของพื้นที่ศึกษา ซึ่งการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนดังกล่าว

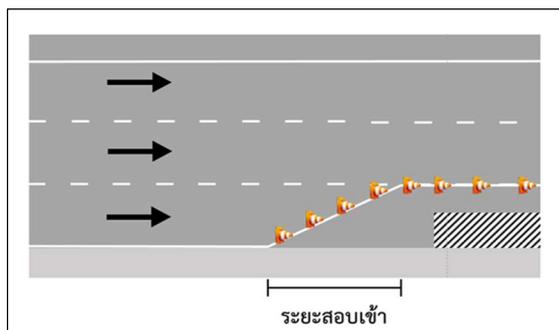
เป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย กรณีกลุ่มตัวอย่างที่มีมากกว่า 2 กลุ่ม ถ้าผลการวิเคราะห์มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 1 คู่ แตกต่างกัน แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าคู่ใดบ้าง จะต้องทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยใช้วิธี DMRT ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างได้ทุกกลุ่ม โดยไม่จำกัดจำนวนกลุ่มตัวอย่างเหมือนกับวิธีการอื่น ๆ สำหรับการแปลผลจากการวิเคราะห์ DMRT ที่นำเสนอในรูปแบบตารางนั้น จะพิจารณาจากตัวอักษรภาษาอังกฤษของค่าเฉลี่ยในกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มโดยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% [19]

4. ผลการศึกษา

4.1 ผลการสำรวจข้อมูลภาคสนาม

4.1.1 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา

จากการสำรวจข้อมูลลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษาพบว่า เส้นทางที่ศึกษาเป็นถนนที่มีลักษณะ 6 ช่องจราจร มีความกว้าง 3 เมตรต่อ 1 ช่องจราจร มีเกาะกลางแบบยก และรถวิ่งสวนทางกัน โดยพื้นที่ศึกษาอยู่ระหว่างกิโลเมตรที่ 41+140 ถึงกิโลเมตร ที่ 42+220 รวมระยะทาง 1,080 เมตร มีระยะสอบเข้าพื้นที่ก่อสร้าง 20 เมตร เพื่อให้ผู้ใช้รถใช้ถนนสามารถเปลี่ยนช่องทางจราจรได้อย่างปลอดภัยก่อนเข้าสู่พื้นที่ปฏิบัติงาน แสดงดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6 มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย การทำงาน และประกอบอาชีพ ซึ่งลักษณะที่ดินทั้งสองข้างทาง เป็นพื้นที่ชุมชนอยู่ในเขตเมือง มีบ้านเรือนที่พักอาศัย ร้านค้า และอาคารพาณิชย์



