การแก้ปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณโรงเรียนโดยการใช้รถรับส่งนักเรียน

อชิรญาณ์ สอนสาย[1] และ วิโรจน์ ศรีสุรภานนท์[2*]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

* *Corresponding Author: viroat.sri@kmutt.ac.th*
[1] *นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์*
[2] *รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์*

ข้อมูลบทความ

ประวัติบทความ :
รับเพื่อพิจารณา : 19 พฤศจิกายน 2564
แก้ไข : 17 พฤษภาคม 2565
ตอบรับ : 27 พฤษภาคม 2565
DOI : 10.14456/kmuttrd.2022.14

คำสำคัญ :
การจราจรติดขัด / รถรับส่งนักเรียน / แบบจำลองจราจร

บทคัดย่อ

การนิยมขับรถยนต์ส่วนตัวไปส่งบุตรหลานที่โรงเรียนก่อให้เกิดปัญหาจราจรติดขัดบริเวณโรงเรียนขึ้นได้ โดยเฉพาะในชั่วโมงเร่งด่วนช่วงเช้า การศึกษานี้จึงได้จำลองสภาพการจราจรโดยใช้ทฤษฎีแถวคอย และโปรแกรม VISSIM เพื่อตรวจสอบผลของการแก้ปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณโรงเรียนโดยการใช้รถรับส่งนักเรียนมาให้บริการในช่วงเวลาเร่งด่วนช่วงเช้า การใช้รถรับส่งนักเรียนจำนวน 8 คัน เพื่อใช้รับส่งนักเรียน 121 คน สามารถทดแทนการขับรถยนต์ส่วนตัวไปส่งบุตรหลานที่โรงเรียนได้ 68 คัน จากการวิเคราะห์สภาพแถวคอยของรถยนต์ในโรงเรียนด้วยทฤษฎีแถวคอย M/M/1 พบว่า ผู้ปกครองที่ยังคงขับรถยนต์ไปส่งบุตรหลานใช้เวลารอคอยบนเส้นทางด้านในโรงเรียนลดลงเหลือเพียง 3 นาที จากเดิมที่ต้องใช้เวลามากกว่า 15 นาที จึงจะเดินทางออกสู่เส้นทางหลักภายนอกโรงเรียนได้ และเมื่อนำแบบจำลองการจราจร VISSIM ที่พัฒนาขึ้นมาใช้ตรวจสอบสภาพการจราจรภายนอกโรงเรียน พบว่า การจราจรบนโครงข่ายนอกโรงเรียนมีความเร็วเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากเดิม 10.7 - 11.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็น 14.0 - 15.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือคิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 - 38 และมีความล่าช้าลดลงจากเดิม 2.67 - 2.87 นาที เป็น 1.94 - 2.24 นาที หรือคิดเป็นลดลงร้อยละ 22 - 27

Solving Traffic Congestion around School by using School Buses

Achiraya Sonsai[1] and Viroat Srisurapanon[2*]
King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bang Mod, Thung Khru, Bangkok 10140

* *Corresponding Author: viroat.sri@kmutt.ac.th*
[1] *Graduate Student, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering.*
[2] *Associate Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering.*

ArticleInfo

Article History:
Received: November 19, 2021
Revised: May 17, 2022
Accepted: May 27, 2022
DOI : 10.14456/kmuttrd.2022.14

Keywords :
Traffic Congestion / School Bus / Traffic Simulation Model

Abstract

Driving children to school can cause traffic congestion around school, especially during the morning peak hours. The present study therefore applied the queuing theory and traffic simulation software VISSIM to investigate impacts on traffic when school buses were used as a substitute for driving children to school in the morning peak hours. After arranging 8 school buses for 121 students, 68 cars were reduced from the system. As a result of estimation based on the M/M/1 queuing theory, the average waiting time to get off from the inner school road to the outer main road decreased from longer than 15 minutes to 3 minutes. VISSIM simulation results also showed that the average traffic speed around the school increased 30 – 38 percent, from 10.7 – 11.4 kph to 14.0 – 15.5 kph; the delay decreased 22 – 27 percent, from 2.67 – 2.87 minutes to 1.94 – 2.24 minutes.

