

วิธีอ้างอิงบทความนี้: ณัฐพงศ์ ชูโชติถาวร และชุลีกร ชูโชติถาวร. (2568). ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการการจราจรแบบสวนกระแสของด่านเก็บค่าผ่านทางระหว่างโครงข่ายในเมืองและโครงข่ายนอกเมือง. วารสารปฏิบัติการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน, 11(2), 168-184. <https://doi.org/10.53848/jlsc.v11i2.275266>

Received: February 08, 2024
Revised: March 22, 2024
Accepted: May 13, 2025

ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการการจราจรแบบสวนกระแสของด่านเก็บค่าผ่านทางระหว่างโครงข่ายในเมืองและโครงข่ายนอกเมือง

ณัฐพงศ์ ชูโชติถาวร¹ และ ชุลีกร ชูโชติถาวร^{2*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างแบบจำลองสภาพด่านเก็บค่าผ่านทางระหว่างโครงข่ายในเมืองและโครงข่ายนอกเมือง และ 2) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการการจราจรแบบสวนกระแสใช้รูปแบบการวิจัยเชิงประยุกต์ พื้นที่ดำเนินการวิจัยด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษประจักษ์ศิลปาคม กลุ่มตัวอย่างการวิจัยได้แก่ยานพาหนะที่ใช้ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็นจำนวน 5,054 และ 7,689 คัน ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัย 2) แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค โดยตั้งข้อสมมติฐานว่าระยะเวลาการรอคอยเฉลี่ยและความยาวแถวคอยเฉลี่ยของยานพาหนะไม่แตกต่างกันของทุกกลุ่มที่ทำการทดสอบจำนวน 5 กลุ่มตามปัจจัยที่กำหนด ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างระหว่างกลุ่มและส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการการจราจรแบบสวนกระแส ได้แก่ปัจจัย ประเภทของด่านเก็บค่าผ่านทาง (ปัจจัย B), จำนวนตู้เก็บค่าผ่านทาง (ปัจจัย A) และปัจจัยการกำหนดทิศทางของช่องจราจร (ปัจจัย E) กำหนดประเภทของด่านเก็บค่าผ่านทางของช่องการจราจรแบบสวนกระแสใหม่พบว่าในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าการกำหนดเป็นระบบอัตโนมัติทั้งหมดตรงลงมาได้แก่การใช้ระบบผสม มีผลต่างด้านระยะเวลาการรอคอยเฉลี่ยเท่ากับ 161.86 และ 130.53 วินาทีต่อยานพาหนะ และมีผลต่างด้านความยาวแถวคอยเฉลี่ยเท่ากับ 93.5 และ 68.75 เมตร สำหรับช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นพบว่าการกำหนดเป็นระบบอัตโนมัติทั้งหมดได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ตรงลงมาได้แก่การใช้ระบบผสม มีผลต่างด้านระยะเวลาการรอคอยเฉลี่ยเท่ากับ 201.93 และ 168.28 วินาทีต่อยานพาหนะ และมีผลต่างด้านความยาวแถวคอยเฉลี่ยเท่ากับ 119 และ 96 เมตร ข้อค้นพบใหม่ที่ได้จากงานวิจัยนี้คือประเภทของด่านเก็บค่าผ่านทางเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการการจราจรแบบสวนกระแส การกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาจากปัจจัยดังกล่าวจะส่งผลให้ระยะเวลาการรอคอยและความยาวเฉลี่ยแถวคอยของยานพาหนะบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: การจราจรแบบสวนกระแส, ปัจจัยความแออัด, แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

ประเภทบทความ: บทความวิจัย

* ผู้รับผิดชอบงานหลัก

¹ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีโลจิสติกส์และการจัดการระบบขนส่ง คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจรัญพระภูวนารถ, อีเมล: natthapong_ch@rmutto.ac.th

² อาจารย์ประจำสาขาวิชาธุรกิจระหว่างประเทศและโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, อีเมล: chuleekorn_c@rmutt.ac.th

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI). อยู่ในกลุ่ม 2 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

Factors Affecting The Management of Toll Booths between Urban and Suburban Networks in Reversible Lanes

Natthapong Chuchottaworn¹ and Chuleekorn Chuchottaworn^{2*}

Abstract

The aim of this research was to achieve two things: Firstly, to create a traffic simulation model at Prachachuen Expressway toll booths, and secondly, to analyze the factors that affect the effectiveness of management of reversible lanes. The research used an applied research model in the Prachachuen Expressway toll booth area. The sample size for the study included 5,054 and 7,689 vehicles during morning and evening rush hours. Probability sampling was used, employing a simple sampling method. The study used two tools: 1) statistical data analysis and factor analysis of variance and 2) microscopic traffic simulation. It is assumed that the average waiting time and average vehicle queue length are not different among the 5 tested groups according to the specified factors. The results found that the factors affected the efficiency of reversible lanes management, including the type of toll booth (Factor B), the number of toll booths (Factor A), and the lane direction factor (Factor E). Determining the type of toll gate for reversible lanes. It was found that during the morning and evening rush hour, the fully automated system and mixing system had the best results. There was a difference in average waiting time of 161.86 and 130.53 seconds per vehicle and a difference in average waiting length of 93.5 and 68.75 meters. For the evening rush hour, Average waiting time differences of 201.93 and 168.28 seconds per vehicle, and average waiting length differences of 119 and 96 meters. A new finding from this research is that the type of toll gate is a factor affecting the efficiency of reversible lanes management.

Keywords: Reversible lane, Congestion factors, Microscopic traffic simulation

Type of Article: Research Article

* Corresponding author

¹ Lecturer of Logistics and Transportation System Department, Faculty of Business Administration and Information Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Bangkok, Thailand,
E-mail: natthapong_ch@rmutto.ac.th

² Lecturer of Faculty of Business Administration in Logistics and Supply Chain Management, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani, Thailand, E-mail: chuleekorn_c@rmutt.ac.th

1. บทนำ

ปัญหาการจราจรติดขัดเป็นปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบต่อการเดินทางในพื้นที่กรุงเทพมหานครโดยปัจจุบันปัญหาดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นจากการขยายตัวของพื้นที่เศรษฐกิจและการเพิ่มขึ้นของยานพาหนะในเชิงพาณิชย์เพื่อรองรับความต้องการของภาคธุรกิจ ส่งผลให้เกิดข้อจำกัดด้านความสามารถในการรองรับปริมาณการจราจรของเส้นทางต่างๆ ส่งผลให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดในเส้นทางอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็นที่จะมีปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาสั้นๆ ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจ ปัญหาในกระบวนการโลจิสติกส์ขององค์กรและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่โดยรอบเส้นทาง โดยปัจจุบันการทางพิเศษแห่งประเทศไทยมีการขยายโครงข่ายการให้บริการครอบคลุมทุกพื้นที่ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเพื่อรองรับแนวโน้มปริมาณการเดินทางโดยใช้เส้นทางพิเศษระหว่างเมืองมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ศราวุธ ศิริวงษ์ และคณะ, 2562) ข้อมูลของทางพิเศษของประเทศไทยพบว่าโครงข่ายทางพิเศษจะมีปริมาณจราจรหนาแน่นในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น โดยเฉพาะเส้นทางที่เชื่อมต่อกับจังหวัดใกล้เคียงกรุงเทพมหานคร โดยปัจจุบันทางพิเศษศรีรัชมีด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษที่เชื่อมต่อด่านเก็บค่าผ่านทางระหว่างโครงข่ายในเมืองและโครงข่ายนอกเมืองที่สำคัญได้แก่ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษประชาชื่นที่กำลังประสบปัญหาการจราจรติดขัดในบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทาง ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็นโดยความล่าช้าที่เกิดขึ้นในบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางเปรียบเสมือนจุดคอขวดที่จะส่งผลให้เกิดปัญหาด้านประสิทธิภาพของกระแสการจราจรในโครงข่ายเส้นทางที่มีด่านเก็บค่าผ่านทางเป็นส่วนประกอบ (พลเทพ เลิศวรรณิช, 2564)