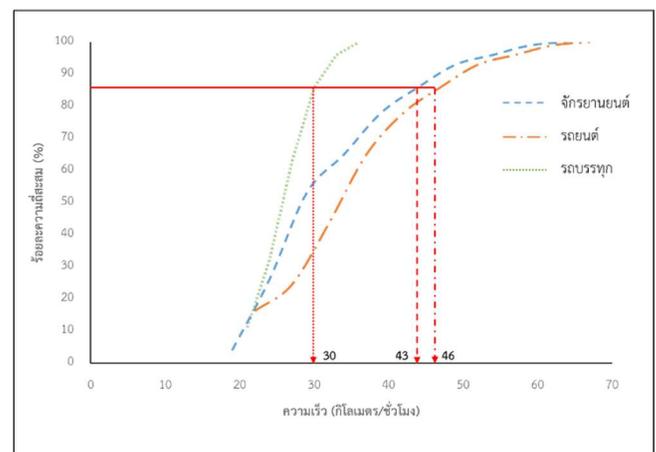
รูปที่ 5 ระยะสอบเข้าพื้นที่ก่อสร้างทาง



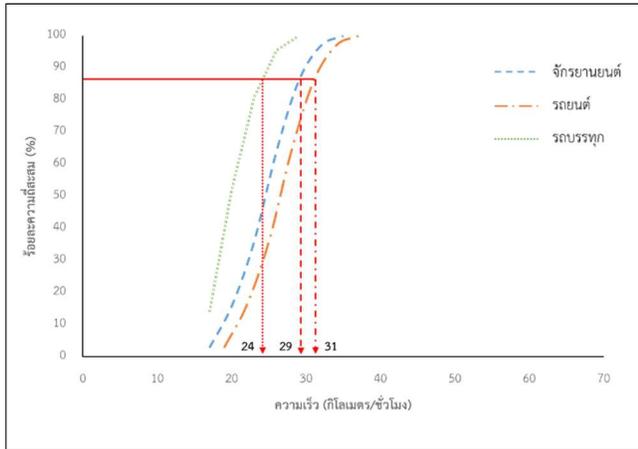
รูปที่ 6 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา

4.1.2 ปริมาณการจราจรและความเร็วของยานพาหนะ

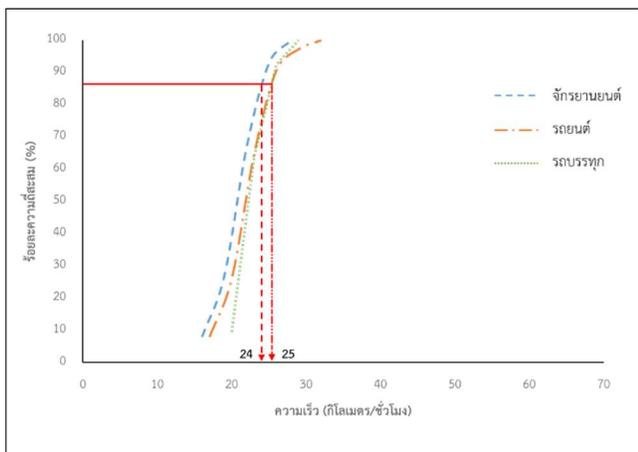
จากการสำรวจความเร็วของยานพาหนะและปริมาณการจราจร พบว่า ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (07.00-09.00 น.) เป็นช่วงเวลาที่มียานพาหนะจราจรติดขัดมากที่สุด โดยมีสัดส่วนปริมาณการจราจรของยานพาหนะ คือ ร้อยละ 79, 18 และ 3 สำหรับรถยนต์ จักรยานยนต์ และรถบรรทุก ตามลำดับ งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ข้อมูลช่วงเวลาเร่งด่วนเช้ามาใช้ในการสร้างแบบจำลอง ในส่วนของการสำรวจความเร็วของยานพาหนะ (จักรยานยนต์ รถยนต์ และรถบรรทุก) ข้อมูลความเร็วถูกนำมาวิเคราะห์หาค่าความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของแต่ละช่วงพื้นที่ของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ พื้นที่การเตือนล่วงหน้า พื้นที่ช่วงการเปลี่ยนแปลง พื้นที่ปฏิบัติงาน และพื้นที่สิ้นสุดการก่อสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 7 ถึง 10 ตามลำดับ แล้วนำความเร็วที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง



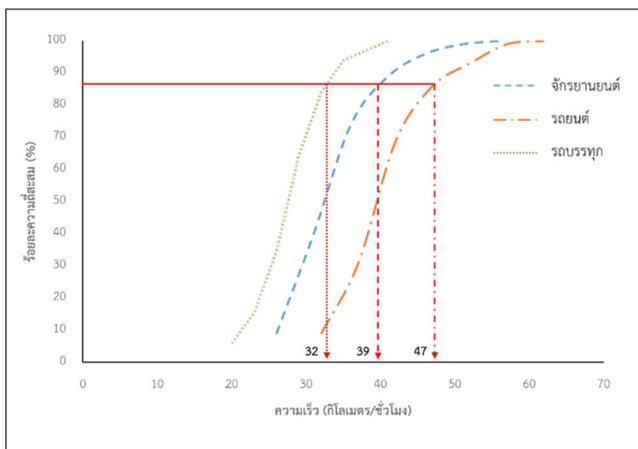
รูปที่ 7 ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์บริเวณพื้นที่การเตือนล่วงหน้า



รูปที่ 8 ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์บริเวณพื้นที่การเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 9 ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์บริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน



รูปที่ 10 ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์บริเวณพื้นที่สิ้นสุดการก่อสร้าง