1. บทนำ

รถยนต์ส่วนบุคคลเป็นรูปแบบการเดินทางหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในการเดินทางไปโรงเรียนของนักเรียนในกรุงเทพมหานคร โรงเรียนบางแห่งที่ตั้งอยู่นอกพื้นที่ให้บริการของรถโดยสารสาธารณะ ผู้ปกครองนิยมขับรถยนต์ไปส่งนักเรียนถึงร้อยละ 90 [1] ถึงแม้ว่านักเรียนจำนวนไม่น้อยมีบ้านอยู่ใกล้โรงเรียนในระยะทางที่สามารถเดินหรือขี่จักรยานไปโรงเรียนเองได้ก็ตาม

ผู้ปกครองส่วนใหญ่มักเลือกขับรถยนต์ไปส่งบุตรหลานที่โรงเรียนด้วยตนเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับนักเรียนที่ศึกษาอยู่ในระดับชั้นต่ำกว่าระดับมัธยมศึกษา และไม่เพียงแต่ผู้ปกครองในประเทศไทยเท่านั้นที่นิยมขับรถยนต์ไปส่งบุตรหลานที่โรงเรียน ผู้ปกครองในประเทศเอเชียส่วนใหญ่ก็มีพฤติกรรมขับรถยนต์ไปส่งนักเรียนด้วยตนเองเช่นกัน จากการศึกษาทางเลือกในการเดินทางมาโรงเรียนของนักเรียนในปักกิ่ง ประเทศจีน พบว่า การมีรถยนต์ในครอบครอง ระยะทางไกล สภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวยแก่การเดินหรือใช้จักรยาน รวมทั้งความสะดวกสบายของผู้ปกครองเป็นปัจจัยที่กระตุ้นให้ขับรถยนต์มาส่งนักเรียนที่โรงเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในครอบครัวที่มีความเป็นอยู่ที่ดี และยังมีแนวโน้มเดินทางด้วยรถยนต์มากขึ้นหากออกเดินทางในชั่วโมงเร่งด่วน [2] นอกจากนี้ การศึกษาในสหรัฐอเมริกา ยังพบว่าการตัดสินใจขับรถยนต์ไปทำงานของผู้ปกครองเพิ่มโอกาสในการเดินทางไปส่งนักเรียนที่โรงเรียน อีกทั้งระยะทางระหว่างบ้านและโรงเรียน อายุและเพศของนักเรียน นโยบายของโรงเรียน รายได้ครอบครัว ประเภทของที่พักอาศัย ขนาดของเมือง รวมถึงทัศนคติของผู้ปกครองส่งผลต่อการเลือกรูปแบบการเดินทางมาโรงเรียนของนักเรียน [3]

การขับรถยนต์มาส่งนักเรียนที่โรงเรียน ถึงแม้ผู้เดินทางจะได้รับประโยชน์จากความคล่องตัว ความสะดวกสบาย อีกทั้งผู้ปกครองยังสามารถกำหนดช่วงเวลาการเดินทางได้อย่างยืดหยุ่น แต่การเดินทางในรูปแบบนี้ยังคงส่งผลเสียในมุมกว้างอีกมาก เช่น ปัญหาการจราจรติดขัดในพื้นที่บริเวณโดยรอบโรงเรียนที่มีการเดินทางเข้าและออกของรถยนต์ในจำนวนมากเกินกว่าที่ถนนสามารถรองรับได้ จากการศึกษาการเดินทางในปักกิ่งพบว่า ร้อยละ 15 ของการสัญจรในช่วงเวลาเร่งด่วนช่วงเช้าเป็นการเดินทางไปโรงเรียนของเด็กนักเรียน โดยพบว่า สภาพการจราจรในวันทำงานในช่วงที่โรงเรียนปิดเทอมจะติดขัดน้อยลงถึงร้อยละ 20 [4] นอกจากนี้ การใช้รถยนต์เป็นจำนวนมากยังก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศจากควันท่อไอเสีย ซึ่งเป็นผลผลิตจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ที่ไม่สมบูรณ์และปล่อยแก๊สออกมาในรูปแบบต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อชั้นบรรยากาศ แก๊สเรือนกระจกเหล่านี้เป็นสารปนเปื้อนที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อปัญหาโลกร้อน ทำให้สภาพอากาศเลวร้ายขึ้น ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง ปัญหาดังกล่าวไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบเพียงแต่พื้นที่ที่มีการปล่อยมลพิษเท่านั้นแต่ส่งผลกระทบกระจายไปทั่วโลก [5]