ทางเลือกหนึ่งในการบรรเทาความแออัดของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษประชาชื่นคือการจัดช่องการ

จราจรแบบสวนกระแส (Reversible lane) อย่างไรก็ตามการดำเนินการดังกล่าวส่วนใหญ่มักจะดำเนินการในรูปแบบเดิมโดยการเปิดช่องการจราจรแบบสวนกระแสในจำนวนช่องจราจรที่แตกต่างกันในแต่ละครั้ง (Wang et al., 2022) ส่งผลให้ปัจจุบันเกิดปัญหาแควคอยบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางเฉลี่ยในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าฝั่งขาเข้าประมาณ 200-300 เมตรและในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นฝั่งขาออก 300-400 เมตร มีระยะเวลารอคอยเฉลี่ยก่อนเข้าด่านเก็บค่าผ่านทางในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าฝั่งขาเข้าเฉลี่ยประมาณ 522 วินาทีต่อคันและในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นฝั่งขาออกประมาณ 841 วินาทีต่อคัน ตามลำดับ โดยมีปริมาณยานพาหนะที่ผ่านด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษประชาชื่นแสดงดังภาพที่ 1

ทั้งนี้จากการทบทวนงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาไม่พบการศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการจราจรแบบสวนกระแสและการศึกษาพฤติกรรมจราจรของยานพาหนะที่เข้าใช้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษประชาชื่น

ดังนั้นเพื่อให้การจัดช่องจราจรแบบสวนกระแสของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษประชาชื่นมีประสิทธิภาพสูงสุด ตลอดจนเป็นรูปแบบอ้างอิงการดำเนินการในอนาคต บทความนี้จะได้นำเสนอแนวทางการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการจราจรแบบสวนกระแส เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยและนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบจำลองสภาพการจราจร ณ ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษประชาชื่น
2. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการจราจรแบบสวนกระแส

3. สมมติฐานการวิจัย

งานวิจัยนี้มีการกำหนดสมมติฐานสำหรับ

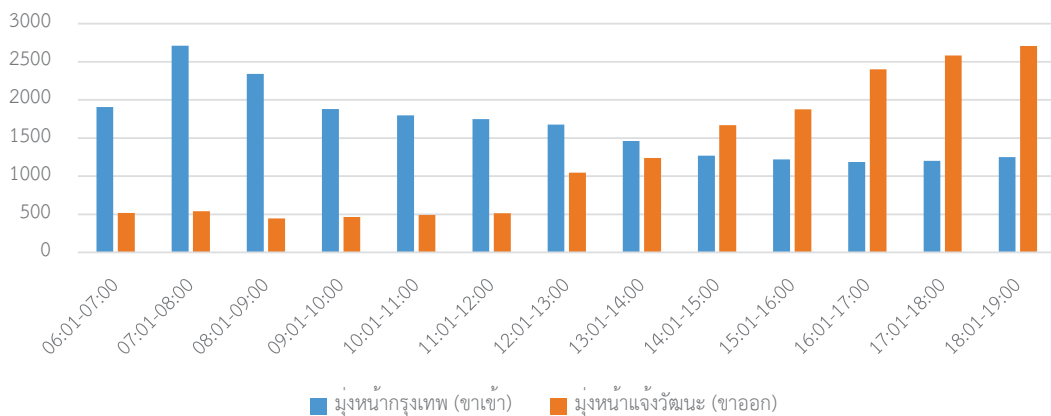
วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการจราจรแบบสวนกระแสของด่านเก็บค่าผ่านทางเพื่อทดสอบความแปรปรวนที่เกิดขึ้นเมื่อปัจจัยที่กำหนดเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยแบ่งกลุ่มทดสอบออกเป็น 5 ตามจำนวนปัจจัยและกำหนดสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : ระยะเวลาการรอคอยเฉลี่ยและความยาวแถวคอยเฉลี่ยไม่แตกต่างกันของทุกกลุ่มที่ทำการทดสอบ

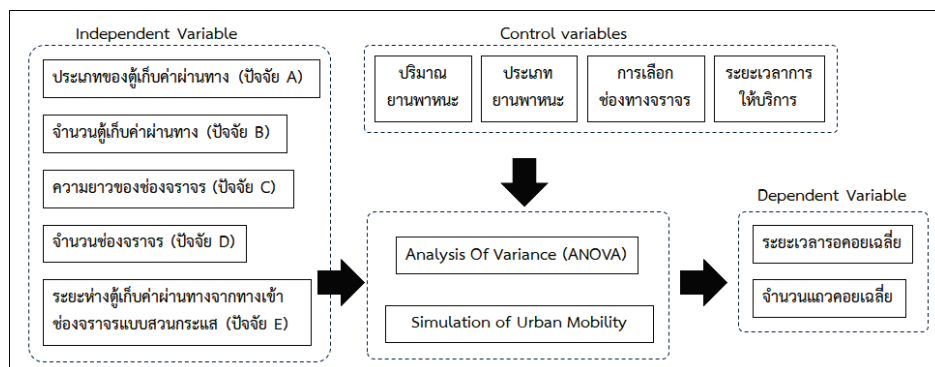
H_a : ระยะเวลาการรอคอยเฉลี่ยและความยาวแถวคอยเฉลี่ยแตกต่างกันของทุกกลุ่มที่ทำการทดสอบ

4. กรอบแนวคิดการวิจัย

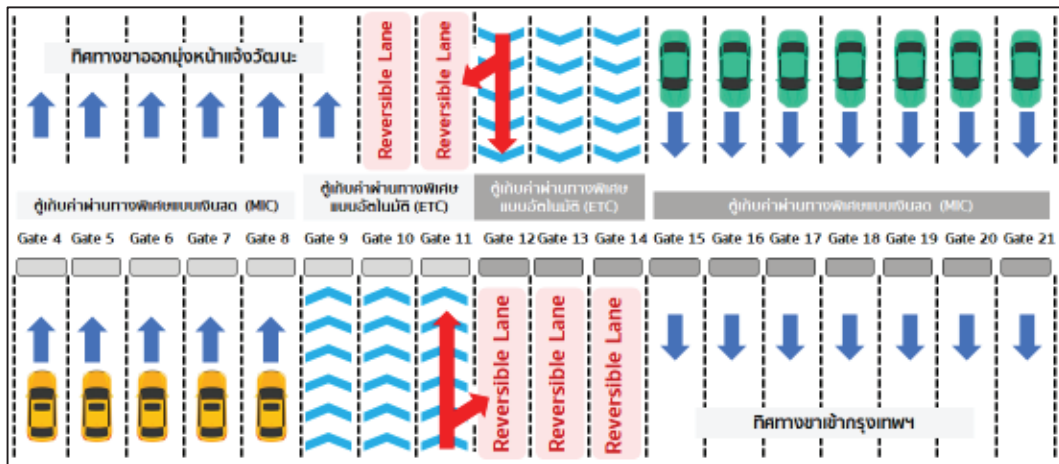
ผู้ศึกษาได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย โดยกำหนดตัวแปรอิสระเป็นปัจจัยที่จะใช้ทดสอบ 5 ปัจจัย ตัวแปรควบคุม 4 ด้านและตัวแปรตาม 2 ด้านแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ปริมาณการจราจร ปี 2567 โดยผู้วิจัย



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 3 ช่องทางและทิศทางบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษประชาชน ปี 2567 โดยผู้วิจัย

5. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

5.1 ข้อมูลเบื้องต้นของพื้นที่ศึกษา

ด่านเก็บค่าผ่านทางประชาชนเป็นด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่ในทางพิเศษศรีรัช (ทางด่วนชั้นที่ 2) ส่วนซี เป็นโครงข่ายสำหรับเชื่อมโยงเส้นทางนอกเมืองและในเมืองจากถนนรัชดาภิเษกบริเวณประชาชนมุ่งหน้าทางทิศเหนือถึงถนนแจ้งวัฒนะ โดยเชื่อมต่อทางพิเศษอุดรรัถยาเพื่อไปบางปะอิน จังหวัดอยุธยา

ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษประชาชนตั้งอยู่บนพื้นราบ ในแต่ละฝั่งมีช่องจราจร 5 ช่องจราจรในช่องทางด่วนและ 2 ช่องทางในเส้นทางคู่ขนาน โดยช่องจราจรในช่องทางด่วนจะถูกแยกออกตามจำนวนด่านเก็บค่าผ่านทาง 90 เมตร ก่อนถึงด่าน ฝั่งเส้นทางขาเข้ากรุงเทพมีช่องเก็บเงินจำนวน 1 ชั้น (1 Stagger) จำนวน 10 ด่าน (Booth) แบ่งเป็นช่องเก็บเงินสด (Manual Toll Collection: MTC) จำนวน 7 ช่องทางและช่องเก็บเงินแบบอัตโนมัติ (Electronic Toll Collection: ETC) จำนวน 3 ช่องทาง สำหรับเส้นทางฝั่งขาออกมีช่องเก็บเงินจำนวน 1 ชั้น จำนวน 8 ช่องทาง แบ่งเป็นช่องเก็บเงินสดจำนวน 5 ช่องทางและช่องเก็บเงินแบบอัตโนมัติจำนวน 3 ช่องทาง

ปัจจุบันด่านเก็บค่าผ่านทางประชาชนได้มีการ

จัดการจราจรแบบสวนกระแสฝั่งขาเข้ากรุงเทพมหานครในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (07:00-09:00) และฝั่งขาออกในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16:00-19:00) หากในช่วงเวลาเร่งด่วนดังกล่าวมีสภาพการจราจรติดขัดและเกิดแถวคอยบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษเจ้าหน้าที่จะทำการเปิดช่องจราจรแบบสวนกระแสเป็นระยะทาง 200 เมตร (ก่อนเข้า-ออก) โดยฝั่งขาเข้ากรุงเทพมหานครในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าเปิดการจราจรช่องที่ 11-12 ด้านขวาสุดของช่องจราจรสำหรับฝั่งขาออกในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นเปิดการจราจรช่องที่ 9-11 ด้านขวาสุดของช่องจราจร (ภาพที่ 3) ทั้งสองฝั่งใช้เวลาประมาณ 20-30 นาที ในการเตรียมการก่อนเปิดช่องจราจรสวนกระแส

5.2 การจัดการจราจรแบบสวนกระแส (Reversible lane)

เป็นวิธีการจัดช่องจราจรที่นิยมนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาการจราจรในเส้นทางที่มีความไม่สมดุลระหว่างเส้นทางที่มีทิศทางสวนทางกันและไม่มีกั้นการจราจร ดังนั้นการจัดการจราจรแบบสวนกระแสจึงมีความเหมาะสมจะนำมาใช้กับทางด่วนหรือทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง โดยมีงานวิจัยที่นำวิธีการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้บริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางทับช้างบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 9

สามารถช่วยระบายรถได้สูงขึ้นร้อยละ 3.65 และลดความล่าช้าเฉลี่ยลดความล่าช้าลงร้อยละ 2.68 (นครินทร์ สัทธรรมนวงศ์ และทรศนะ บุญอยู่, 2560) และการนำมาใช้กับเส้นทางที่มีความแตกต่างของกระแสรถจราจรในสัดส่วน 70/30 อย่างถนนเพชรบุรี ช่วงแยกมิตรสัมพันธ์ก็สามารถเพิ่มความสามารถในการรองรับปริมาณการจราจรได้ร้อยละ 12.9-3.26 (ชาญวิทย์ ยาม่วง และวศิน เกียรติโกมล, 2560)

5.3 แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค (Microscopic traffic simulation)

เป็นเครื่องมือสำหรับการศึกษาลักษณะและพฤติกรรมของการเคลื่อนตัวของยานพาหนะบนโครงข่ายถนน แบบจำลองระดับจุลภาคนิยมนำมาใช้ในการวิเคราะห์สภาพการจราจรในพื้นที่เฉพาะเจาะจง เพื่อจำลองการไหลของยานพาหนะแบบช่วงเวลาย่อยแบบไม่ต่อเนื่องเพื่อให้ตัวแบบจำลองสามารถทำงานได้เสมือนระบบงานจริงมากที่สุด (รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ, 2553) โดยสามารถนำแบบจำลองมาใช้พิจารณาพฤติกรรมของยานพาหนะอย่างละเอียด โดยมีการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่ใช้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษดินแดง ด้วยโปรแกรม VISSIM พบว่าอัตราการไหลของยานพาหนะในช่องจราจรกับ 5,125 คัน/ชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ย 49.04 กิโลเมตร/ชั่วโมง ความล่าช้าเฉลี่ย 24 วินาที (ธีรรัตน์ อินดี และจำรัส พิทักษ์ศฤงคาร, 2560)

5.4 โปรแกรม Simulation of Urban MObility

เป็นโปรแกรมจำลองสถานการณ์ที่มีความสามารถในการจำลองสภาพการจราจรในระดับจุลภาครองรับยานพาหนะประเภทต่างๆและรูปแบบของทางแยกที่หลากหลาย (Archana et al., 2022) การสร้างแบบด้วยโปรแกรมจำเป็นต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่สำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ 1. ข้อมูลพิกัดและเส้นทาง 2. พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ และ 3. การกำหนดการวัดผลลัพธ์ โดยชัยวัฒน์ ใหญ่บึก และปรเมศวร์ เหลือเทพ (2558) ได้กล่าวไว้

ว่าการคัดเลือกโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรที่ดีจำเป็นต้องพิจารณาความสามารถและจุดประสงค์ในการนำไปใช้งาน โดยโปรแกรมSUMO มีความสามารถใกล้เคียงกับโปรแกรมอื่นๆที่มีค่าใช้งานในการนำมาใช้ เช่น การประเมินการจราจร การวิเคราะห์ทางเลือกเส้นทาง การพยากรณ์การจราจร เป็นต้น Wongchavalidkul and Siewwuttanagul (2021) กล่าวว่าโปรแกรม SUMO มีความพิเศษกว่าโปรแกรมอื่นๆในด้านความยืดหยุ่นในการใช้งานและผู้สร้างสามารถกำหนดโครงสร้างของข้อมูลเครือข่ายได้อย่างรวดเร็วจากชุดคำสั่งที่โปรแกรมเตรียมไว้ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์การจราจร อย่างไรก็ตามผู้ใช้งานจำเป็นต้องศึกษาชุดคำสั่งที่โปรแกรมได้เตรียมไว้เพื่อให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย เช่น การวัดค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามกลยุทธ์การจัดการการจราจรในรูปแบบต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Josep, 2013)

6. วิธีดำเนินการวิจัย

6.1 รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied research) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและนำผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยเป็นข้อมูลอ้างอิงหรือแม่แบบแนวทางการดำเนินงานเพื่อบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้เพื่อให้ผลลัพธ์มีความน่าเชื่อถือและถูกต้องข้อมูลเชิงปริมาณจากการรวบรวมภาคสนามจะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติก่อนนำไปใช้ในแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคต่อไป

6.2 ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์

งานวิจัยนี้กำหนดการเลือกกลุ่มประชากรโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็น ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบฟอร์มบันทึกข้อมูลที่กำหนดจากกลุ่มตัวอย่างเป็นยานพาหนะที่เข้าสู่อ่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ ประชาชนในช่วงเวลาเร่งด่วน