4.2 การเปรียบเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

จากการสร้างและพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรโดยการนำข้อมูลต่าง ๆ จากการสำรวจข้อมูลภาคสนามมาสร้างเป็นแบบจำลอง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านจราจรที่เกิดขึ้น งานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกตัวแปรบางตัวในแบบจำลองสภาพการจราจร มาทำการเปรียบเทียบเพื่อให้แบบจำลองให้มีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำข้อมูลปริมาณการจราจรในช่วงเร่งด่วนเช้า (07.00-08.00 น.) โดยนำค่าที่ได้จากแบบจำลองสภาพการจราจรมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม แล้วตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยการเปลี่ยนการนำเข้าข้อมูลปริมาณการจราจรช่วงเร่งด่วนเช้าเป็นชั่วโมงเร่งด่วนเย็น (16.40-17.40 น.) พบว่า ผลที่ได้จากแบบจำลองสภาพการจราจรมีความสอดคล้องกับผลการสำรวจภาคสนามเป็นอย่างดี ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับของ Wisconsin DOT และ มีค่าทางสถิติ GEH อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง

ประเภทของยานพาหนะ	ปริมาณการจราจร (คัน/ชั่วโมง)		GEH
	การสำรวจภาคสนาม	แบบจำลอง	
รถยนต์	2,031	1,883	3.35
จักรยานยนต์	498	453	2.06
รถบรรทุก	67	63	0.50

4.3 ผลการวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้างจากการจัดการจราจรของพื้นที่ศึกษา

หลังจากการสร้างและพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรฐาน (สภาพปัจจุบัน) บริเวณพื้นที่ศึกษาแล้ว งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ผลกระทบทางด้านจราจรที่เกิดขึ้น ได้แก่ เวลาในการเดินทางความล่าช้าในการเดินทาง และระดับการให้บริการของพื้นที่ศึกษา ซึ่งรายละเอียดผลการวิเคราะห์ แสดงได้ดังต่อไปนี้

4.3.1 ระยะเวลาและความล่าช้าในการเดินทาง (Travel time and delay time)

ค่าระยะเวลาและความล่าช้าในการเดินทางที่นำมาใช้ในการศึกษานี้เป็นค่าที่ยานพาหนะเคลื่อนที่จากพื้นที่การเดินรถลงหน้าไปจนถึงพื้นที่สิ้นสุดการก่อสร้างของพื้นที่ศึกษา ซึ่งค่าดังกล่าว จะเป็นตัวชี้วัดถึงความสะดวก และความติดขัดของกระแสนจราจรบนพื้นที่ศึกษา โดยพบว่า ยานพาหนะที่เคลื่อนที่ผ่านบริเวณพื้นที่ก่อสร้างบนพื้นที่ศึกษาใช้ระยะเวลาในการเดินทางเฉลี่ย 302.62 วินาที และมีความล่าช้าในการเดินทางเฉลี่ย 92.30 วินาทีต่อคัน แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ผลกระทบด้านจราจรบนพื้นที่ศึกษา

ผลกระทบด้านการจราจร	ผลการวิเคราะห์
ระยะเวลาในการเดินทางเฉลี่ย (วินาที)	302.62
ความล่าช้าในการเดินทางเฉลี่ย (วินาที/คัน)	92.30
ระดับการให้บริการ	F

4.3.2 ระดับการให้บริการบริเวณพื้นที่ศึกษา (Level of service: LOS)

ค่าระดับการให้บริการบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง เป็นค่าที่บ่งบอกถึงสภาพความคล่องตัวของจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยมีการอ้างอิงมาตรฐานของ Highway Capacity Manual [5] มาใช้ในการประเมินสภาพการจราจร และประสิทธิภาพของถนน ซึ่งค่าระดับการให้บริการสามารถพิจารณาจากค่าความล่าช้าในการเดินทางที่เกิดขึ้นบนพื้นที่ศึกษาได้ โดยพบว่า มีระดับการให้บริการอยู่ในระดับ F (ค่าระดับการให้บริการระดับ F (LOS F) ซึ่งหมายถึงสภาพการจราจรที่ติดขัดเป็นอย่างมาก) [20] แสดงดังตารางที่ 3