ในอดีตที่ผ่านมา หลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและภาคเอกชนได้พยายามร่วมมือกันในการจัดการจราจรเพื่อบรรเทาปัญหารถติดบริเวณโดยรอบโรงเรียนมาโดยตลอด ทั้งการกวดขันวินัยจราจรในพื้นที่ใกล้เคียงโรงเรียน การเพิ่มเจ้าหน้าที่สำหรับให้สัญญาณจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนทั้งจากตำรวจจราจรและเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยของโรงเรียน หรือแม้กระทั่งการให้นักเรียนและครูอาสาออกมารับนักเรียนลงจากรถยนต์ของผู้ปกครองที่จอดส่งเลียบถนนด้านหน้าโรงเรียน ผู้วิจัยเล็งเห็นว่า ถึงแม้จะมีการดำเนินการจัดการตามแนวทางดังกล่าว แต่หากไม่ลดจำนวนรถยนต์ของผู้ปกครองในระบบลง ปัญหารถติดก็ยังคงมีแนวโน้มที่จะดำเนินต่อไป ทั้งยังอาจเป็นปัญหาที่หนักหนาขึ้นในอนาคตได้ จึงควรมีการศึกษาแนวทางการเดินทางมาโรงเรียนที่ความเหมาะสมเพื่อบรรเทาปัญหาจราจรติดขัดต่อไป

แบบจำลองจราจรถือเป็นเครื่องมือสำคัญที่ควรนำมาประยุกต์ใช้เพื่อตรวจสอบความคล่องตัวบนกระแสจราจรเมื่อปริมาณรถยนต์ในระบบเปลี่ยนแปลงไป ในการศึกษาที่ผ่านมามีใช้แบบจำลองการจราจรเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการจราจรอย่างแพร่หลาย โดย VerkehrIn Stadten - SIMulations modell (VISSIM) เป็นโปรแกรมสำหรับวางแผนการขนส่ง งานวิศวกรรมจราจร และถูกใช้ในการจำลองการจราจรระดับจุลภาค (Micro Traffic Simulation) เนื่องจากสามารถจำลองการเคลื่อนที่ของรถยนต์ จับพฤติกรรมการขับขี่ และแสดงผลในรูปแบบสามมิติได้ อีกทั้งยังสามารถจำลองการจราจรในหลากหลายรูปแบบ เช่น วงเวียน ทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร ทางแยกต่างระดับ

เป็นต้น และสามารถนำปริมาณจราจร ความยาวแถวคอย ระยะเวลาและความเร็วในการเดินทางจากการวิเคราะห์โดยแบบจำลองมาใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพ ความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลองได้ [16] ผลการจำลองจึงเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยประเมินถึงความคุ้มค่าของโครงการและตัดสินใจในการดำเนินการเพื่อนำไปใช้จริง