เช้า (07:00-09:00) และเร่งด่วนเย็น (16.00-19.00) ตั้งแต่วันที่ 1-31 ตุลาคม พ.ศ.2566 โดยยานพาหนะ 5 ประเภท ได้แก่ 1. รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน 2. รถยนต์นั่งเกิน 7 คน 3. รถโดยสารขนาดเล็ก 4. รถโดยสารขนาดกลาง 5.รถโดยสารขนาดใหญ่ (Office of Transport and Traffic Policy and Planning, 2022) เนื่องด้วยช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น การทางพิเศษแห่งประเทศไทยมีนโยบายห้ามมิให้ยานพาหนะที่มีขนาดตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปใช้บริการทางพิเศษ ส่งผลให้ปริมาณจราจรของยานพาหนะประเภทรถ 6 – 10 ล้อ มีปริมาณน้อยมากจึงไม่นำเข้ามาพิจารณาในครั้งนี้

6.3 เครื่องมือวิจัย

เพื่อให้งานวิจัยได้รับข้อมูลที่ต้องการและมีความน่าเชื่อถือผู้วิจัยได้แบ่งเครื่องมือสำหรับการทดลองออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่ 1. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับข้อมูลการจราจรสำหรับการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล (Distribution fitting) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัย (ANOVA) ด้วยโปรแกรม XLSTAT เพื่อประมาณรูปแบบการกระจายของเวลาการเข้ามาของของยานพาหนะในช่วงเวลาที่แตกต่าง (โชติรส นพพลกรัง และคณะ., 2564) 2.การพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคด้วยโปรแกรม Simulation of Urban MObility โดยใช้ฐานข้อมูลจากโปรแกรมภูมิศาสตร์สารสนเทศ QGIS โดยเครื่องมือทั้งสองกลุ่มจะถูกนำมาใช้ร่วมกันเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการจราจรแบบสวนกระแส

6.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านการจราจรโดยการบันทึกวิดีโอและจดบันทึกลงในแบบฟอร์มการเก็บรวบรวมข้อมูลที่สร้างขึ้นจากจุดสำรวจบริเวณด้านเก็บค่าผ่านทางพิเศษประชาชนขึ้นเพื่อรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมทางกายภาพและ

ข้อมูลด้านการจราจรทางวิศวกรรม ดำเนินการสำรวจข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1-31 ตุลาคม พ.ศ.2566 ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเร่งด่วนเย็นซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มียปริมาณการจราจรหนาแน่นและมีการจัดช่องจราจรแบบสวนกระแสมาทำการวิเคราะห์เป็นกรณีฐาน (Base case) ข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำไปทดสอบทางสถิติเพื่อประเมินความถูกต้องและรูปแบบการกระจายตัวของข้อมูลก่อนนำไปใช้เป็นข้อมูลฐานสำหรับการสร้างแบบจำลองสภาพการจราจร สอดคล้องกับ วรรณณิสากลลิมสกุล และจำรัส พิทักษ์ศฤงคาร (2561) เลือกทำการเก็บข้อมูลปริมาณการจราจรในช่วงหนาแน่นเพื่อนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองสภาพจราจรในระดับจุลภาค

6.5 การคัดเลือกพื้นที่ศึกษา

ผู้วิจัยวางแผนการคัดเลือกพื้นที่สำหรับการศึกษาโดยให้ความสำคัญกับด้านเก็บค่าผ่านทางพิเศษที่มีคุณลักษณะ ดังนี้ 1.ปริมาณจราจรหนาแน่นในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น 2.เป็นเส้นทางที่เชื่อมต่อระหว่างโครงข่ายในเมืองและโครงข่ายนอกเมือง 3.มีการดำเนินการหรือมีความสามารถในการจัดการจราจรแบบสวนกระแส ด้านเก็บค่าผ่านทางพิเศษประชาชนเป็นเส้นทางที่มีคุณลักษณะข้างต้นครบถ้วนและเป็นด้าน ที่มีจำนวนช่องเก็บเงินค่าผ่านทางจำนวนสูงที่สุดในเส้นทางส่วน C ของทางพิเศษศรีรัช ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดให้พื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่สำหรับการศึกษาในครั้งนี้

6.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การสร้างโครงข่ายถนนจากข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศ

งานวิจัยนี้ได้เลือกนำเข้าข้อมูลสำหรับการสร้างโครงข่ายถนนจากเว็บไซต์ Google Map ผ่านโปรแกรมภูมิศาสตร์สารสนเทศ QGIS รุ่น 3.16.2 สำหรับนำมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการสร้างแบบจำลอง ได้แก่ 1) การสร้างลักษณะทางกายภาพของเส้นทางที่ศึกษา ได้แก่ เส้นทางก่อนเข้าและบริเวณ

หน้าด่านเก็บเงิน 2) ข้อมูลทางด้านวิศวกรรมจราจร จราจรและการชะลอตัวของยานพาหนะ เช่น ปริมาณจราจร พฤติกรรมการตัดสินใจเลือกช่อง

ตารางที่ 1 ปริมาณและช่วงเวลาการเข้ามาของยานพาหนะ

ช่วงเวลา	เวลา	ประเภทยานพาหนะ			จำนวน รถ (คัน)	สัดส่วน (%)	การกระจายตัว (วินาที)	P-Value
		รถยนต์นั่ง	รถตู้	รถโดยสาร				
เร่งด่วนเช้า	07:01-08:00	2,158	543	11	2,712	53.66%	14 * BETA(0.977, 0.90)	0.0235
	08:01-09:00	1,863	469	10	2,342	46.34%	16 * BETA(0.974, 0.922)	0.0191
เร่งด่วนเย็น	16:01-17:00	1,939	450	11	2,401	31.23%	UNIF(0.003, 12)	0.0182
	17:01-18:00	2,086	484	12	2,582	33.58%	19 * BETA(0.959, 0.881)	0.0186
	18:01-19:00	2,186	508	12	2,706	35.19%	1 + 20 * BETA(1.23, 1.14)	0.0243

ตารางที่ 2 สัดส่วนการเลือกใช้ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น

ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (Morning Peak)						ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (Evening Peak)					
ประตู	ประเภท			รวม	%	ประตู	ประเภท			รวม	%
	รถยนต์	รถตู้	รถโดยสาร				รถยนต์	รถตู้	รถโดยสาร		
4	425	110	2	537	10.63	12	698	228	4	930	12.10
5	411	117	2	530	10.49	13	714	236	5	955	12.42
6	413	128	2	543	10.74	14	702	224	4	930	12.10
7	432	134	3	569	11.26	15	681	206	4	891	11.59
8	581	142	4	727	14.38	16	619	141	3	763	9.92
9	602	136	3	741	14.66	17	596	118	3	717	9.33
10	584	129	3	716	14.17	18	551	73	3	627	8.16
11	573	116	2	691	13.67	19	561	83	3	647	8.42
Total	4021	1012	21	5054	100.00	20	553	75	3	631	8.21
						21	536	58	3	597	7.77
						Total	6211	1442	35	7688	100.00

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI.) อยู่ในกลุ่ม 2 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

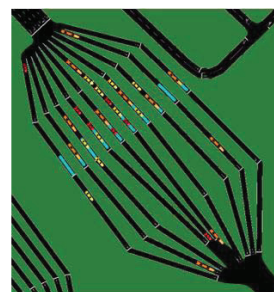
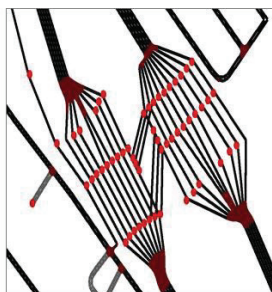
6.7 การเปรียบเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษประชาชนขึ้นถูกสร้างขึ้นเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการการจราจรแบบสวนกระแส โดยการพิจารณาถึงพฤติกรรมในการขับขึ้นที่เกิดขึ้นบริเวณหน้าด่านตลอดจนความยาวแถวคอยของการจราจร บริเวณช่องเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางแต่ละตู้ (ภาพที่ 4) เพื่อให้แบบจำลองมีความถูกต้องและสอดคล้องกับสภาพการจราจรจริงบริเวณหน้าด่าน จากตารางที่ 1 พบว่าในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้ามีปริมาณจราจรในทิศทางขาเข้ากรุงเทพฯ เฉลี่ย 2,527 คัน/ชั่วโมง และในทิศทางขาออกมุ่งหน้าแจ้งวัฒนะเฉลี่ย 2,563 คัน/ชั่วโมง และมีแถวคอยเฉลี่ยบริเวณหน้าด่านเก็บเงินในทิศทางขาเข้า