4.4 การปรับเปลี่ยนระยะสอบเข้า

จากการใช้แบบจำลองฐานสภาพการจราจรระดับจุลภาค (สภาพปัจจุบัน) ที่ได้ทำการพัฒนา มาประยุกต์ใช้กับการปรับเปลี่ยนระยะสอบเข้าที่ระยะต่าง ๆ ได้แก่ ที่ระยะสอบเข้า 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140 และ 150 เมตร แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลผลกระทบด้านการจราจรที่เกิดขึ้นโดยวัดค่าเวลาในการเดินทางเฉลี่ย ความล่าช้าในการเดินทางเฉลี่ย และ ระดับการให้บริการของพื้นที่ศึกษา ณ ความยาวของระยะสอบเข้าที่แตกต่างกัน พบว่า

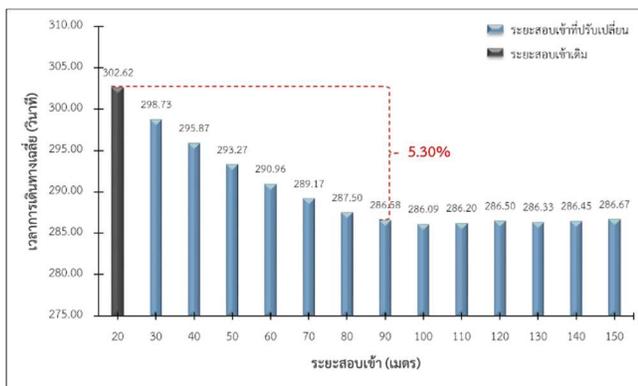
ระยะสอบเข้าที่มีความยาวแตกต่างกัน ยานพาหนะจะใช้เวลาในการเดินทางเฉลี่ย และเกิดความล่าช้าจากการเดินทางเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นที่ระยะสอบเข้าที่ 90, 110, 120, 130, 140, และ 150 เมตร ที่ยานพาหนะใช้เวลาในการเดินทางเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งระยะ สอบเข้าที่ 90, 100, 110, 120, 130, 140, และ 150 เมตร เกิดความล่าช้าในการเดินทางเฉลี่ย ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ระยะสอบเข้าที่ยาวกว่า จะใช้เวลาในการเดินทางเฉลี่ยที่น้อยกว่า และเกิดความล่าช้าในการเดินทางเฉลี่ยที่น้อยกว่าเช่นกัน ส่วนระดับการให้บริการ ที่ระยะสอบเข้า 20, 30, 40, 50, และ 60 เมตร มีระดับการให้บริการอยู่ในระดับ F และที่ระยะสอบเข้า 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140 และ 150 เมตร มีระดับการให้บริการอยู่ในระดับ E แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เวลาในการเดินทางเฉลี่ย ความล่าช้าในการเดินทางเฉลี่ย และระดับการให้บริการ ของยานพาหนะที่ระยะสอบเข้าแตกต่างกัน

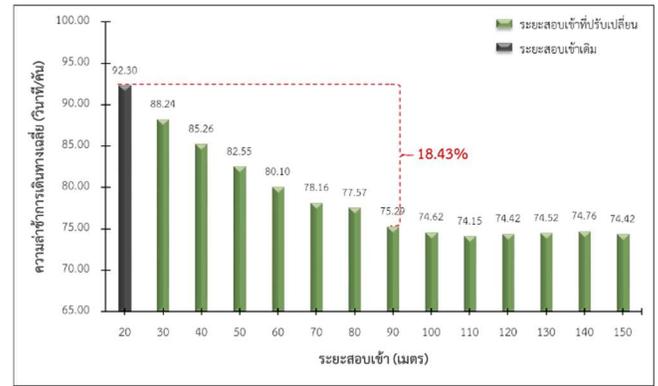
ระยะสอบเข้า (เมตร)	เวลาในการเดินทางเฉลี่ย (วินาที)	ความล่าช้าในการเดินทางเฉลี่ย (วินาที/คัน)	ระดับการให้บริการ
20	302.62 ± 0.64 ^a	92.30 ± 0.56 ^a	F
30	298.73 ± 0.68 ^b	88.24 ± 0.51 ^b	F
40	295.87 ± 0.85 ^c	85.26 ± 0.51 ^c	F
50	293.27 ± 0.72 ^d	82.55 ± 0.54 ^d	F
60	290.96 ± 0.90 ^e	80.10 ± 0.68 ^e	F
70	289.17 ± 0.81 ^f	78.16 ± 0.64 ^f	E
80	287.50 ± 0.97 ^g	77.57 ± 0.92 ^g	E
90	286.58 ± 0.75 ^h	75.29 ± 0.48 ^h	E
100	286.09 ± 0.84 ^h	74.62 ± 0.59 ^h	E
110	286.20 ± 1.29 ^h	74.15 ± 0.99 ^h	E
120	286.50 ± 1.55 ^h	74.42 ± 1.11 ^h	E
130	286.33 ± 1.40 ^h	74.52 ± 1.43 ^h	E
140	286.45 ± 1.18 ^h	74.76 ± 1.40 ^h	E
150	286.67 ± 1.34 ^h	74.42 ± 1.16 ^h	E

- ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ข้อมูล 20 ครั้ง
- ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์ แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

จากการปรับเปลี่ยนระยะสอบเข้าที่ระยะต่าง ๆ ส่งผลต่อเวลาในการเดินทางและความล่าช้าในการเดินทาง โดยพบว่า ระยะสอบเข้าที่เพิ่มขึ้น ทำให้เวลาในการเดินทาง และความล่าช้าในการเดินทางลดลง ระดับการให้บริการจากระดับ F ลดลงเป็นระดับ E หมายถึงการจราจรติดขัดน้อยลง ในเบื้องต้นงานวิจัยนี้ได้ประเมินความปลอดภัยของระยะสอบเข้าที่ศึกษาโดยใช้มาตรฐานของ Manual on Uniform Traffic Control Device (MUTCD) ดังสมการที่ 1 และสมการที่ 2 แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามไปคำนวณหาระยะสอบเข้าที่ปลอดภัย พบว่าระยะสอบเข้าที่ 90 เมตร มีความปลอดภัยและมีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการลดระยะเวลาในการเดินทางและความล่าช้าในการเดินทางเฉลี่ยมากที่สุด โดยพบว่า ที่ระยะสอบเข้าที่ 90 เมตร สามารถลดเวลาในการเดินทางเฉลี่ยได้ร้อยละ 5.30 และลดความล่าช้าในการเดินทางเฉลี่ยได้ ร้อยละ 18.43 เมื่อเปรียบเทียบกับระยะสอบเข้าเดิม ซึ่งคือที่ระยะสอบเข้า 20 เมตร อีกทั้งยังพบว่าที่ระยะสอบเข้า 90 เมตร ยังครอบคลุมพื้นที่การจราจรน้อยกว่าระยะสอบเข้าที่ 100, 110, 120, 130, 140 และ 150 เมตร และให้ประสิทธิภาพด้านการเคลื่อนตัวของจราจรที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แสดงดังรูปที่ 11 และรูปที่ 12



รูปที่ 11 เวลาในการเดินทางเฉลี่ยที่ระยะสอบเข้าต่าง ๆ



รูปที่ 12 ความล่าช้าในการเดินทางเฉลี่ยที่ระยะสอบเข้าต่าง ๆ

ข้อค้นพบของงานวิจัยนี้ มีความแตกต่างจากงานวิจัยของ Yao et al. [10] ที่ได้ศึกษาผลกระทบของพื้นที่ก่อสร้างต่อสภาพการจราจร ผลการศึกษาพบว่า ระยะสอบเข้าที่มีผลกระทบต่อการจราจรน้อยที่สุด คือ ระยะสอบเข้าที่ 50 ถึง 60 เมตร ซึ่งการที่ผลการวิจัยมีความแตกต่างกัน อาจเป็นเพราะประเภทของถนนมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาบนถนนที่มีลักษณะ 6 ช่องจราจร ในขณะที่งานวิจัยของ Yao et al. [10] พื้นที่ศึกษาเป็นถนนสายหลักที่มีปริมาณการจราจรสูง ลักษณะของถนนมี 2 ช่องจราจร จึงอาจส่งผลให้ผลการวิจัยมีความแตกต่างกันได้

5. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า เมื่อมีการก่อสร้างถนนทางหลวงหมายเลข 402 ตอน ทมาบกปรก-เมืองภูเก็ท กิโลเมตรที่ 41+140 ถึง 42+220 และมีการจัดการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้างที่มีระยะสอบเข้า 20 เมตร โดยในแบบจำลองสภาพการจราจรที่ได้ทำการสร้างและพัฒนาขึ้น สามารถแสดงให้เห็นว่า ในบริเวณพื้นที่ก่อสร้างดังกล่าว ยานพาหนะส่วนใหญ่ใช้เวลาในการเดินทาง 302.62 วินาที ที่เกิดความล่าช้าในการเดินทาง 92.30 วินาทีที่ต่อคัน มีระดับการให้บริการอยู่ในระดับ F และเมื่อมีการปรับระยะสอบเข้าเพิ่มเป็น 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 110, 120, 130, 140 และ 150 เมตร พบว่า ที่ระยะสอบเข้า 90 เมตร ยานพาหนะใช้เวลาในการเดินทางเฉลี่ย 286.58 วินาที ที่เกิดความล่าช้าในการเดินทางเฉลี่ย 75.29 วินาทีที่ต่อคัน และมีระดับการให้บริการอยู่ในระดับ E ซึ่งมีความเหมาะสมที่สุดในการจัดการจราจร โดยสามารถลดเวลา

ในการเดินทางเฉลี่ยลงได้ร้อยละ 5.30 และลดความล่าช้าในการเดินทางเฉลี่ยลงได้ร้อยละ 18.43 เมื่อเทียบกับระยะสอบเข้าเดิมที่ 20 เมตร อีกทั้งยังรบกวนพื้นที่การจราจรน้อยกว่าระยะสอบเข้าที่ 100, 110, 120, 130, 140 และ 150 เมตร โดยให้ประสิทธิภาพด้านการเคลื่อนตัวของจราจรที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ควรศึกษาความปลอดภัยทางถนนเพิ่มเติม ในประเด็นของป้ายจราจร และอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ บริเวณพื้นที่ก่อสร้าง ส่วนระยะสอบเข้าที่ 90 เมตร เป็นระยะที่เหมาะสมในการจัดการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้างที่มีสภาพจราจรที่ศึกษาในงานวิจัยนี้เท่านั้น การนำผลการศึกษาไปใช้ในบริบทของพื้นที่อื่น ๆ จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ร่วมด้วย เช่น ประเภทของถนน สภาพกายภาพของถนน สภาพที่ตั้งและสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบ สภาพการจราจร ปริมาณจราจร และความเร็วของยานพาหนะ เป็นต้น เพราะหากสภาพจราจรเปลี่ยนไป และมีลักษณะทางกายภาพเปลี่ยนไป ระยะสอบเข้าที่เหมาะสม อาจไม่ใช่ที่ระยะ 90 เมตร

สำหรับการวิจัยในอนาคต ควรมีการศึกษาความปลอดภัยทางถนนเพิ่มเติม เช่น ประสิทธิภาพของป้ายจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง รวมถึงอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ และควรศึกษาผลกระทบของการจัดการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้างในเวลากลางคืน เพื่อสามารถนำข้อมูลไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุนศิษย์กัณภูมิ พ.ศ. 2562 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนทุนการศึกษา และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่แขวงทางหลวงภูเก็ต ที่เอื้อเฟื้อสถานที่เพื่อใช้เก็บข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมการขนส่งทางบก. *แผนยุทธศาสตร์กรมการขนส่งทางบก พ.ศ.๒๕๕๙-๒๕๖๒*. กรุงเทพมหานคร: กรมการขนส่งทางบก; 2560.
- [2] อภิชัย ศรีอินทร์. *การประเมินประสิทธิภาพการควบคุมการจราจร บริเวณพื้นที่ก่อสร้างบนทางหลวง [วิทยานิพนธ์]*. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา

วิศวกรรมขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 2550.