รถรับส่งนักเรียนเป็นหนึ่งในแนวทางที่น่าสนใจในการนำมาแก้ไขปัญหารถติด จากการศึกษาเบื้องต้น ผู้ปกครองร้อยละ 51 เลือกแนวทางแก้ไขปัญหารถติดบริเวณรอบโรงเรียนโดยให้นักเรียนเปลี่ยนไปโดยสารรถรับส่งนักเรียนแทนการขับรถยนต์ไปส่งนักเรียนที่โรงเรียนด้วยตัวเอง [1] การที่นักเรียนหันไปใช้บริการรถรับส่งนักเรียนนั้นจะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกวินัยสำหรับการเดินทางที่มีตารางเวลาชัดเจนและมีความยืดหยุ่นน้อยกว่าเดิม ผู้ปกครองประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาส่งนักเรียน อีกทั้งการเดินทางเป็นกลุ่มของนักเรียนด้วยรถรับส่งขนาดใหญ่เพียงไม่กี่คันในช่วงเวลาเร่งด่วนสามารถลดจำนวนรถยนต์ของผู้ปกครองที่เดินทางเข้ามาส่งนักเรียนโดยฉพาะได้เป็นจำนวนมาก เมื่อปริมาณรถยนต์ในระบบลดลง ผู้ใช้รถใช้ถนนบนเส้นทางดังกล่าวก็จะสามารถเดินทางได้คล่องตัวขึ้น ถึงแม้ว่าการให้บริการรถรับส่งนักเรียนดูมีแนวโน้มที่ส่งผลดีในการบรรเทาปัญหาการจราจรแต่การให้บริการในลักษณะนี้ยังคงมีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเดินรถรับส่งจึงมีความจำเป็นในการจำลองสภาพการจำลองเพื่อศึกษาความคล่องตัวของกระแสจราจรและประเมินความคุ้มค่าในการให้บริการต่อไป

2. ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาสภาพการจราจรเมื่อนำรถรับส่งนักเรียนมาให้บริการในช่วงเวลาเร่งด่วนช่วงเช้าบนโครงข่ายจราจรบริเวณโดยรอบโรงเรียนรุ่งอรุณ แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร โดยโรงเรียนศึกษาดังกล่าว ผู้ปกครองโดยส่วนมากร้อยละ 90 มีพฤติกรรมขับรถยนต์มาส่งนักเรียนที่โรงเรียนด้วยตัวเอง

3. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดโดยจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังการนำรถรับส่งนักเรียนเข้ามาให้บริการในช่วงเวลาเร่งด่วนช่วงเช้า 7:00 - 8:30 น. บนเส้นทางโดยรอบบริเวณโรงเรียนศึกษา

4. วิธีการศึกษา

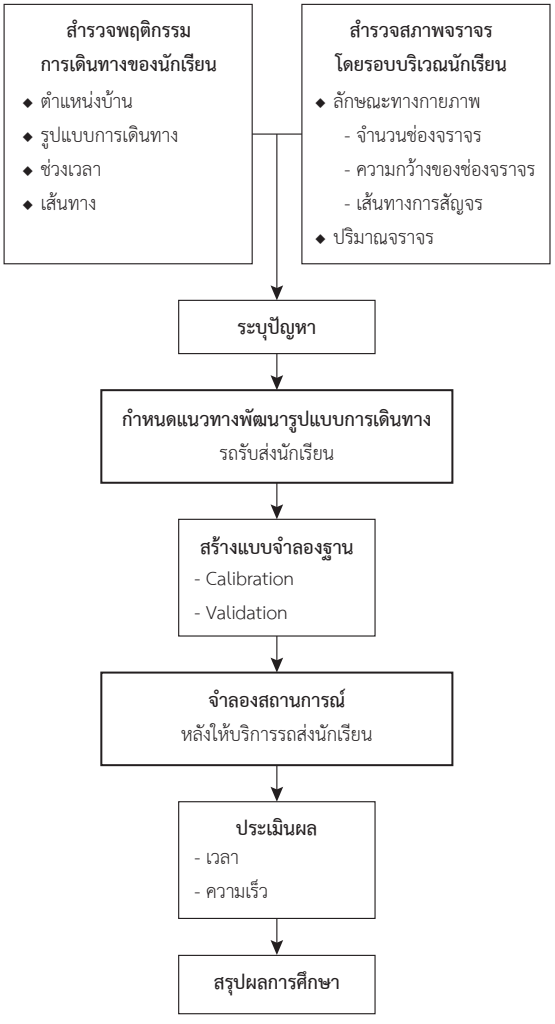
ผู้วิจัยทำการสำรวจที่ตั้งบ้าน รูปแบบการเดินทาง เส้นทาง และช่วงเวลาในการเดินทางเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเดินทางและระบุกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมในการเปลี่ยนมาใช้บริการรถรับส่งนักเรียน สำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพจราจรหลังปรับปรุงแนวทางการเดินทางของนักเรียนด้วยรถรับส่งนักเรียนนั้น ผู้วิจัยใช้แบบจำลองจราจรเป็นเครื่องมือในการประเมินประสิทธิภาพของแนวทางโดยตรวจสอบความล่าช้าและความเร็วในการเดินทาง ทำการสำรวจสภาพจราจรทั้งลักษณะทางกายภาพของโครงข่ายสัญจรและปริมาณการเดินทางในช่วงเวลาศึกษาเพื่อนำมาสร้างแบบจำลองฐาน มีขั้นตอนการศึกษาแสดงดังรูปที่ 1