กรุงเทพฯ เฉลี่ย 200-300 เมตร สำหรับทิศทางขาออกไปแจ้งวัฒนะมีแถวคอยเฉลี่ยบริเวณหน้าด่านเก็บเงิน 300-400 เมตร โดยมีด่านเก็บค่าผ่านทางหมายเลข 9 และ 13 ถูกเลือกให้บริการสูงที่สุดในช่วงเวลาเช้าและเย็น (ตารางที่ 2) จากผลลัพธ์ข้างต้น ผู้วิจัยทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยใช้เกณฑ์สำหรับการเปรียบเทียบแบบจำลองของ Design Manual for Roads and Bridges (DMRB) เพื่อคำนวณค่า GEH ตารางที่ 3 แสดงผลลัพธ์การทดสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น พบว่าแบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ กล่าวคือมีค่า GEH น้อยกว่า 5 (ชัยวัฒน์ ใหญ่บัก และ ประเมศวร์ เหลือเทพ, 2558) ดังนั้นแบบจำลองจึงมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์สภาพการจราจรได้ต่อไป (Islam, 2018).

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความสอดคล้องระหว่างปริมาณจราจร

เวลา	ปริมาณ การจราจร (สำรวจ)	ปริมาณ การจราจร (จำลอง)	GEH	ผล	เวลา	ปริมาณ การจราจร (สำรวจ)	ปริมาณ การจราจร (จำลอง)	GEH	ผล
ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า					ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น				
07:01-08:00	2,712	2,524	3.674	ผ่าน	16:01-17:00	2,401	2,257	2.984	ผ่าน
08:01-09:00	2,342	2,531	3.829	ผ่าน	17:01-18:00	2,582	2,491	1.807	ผ่าน
					18:01-19:00	2,706	2,823	2.225	ผ่าน



ภาพที่ 4 การสร้างโครงข่ายถนนจากข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศ ปี 2567 โดยผู้วิจัย

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI.) อยู่ในกลุ่ม 2 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

6.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัย

ผู้วิจัยแบ่งการทดสอบความแปรปรวนเป็น 5 กลุ่มตามปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการจัดการการจราจรแบบสวนกระแส ได้แก่

1. ประเภทของด่านเก็บค่าผ่านทาง (ปัจจัย A)
2. จำนวนตู้เก็บค่าผ่านทาง (ปัจจัย B)
3. ความยาวของช่องทาง (ปัจจัย C)
4. ระยะห่างตู้เก็บค่าผ่านทางจากทางเข้าช่องจราจรแบบสวนกระแส (ปัจจัย D)
- และ 5. จำนวนช่องทาง (ปัจจัย E) โดยปัจจัยทั้ง 5 จะถูกแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มและทำการทำการประมวลผลซ้ำจากการปรับเปลี่ยนสภาพการจราจรในรูปแบบเดียวกันด้วยเกณฑ์การทดสอบเพิ่มขึ้น 10% และ 40% (Gracia et al., 2017) โดยตั้งข้อสมมติฐานการศึกษาระยะเวลาการรอคอยเฉลี่ย และความยาวแถวคอยเฉลี่ยไม่แตกต่างกันของทุกกลุ่มที่ทำการทดสอบโดยการนำผลลัพธ์ค่าความแปรปรวนจากการจำลองสถานการณ์ของแต่ละกลุ่มมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม โดยเทคนิค ANOVA ซึ่งเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบเป็นกลุ่ม (ศิริวรรณ งามปราบปาม และดำรงเกียรติรัตนอมรพิน, 2560) โดยเมื่อได้ผลลัพธ์ค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม กำหนดค่าความ

เชื่อมั่นที่ 95% ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานเบื้องต้นที่เป็นที่ยอมรับสำหรับงานวิจัยส่วนใหญ่ (จารุวรรณ วิโรจน์, 2558)

7. ผลการวิจัย

7.1 ผลลัพธ์การคำนวณวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของการตัดสินใจ ด้วยเทคนิค ANOVA

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ค่าระยะเวลาการรอคอยเฉลี่ยและความยาวแถวคอยเฉลี่ยด้วยเทคนิค ANOVA ผลของการคำนวณทั้ง 5 กลุ่ม จะได้จากแทนค่าต่างๆลงในตารางเพื่อหาค่า F (การหา ANOVA: Single Factor 5 Groups) ผลการวิเคราะห์ค่า F ทั้ง 5 กลุ่มพบว่า ค่าคำนวณ $F_{0.05,4,20} = 3.79$ โดยเมื่อเทียบค่าตาราง Degree of freedom ของ F-Table จะได้ค่า Fวิกฤต $F_{0.05,4,20} = 2.86$ ดังนั้นเมื่อผลการคำนวณค่า F มากกว่าค่า Fวิกฤต ($F_{\text{คำนวณ}} > F_{\text{วิกฤต}}$) จึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 แสดงว่ามีข้อมูลอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน การทดสอบจึงได้ลองตัดแต่ละกลุ่มออกเพื่อประมวลผลลัพธ์ใหม่ ที่ท้ายที่สุดพบว่าการที่ค่า F คำนวณมีค่าน้อยกว่า F วิกฤต คือการตัดกลุ่มที่ 3 และ 4 (ปัจจัย C และ D) โดยมีผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลลัพธ์การทดสอบเวลาการรอคอยเฉลี่ยและความยาวเฉลี่ยแถวคอยของแต่ละกลุ่ม

แหล่งความแปรปรวน	เวลารอคอยเฉลี่ย (เช้า)					เวลารอคอยเฉลี่ย (เย็น)				
	SS	df	MS	F คำนวณ	F วิกฤต	SS	df	MS	F คำนวณ	F วิกฤต
ภายในกลุ่ม	382.91	2	191.45	0.358	3.88	964.59	2	482.29	0.434	3.885
ระหว่างกลุ่ม	6424.94	12	535.41			13311.50	12	1109.29		
รวม	6807.86	14				14276.09	14			
แหล่งความแปรปรวน	ความยาวเฉลี่ยแถวคอย (เช้า)					ความยาวเฉลี่ยแถวคอย (เย็น)				
	SS	df	MS	F คำนวณ	F วิกฤต	SS	df	MS	F คำนวณ	F วิกฤต
ภายในกลุ่ม	15.93	2	7.96	0.056	3.88	65.45	2	32.72	0.116	3.885
ระหว่างกลุ่ม	1716.98	12	143.08			3370.55	12	280.87		
รวม	1732.91	14				3436.01	14			

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI.) อยู่ในกลุ่ม 2 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

ตารางที่ 5 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวนรายปัจจัยของเวลารอคอยเฉลี่ย (ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า)

ระยะเวลารอคอยเฉลี่ย (ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า)						
Factor	df	Sum of squares	Mean square	p-value	Contri. (%)	Cum. Contri. (%)
B	5	0.171	0.171	0.019	53.94%	53.94%
A	5	0.124	0.124	0.031	39.12%	93.06%
E	5	0.022	0.022	0.038	6.94%	100.00%
Total	15	0.317	0.317	0.088	100.00%	

ตารางที่ 6 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวนรายปัจจัยของเวลารอคอยเฉลี่ย (ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น)

ระยะเวลารอคอยเฉลี่ย (ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น)						
Factor	df	Sum of squares	Mean square	p-value	Contri. (%)	Cum. Contri. (%)
B	5	0.198	0.198	0.004	19.55%	19.55%
A	5	0.276	0.276	0.006	27.25%	46.79%
E	5	0.539	0.539	0.034	53.21%	100.00%
Total	15	1.013	1.013	0.044	100.00%	