- [3] กรมทางหลวง. *คู่มือเครื่องหมายควบคุมการจราจรในงานก่อสร้าง งานบูรณะ และงานบำรุงรักษาทางหลวงแผ่นดิน*. กรุงเทพมหานคร: กรมทางหลวง; 2561.
- [4] Florida Department of Transportation (FDOT). *Median Handbook: Interim Version*. Tallahassee, FL: Florida Department of Transportation; 2006.
- [5] The Federal Highway Administration (FHWA). *The Manual on Uniform Traffic Control Devices*. New Jersey: U.S. Department of Transportation; 2009.
- [6] พรรณทิพา พันธุ์ยิ้ม, นันทวรรณ พิทักษ์พานิช, เอกกรินทร์ เหลืองวิลัย, เทพฤทธิ์ รัตนปัญญากร. การประเมินผลกระทบด้านจราจรของด่านเก็บค่าผ่านทางโดยการจำลองสถานการณ์จราจร: กรณีศึกษาด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษวงแหวนรอบนอก (บางแก้ว) ทางออกทางพิเศษบูรพาวิถี. ใน: *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 23*. นครนายก: โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า; 2561. หน้า 20-35.
- [7] ชัยวัฒน์ ใหญ่บก. *การปรับปรุงการจราจรบริเวณสี่ทางแยกบนถนนกาญจนาภิเษกในเมื่องหาดใหญ่ [วิทยานิพนธ์]*. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมขนส่ง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, 2558.
- [8] PTV AG. *PTV VISSIM 10 USER MANUAL*. Karlsruhe: PTV GROUP; 2018.
- [9] Astarita V, Giofrè VP, Guido G, Festa DC. Traffic delays estimation in two-lane highway reconstruction. *Procedia Computer Science*. 2014; 32: 331-338.
- [10] Bhutani R, Ram S, Ravinder K. Impact of metro rail construction work zone on traffic environment. *Transport Research Procedia*. 2016; 17: 586-595.
- [11] Yao E, Shen H, Huan N. Evaluating the impact of road construction on oversaturated intersections: A simulated-based case study. *IOP Conference Series: Materials Science & Engineering*. 2019; 688: 44-60.
- [12] Idewu W, Chanpiwat P, Naghawi H. Identifying optimum taper lengths for zipper merging applications using real data and microscopic

simulation. *Procedia Polytechnica Transportation Engineering*. 2020; 48(3): 210-220.

- [13] Theiss L, Finley MD, Ullman GL. Merging taper lengths for lane closures of short duration. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*. 2011; 2258: 64-70.
- [14] สำนักงานจังหวัดภูเก็ต. *บรรยายสรุปข้อมูลจังหวัดภูเก็ต พ.ศ. ๒๕๕๙*. ภูเก็ต: สำนักงานจังหวัดภูเก็ต; 2559.
- [15] Milwaukee, WI. *Paramics Calibration and Validation Guidelines, Technical Report I- 33*. Wisconsin Department of Transportation (Wisconsin DOT); 2002
- [16] Feldman O. The GEH measure and quality of the highway assignment models. In: *European Transport Conference 2012*. Scotland: Association for European Transport (AET); 2012. p. 1-18.
- [17] Barton- Aschman Associates, Inc. and CambridgeSystematics, Inc. *Design Manual for Roads and Bridges. Volume 12 Traffic Appraisal of Roads Schemes, Section 2 Traffic Appraisal Advice*. Cambridge: Cambridge Systematics, Inc; 1997.
- [18] Oketch T, Carrick M. Calibration and validation of a micro-simulation model in network analysis. In: *Proceedings of the 84th TRB Annual Meeting*. Washington, DC: Transportation Research Board; 2005.
- [19] กัลยา วานิชย์บัญชา. *การใช้ SPSS for Window ในการวิเคราะห์ข้อมูล*. พิมพ์ครั้งที่ 29. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์สามลดา; 2560.
- [20] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. *โครงการจัดทำแผนพัฒนามาตรฐานด้านการจัดระบบการจราจรในเมืองภูมิภาค ร่างรายงานคู่มือมาตรฐานด้านการจัดระบบการจราจร เรื่อง การจัดระบบการจราจร*. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร; 2559.