ตารางที่ 7 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวนรายปัจจัยของความยาวแถวคอยเฉลี่ย (ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า)

ความยาวแถวคอยเฉลี่ย (ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า)						
Factor	df	Sum of squares	Mean square	p-value	Contri. (%)	Cum. Contri. (%)
B	5	0.142	0.142	0.003	51.82%	51.82%
A	5	0.077	0.077	0.029	28.10%	79.93%
E	5	0.055	0.055	0.046	20.07%	100.00%
Total	15	0.274	0.274	0.078	100.00%	

ตารางที่ 8 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวนรายปัจจัยของความยาวแถวคอยเฉลี่ย (ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น)

ความยาวแถวคอยเฉลี่ย (ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น)						
Factor	Df	Sum of squares	Mean square	p-value	Contri. (%)	Cum. Contri. (%)
B	5	0.116	0.116	0.005	44.27%	44.27%
A	5	0.074	0.074	0.029	28.24%	72.52%
E	5	0.072	0.072	0.036	27.48%	100.00%
Total	15	0.262	0.262	0.07	100.00%	

ตารางที่ 5-8 แสดงผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวนรายปัจจัยของเวลารอคอยเฉลี่ยและความแออัดเฉลี่ยในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็นจากปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการจราจรแบบสวนกระแสทั้ง 3 ปัจจัย โดยหากพิจารณาจากค่า p-value จะพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความความแปรปรวนของกระแสจราจรเรียงตามลำดับได้แก่ปัจจัยจำนวนตู้เก็บค่าผ่านทาง (ปัจจัย B) ปัจจัยประเภทของด่านเก็บค่าผ่านทาง (ปัจจัย A) และปัจจัยจำนวนช่องจราจร (ปัจจัย E) ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าความแปรปรวนจำนวนมากที่เกิดขึ้นจากการจัดการจราจรแบบสวนกระแสของเวลารอคอยเฉลี่ยมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความแปรปรวนของปัจจัยทั้งสามที่กล่าวมาข้างต้น

7.2 แนวทางการกำหนดประเภทของด่านเก็บค่าผ่านทางของช่องจราจรแบบสวนกระแส

จากผลการวิเคราะห์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการจราจรแบบสวนกระแสสูงที่สุดได้แก่ ปัจจัยจำนวนตู้เก็บค่าผ่านทาง (ปัจจัย B) แต่เนื่องจากข้อจำกัดด้านพื้นที่และงบประมาณที่ไม่สามารถลงทุนเพิ่มได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำปัจจัยที่ส่งผลในลำดับที่ 2 ได้แก่ ประเภทของด่านเก็บค่าผ่านทาง (ปัจจัย A) มาทำการวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุง โดยการวางแผนการจัดสรรประเภทของ

ด่านเก็บค่าผ่านทางในช่องจราจรแบบสวนกระแสสอดคล้องกับ Guan and Liu (2009) ที่กล่าวว่าการนำปัจจัยที่ส่งผลกระทบมาวิเคราะห์เพื่อออกแบบวิธีการจัดสรรประตูให้บริการยานพาหนะเป็นสิ่งจำเป็นที่จะสามารถช่วยลดความแออัดได้

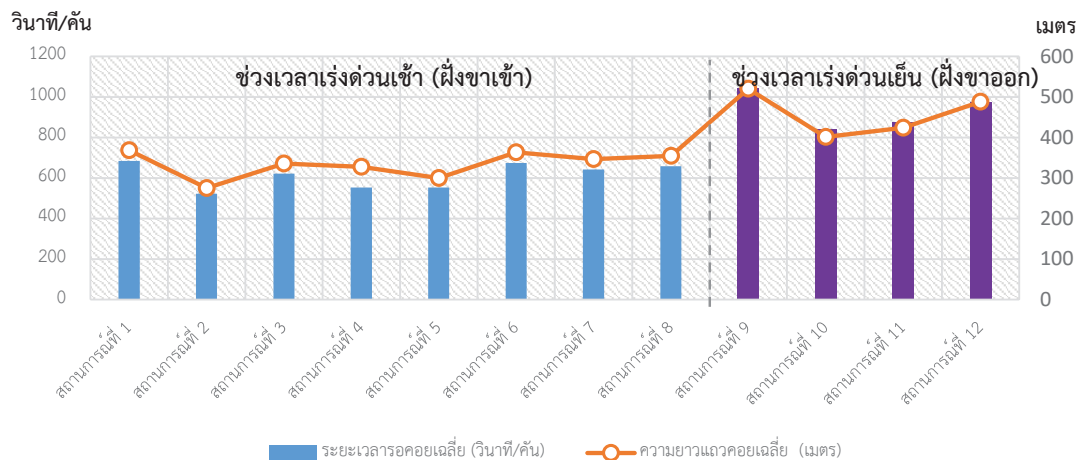
ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยการกำหนดประเภทของด่านเก็บค่าผ่านทางของช่องจราจรแบบสวนกระแสใหม่โดยเลือกใช้การแทนที่ด่านเก็บเงินสดแทนที่ด่านอัตโนมัติในแต่ละตำแหน่งจนครบทุกสถานการณ์ที่เป็นไปได้โดยสามารถกำหนดสถานการณ์ใหม่จำนวน 7 สถานการณ์สำหรับช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและ 3 สถานการณ์สำหรับช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น เนื่องจากการประสิทธิภาพการจราจรในพื้นที่ที่เกิดปัญหาคอขวด ดังนั้นการวัดผลลัพธ์ด้วยระยะเวลาการรอคอยเฉลี่ยของยานพาหนะแบบรายคันและความยาวแถวคอยเฉลี่ยบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางจะช่วยให้สามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์ได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด (ธีรดนัย อินดี และ จารัส พิทักษ์ศฤงคาร, 2560) สอดคล้องกับ นครินทร์ สัทธรรมนวงศ์ และพรรณนะ บุญอยู่ (2560) ที่กล่าวว่าการกำหนดสถานการณ์ของทดสอบด่านเก็บค่าผ่านทางที่เหมาะสมจะช่วยให้กระแสจราจรและความเร็วของยานพาหนะเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 9 การสลับประเภทด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า

ประตู	สถานการณ์ที่นำเสนอใหม่ (ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า)							
	แบบที่ 1 (ปัจจุบัน)	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4	แบบที่ 5	แบบที่ 6	แบบที่ 7	แบบที่ 8
12	เงินสด	อัตโนมัติ	เงินสด	อัตโนมัติ	อัตโนมัติ	เงินสด	อัตโนมัติ	เงินสด
13	เงินสด	อัตโนมัติ	อัตโนมัติ	เงินสด	อัตโนมัติ	เงินสด	เงินสด	อัตโนมัติ
14	เงินสด	อัตโนมัติ	อัตโนมัติ	อัตโนมัติ	เงินสด	อัตโนมัติ	เงินสด	เงินสด

ตารางที่ 10 การสลับประเภทด้านเก็บค่าผ่านทางพิเศษในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น

ประตุ	สถานการณ์ที่นำเสนอใหม่ (ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น)			
	แบบที่ 9 (ปัจจุบัน)	แบบที่ 10	แบบที่ 11	แบบที่ 12
10	เงินสด	อัตโนมัติ	เงินสด	อัตโนมัติ
11	เงินสด	อัตโนมัติ	อัตโนมัติ	เงินสด



ภาพที่ 5 ผลลัพธ์การจำลองสถานการณ์ที่นำเสนอใหม่ ปี 2567 โดยผู้วิจัย

ตารางที่ 11 สรุปผลลัพธ์เวลารอคอยช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า

ตัวชี้วัด	สถานการณ์ที่นำเสนอใหม่ (ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า)											
	แบบที่ 1 (ปัจจุบัน)			แบบที่ 2			แบบที่ 3			แบบที่ 4		
				ผล	ผลต่าง	%	ผล	ผลต่าง	%	ผล	ผลต่าง	%
ระยะเวลาการคอยเฉลี่ย (วินาที/คัน)	683.99			522.13	161.86	23.66	621.33	62.66	9.16	553.46	130.53	19.08
	แบบที่ 5			แบบที่ 6			แบบที่ 7			แบบที่ 8		
	ผล	ผลต่าง	%	ผล	ผลต่าง	%	ผล	ผลต่าง	%	ผล	ผลต่าง	%
	553.46	130.53	19.08	673.55	10.44	1.53	642.22	41.77	6.11	657.88	26.11	3.82

ตารางที่ 12 สรุปผลลัพธ์ความยาวแถวคอยเฉลี่ยช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า

ตัวชี้วัด	สถานการณ์ที่นำเสนอใหม่ (ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า)											
	แบบที่ 1 (ปัจจุบัน)			แบบที่ 2			แบบที่ 3			แบบที่ 4		
				ผล	ผลต่าง	%	ผล	ผลต่าง	%	ผล	ผลต่าง	%
ความยาวแถวคอยเฉลี่ย (เมตร)	368.5			275	93.5	25.37	335.5	33	8.96	327.25	41.25	11.19
	แบบที่ 5			แบบที่ 6			แบบที่ 7			แบบที่ 8		
	ผล	ผลต่าง	%	ผล	ผลต่าง	%	ผล	ผลต่าง	%	ผล	ผลต่าง	%
	299.75	68.75	18.66	363	5.5	1.49	346.5	22	5.97	354.75	13.75	3.73

ตารางที่ 13 สรุปผลลัพธ์เวลารอคอยและความยาวแถวคอยเฉลี่ยในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น

ตัวชี้วัด	สถานการณ์ที่นำเสนอใหม่ (ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น)									
	แบบที่ 9 (ปัจจุบัน)	แบบที่ 10			แบบที่ 11			แบบที่ 12		
		ผล	ผลต่าง	%	ผล	ผลต่าง	%	ผล	ผลต่าง	%
ระยะเวลา รอคอยเฉลี่ย (วินาที/คัน)	1,043.34	841.41	201.93	19.35	875.06	168.28	16.13	976.03	67.31	6.45
ความยาวแถวคอยเฉลี่ย (เมตร)	แบบที่ 9 (ปัจจุบัน)	แบบที่ 10			แบบที่ 11			แบบที่ 12		
		ผล	ผลต่าง	%	ผล	ผลต่าง	%	ผล	ผลต่าง	%
	520	401	119	22.88	424	96	18.46	488	32	6.15

ภาพที่ 5 แสดงผลลัพธ์ พบว่าในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าการกำหนดด่านเก็บค่าผ่านทางเป็นระบบอัตโนมัติทั้งหมด (สถานการณ์ที่ 2) จะได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดรองลงมาได้แก่การกำหนดด่านเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ 2 ประตู่รวมกับด่านเก็บเงินสด 1 ประตู (สถานการณ์ที่ 5) โดยมีผลต่างด้านระยะเวลาการรอคอยเฉลี่ยต่อยานพาหนะลดลงสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบัน (สถานการณ์ที่ 1) เท่ากับ 161.86 และ 130.53 วินาทีต่อคัน และมีผลต่างด้านความยาวแถวคอยเฉลี่ยลดลงสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบันเท่ากับ 93.5 และ 68.75 เมตร ตามลำดับ สำหรับในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นการกำหนดด่านเก็บค่าผ่านทางเป็นระบบอัตโนมัติทั้งหมด (สถานการณ์ที่ 10) จะได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด รองลงมาได้แก่การกำหนดด่านเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ 1 ประตู่รวมกับด่าน

เก็บเงินสด 1 ประตู (สถานการณ์ที่ 11) โดยมีผลต่างด้านระยะเวลาการรอคอยเฉลี่ยต่อยานพาหนะลดลงสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบัน (สถานการณ์ที่ 9) เท่ากับ 201.93, 168.28 วินาทีต่อคัน และมีผลต่างด้านความยาวแถวคอยเฉลี่ยลดลงสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบันเท่ากับ 119 และ 96 เมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 11-13) แนวทางที่งานวิจัยนี้นำเสนอจะช่วยให้ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ ประชาชื่นและด่านเก็บค่าผ่านทางที่มีโครงสร้างการทำงานของช่องการจราจรแบบสวนกระแสคล้ายกันสามารถกำหนดแนวทางการเพิ่มจำนวนช่องทางให้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับรองรับปริมาณการจราจรที่หนาแน่นแบบเร่งด่วน โดยจากแนวทางการแก้ไขปัญหาที่นำเสนอยังพบว่าในช่วงเริ่มต้นของการปรับเปลี่ยนประเภทของด่านเก็บค่า

ผ่านทางพิเศษเป็นแบบอัตโนมัติทั้งหมด หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถเลือกใช้การผสมผสานประเภทของด่านเก็บค่าผ่านทางในสัดส่วน 2:1 (อัตโนมัติ:เงินสด) ในช่วงเวลาเร่งด่วนเข้าดงสถานการณ์ที่ 4 และ 5 และสัดส่วน 1:1 (อัตโนมัติ:เงินสด) ในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น ดงสถานการณ์ที่ 11 และ 12 เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่น ต่อยานพาหนะที่เข้ามาใช้บริการและสร้างความคุ้นเคยเพื่อปรับเปลี่ยนสู่ระบบอัตโนมัติทั้งหมดตาม ที่นำเสนอข้างต้น

8. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการจราจรแบบสวนกระแสของด่านเก็บค่าผ่านทางระหว่างโครงข่ายในเมืองและโครงข่ายนอกเมือง โดยการกำหนดปัจจัยจำนวน 5 ตัว ได้แก่ 1.ประเภทของด่านเก็บค่าผ่านทาง (ปัจจัย A) 2.จำนวนตู้เก็บค่าผ่านทาง (ปัจจัย B) 3.ความยาวของช่องทาง (ปัจจัย C) 4. ระยะห่างตู้เก็บค่าผ่านทางจากทางเข้าช่องจราจรแบบสวนกระแส (ปัจจัย D) และ 5.จำนวนช่องทาง (ปัจจัย E) โดยปัจจัยทั้งห้าที่กล่าวมาจะถูกนำมาใช้ในการประมวลผลผ่านแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค วิเคราะห์ด้วยแปรแต่ละตัวด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) วัดผลลัพธ์ด้วยเวลารอคอยเฉลี่ยและความยาวแถวคอยเฉลี่ยในช่วงเร่งด่วนเช้าและช่วงเร่งด่วนเย็น ผลลัพธ์พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความแออัดสูงสุดในช่วงเร่งด่วนเช้าและเย็นได้แก่ จำนวนตู้เก็บค่าผ่านทาง (ปัจจัย B), ประเภทของด่านเก็บค่าผ่านทาง (ปัจจัย A) และปัจจัยจำนวนช่องจราจร (ปัจจัย E) กระบวนการดังกล่าวสอดคล้องกับ Gracia et al. (2017) ที่ได้นำผลลัพธ์ทางสถิติของการจำลองสภาพการจราจรในพื้นที่ที่ศึกษามาหาความแปรปรวนของปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อระบบการจราจร

นำปัจจัยประเภทของด่านเก็บค่าผ่านทาง (ปัจจัย A) ที่ไม่มีข้อจำกัดด้านการปรับปรุงวิเคราะห์

แนวทางการจัดสรรประเภทของด่านเก็บค่าผ่านทางในช่วงที่มีการเปิดช่องจราจรแบบสวนกระแส โดยเลือกใช้วิธีการแทนที่ด่านเก็บค่าผ่านทางเงินสดแทนอัตโนมัติจนครบทุกสถานการณ์ที่เป็นไปได้โดยสามารถออกแบบการทดลองทั้งหมด 7 สถานการณ์ ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและ 3 สถานการณ์ในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นสอดคล้องกับ Guan and Liu (2009) ที่กล่าวว่าการนำปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพเพื่อออกแบบวิธีการจัดสรรประตูให้บริการยานพาหนะเป็นสิ่งจำเป็นที่จะสามารถช่วยลดความแออัดได้

ผลลัพธ์พบว่าในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า สถานการณ์ที่มีระยะเวลาการรอคอยเฉลี่ยและความยาวแถวคอยเฉลี่ยต่ำที่สุดสามลำดับแรกได้แก่ สถานการณ์ที่ 2, 5 และ 4 ตามลำดับ สำหรับช่วงเร่งด่วนเย็น ได้แก่ สถานการณ์ที่ 10, 11 และ 12 ตามลำดับ สอดคล้องกับ ชีร์ณีย์ อินดี และจรัสพิทักษ์ศฤงคาร (2560) ได้นำเสนอแนวทางการจัดสรรตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและแบบอัตโนมัติเปรียบเทียบกับกระบวนกรปัจจุบันพบว่าตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางที่เหมาะสมควรอยู่ใกล้กับช่องทางที่มีปริมาณการจราจรไหลผ่านสูงที่สุดและพลเทพ เลิศวรรณิช (2564) ที่กล่าวว่าการให้บริการของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษที่มีการจัดรวมกันเป็นกลุ่มตามประเภทจะให้อัตราการระบายยานพาหนะที่เข้ามาใช้บริการสูงกว่าการวางด่านเก็บค่าผ่านทางประเภทเดียวกันไว้แยกจากกัน โดยสามารถนำผลการวิจัยนี้ไปใช้ในทางปฏิบัติโดยเริ่มต้นจากการกำหนดประตูอัตโนมัติในช่องจราจรที่ใกล้กับช่องจราจรหลัก ร่วมกับการใช้ด่านเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดเพื่อให้ยานพาหนะที่เข้าสู่ด่านเก็บค่าผ่านทางเกิดความเข้าใจจนสามารถเพิ่มจำนวนช่องจราจรแบบอัตโนมัติได้ครบทุกช่องจราจร

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ผลลัพธ์การวิจัยสามารถนำไปเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการกำหนดนโยบายการเปิดช่องการจราจรแบบสวนกระแสของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษและด่านเก็บค่าผ่านทางประเภทอื่นๆ ที่มีความต้องการเปิดช่องการจราจรแบบสวนกระแสเพื่อบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณหน้าด่าน

9.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการการจราจรแบบสวนกระแสในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็นเท่านั้น ดังนั้นจึงควรมีการพิจารณาเพิ่มเติมในช่วงเวลาอื่นๆ หรือควรมีการพิจารณาเพิ่มเติมปัจจัยเฉพาะด้านอื่นๆ สำหรับด่านเก็บค่าผ่านทางที่มีคุณลักษณะแตกต่างจากพื้นที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- โชติรส นพพลกรัง, ทิพย์สุดา กุมพันธ์, ณัฐกร โต๊ะสิงห์, สาธิต สร้อยเพชร และสุพัตรา รัตนพันธ์. (2564). การศึกษาความเป็นไปได้เพื่อควบคุมการจราจรบนทางแยก : กรณีศึกษา ทางแยกหน้าศรีพุทธาวิทยาลัยราชภัฏ สัมมนาการ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ ศรีสะเกษ*, 1(2), 53-61.
- จารุวรรณ วิโรจน์. (2558). การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและการเปรียบเทียบพหุคูณในงานวิจัยทางสาธารณสุข กรณีตัวอย่างการป้องกันโรคไข้เลือดออก. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 34(3), 304-311.
- ชัยวัฒน์ ใหญ่บก และปรเมศวร์ เหลือเทพ. (2558). การวิเคราะห์การจัดการจราจรของชุดทางแยกต่อเนื่อง กรณีศึกษาเทศบาลนครหาดใหญ่. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม*, 8(1), 103-114.
- ชาญวิทย์ ยาม่วง และวศิน เกียรติโกมล. (2560). การปรับปรุงระบบช่องเดินรถสลับทิศทาง ถนนเพชรบุรี. *วิศวกรรมลาดกระบัง*, 34(3), 58-64.
- ธีรรัตน์ อินดี และจำรัส พิทักษ์ศฤงคาร. (2560). การวิเคราะห์ระบบเก็บค่าผ่านทางแบบผสมผสานโดยใช้แบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค: กรณีศึกษา ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษดินแดง. *วิศวกรรมลาดกระบัง*, 38(1), 1-14.
- นครินทร์ สัทธรรมนวงศ์ และทรงสนะ บุญอยู่. (2560). การประเมินผลการบริหารจัดการจราจรแบบสวนกระแส: กรณีศึกษาบริเวณด่านเก็บเงินค่าธรรมเนียมผ่านทางทับช้าง. *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, 7(1), 51-62.
- พลเทพ เลิศรวนิช. (2564). การเปรียบเทียบอัตราการระบายรถยนต์ผ่านด่านเก็บค่าผ่านทาง. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา*, 32(3), 9-20.
- รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ. (2553). *คู่มือสร้างแบบจำลอง ARENA*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- วรรณนิสา กมลลิ้มสกุล และจำรัส พิทักษ์ศฤงคาร. (2561). การวิเคราะห์จราจรทางแยกแบบไหลต่อเนื่อง ผสมผสานกับทางแยกต่างระดับโดยแบบจำลองจราจรระดับจุลภาค : กรณีศึกษาแยกหน้าโรงเรียน ดัดดรุณี จ.ฉะเชิงเทรา. *วิศวกรรมลาดกระบัง*, 35(1), 23-32.

- ศราวุธ ศิริวงษ์, ธเนศ สเกียรติงาม, วิชุดา สเกียรติงาม และนพดล กรประเสริฐ. (2562). การเปรียบเทียบอัตรา การระบายรถยนต์ผ่านด่านเก็บค่าผ่านทาง. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ฉบับบัณฑิตศึกษา)*, 19(1), 88-100.
- ศิริวรรณ องปราบปาม และดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน. (2560). การกำหนดมาตรฐานสำหรับการตัดสินใจสีลิปสติก ด้วย Attribute Gauge R&R. *Journal of Engineering and Digital Technology (JEDT)*, 5(2), 5-9.
- Archana, N., Manish, C., & Sanjay, S. (2022). An Empirical Study on Parameters Affecting Traffic Stream Variables Under Rainy Conditions. *14th International Conference on COMmunication Systems & NETworkS (COMSNETS)*, 818-823. . <https://doi.org/10.1109/COMSNETS53615.2022.9668377>.
- Gracia, M.D., González-Ramírez, R.G., & Mar-Ortiz, J. (2017).The impact of lanes segmentation and booking levels on a container terminal gate congestion. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 29, 403–432. <https://doi.org/10.1007/s10696-016-9256-4>.
- Guan, C., & Liu, R. (2009). Container terminal gate appointment system optimization. *Maritime Economics and Logistics*, 11(4), 378-398. doi:10.1057/mel.2009.13.
- Islam, S. (2018). Simulation of truck arrival process at a seaport: Evaluating truck-sharing benefits for empty trips reduction. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 21(1), 94–112. <https://doi.org/10.1080/13675567.2017.1353067>.
- Josep, T. V. (2013). *Analysis and simulation of traffic management actions for traffic emission reduction*. Berlin, Technische Universität Berlin.
- Office of Transport and Traffic Policy and Planning. (2022). *Traffic volume at intersections in Bangkok in 2021*. Retrieved 1 October 2023, From: https://data.bangkok.go.th/dataset/traffic_volume.
- Wang, J., Huynh, N. N., & Pena, E. (2022). Land side truck traffic modeling at container terminals by a stationary two-class queuing strategy with switching. *Journal of International Logistics and Trade*, 20(3), 118-134. <https://doi.org/10.1108/JILT-05-2022-0003>.
- Wongchavalidkul, N., & Siewwuttanagul, S. (2021). Experiences of Using Opensource Transport and Traffic Simulation Software for Transport and Traffic Studies in Thailand. *International scientific journal of engineering and technology (ISJET)*, 5(1), 11–19. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/isjet/article/view/241614>.