4.1 กำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมเส้นทางการเดินทางมายังโรงเรียนศึกษา ประกอบด้วย 4 เส้นทาง คือ เส้นทางอนามัยงามเจริญ (ถนนท่าข้าม), เส้นทางวัดยายร่ม, เส้นทางถนนพระรามที่ 2 และเส้นทางถนนพุทธบูชา มีการเดินทางผ่านทางแยกที่ไม่มีสัญญาณจราจรทั้งหมด 3 ทางแยก ได้แก่ ทางแยกมะขามเฒ่า ทางแยกบ้านแขกและทางแยกด้านหน้าโรงเรียน แสดงดังรูปที่ 2 ถนนบริเวณโดยรอบโรงเรียนศึกษาเป็นถนนคอนกรีตที่มีลักษณะทางคดเคี้ยวและมีสะพานข้ามคลองขนาดเล็ก โดยเส้นทางท่าข้ามและเส้นทางวัดยายร่มมีความกว้างของช่องการจราจร 3.5 เมตร และมีช่องทางการจราจรเพียง 1 ช่องทางทั้งสองทิศทาง ส่วนเส้นทางถนนพระรามที่ 2 และเส้นทางถนนพุทธบูชามีช่องทางการจราจร 2 ช่องทางทั้งสองทิศทาง ไม่มีเกาะกลางถนน มีความกว้างของช่องการจราจร 3.2 เมตร

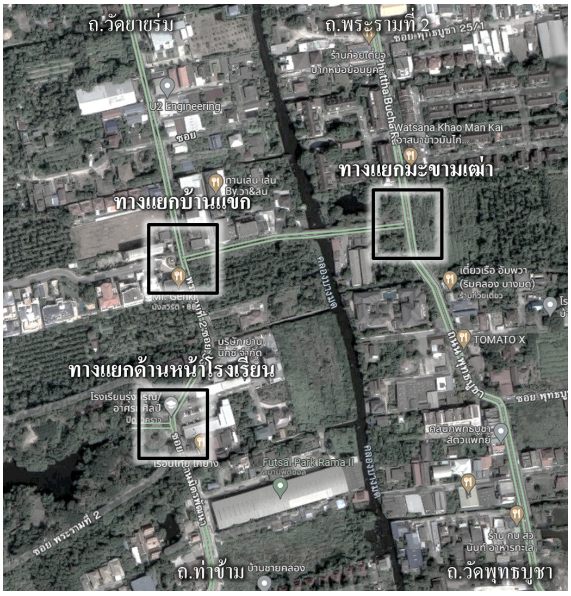
4.2 การสำรวจพฤติกรรมการเดินทางของนักเรียน

ผู้วิจัยสำรวจและรวบรวมข้อมูลการเดินทางของนักเรียนโรงเรียนศึกษาจากผู้ปกครองผ่านแบบสอบถามออนไลน์ที่สร้างขึ้นโดยซอฟต์แวร์ Google Forms ผู้วิจัยได้ทำการแจกลิงก์และ QR Code สำหรับเข้าถึงแบบสอบถามในวันประชุมผู้ปกครองของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 - 6 มีประเด็นสอบถามถึงข้อมูลในการเดินทางโดยทั่วไป



รูปที่ 1 ขั้นตอนการศึกษา

เช่น ผู้ดูแลการเดินทางมาโรงเรียนของนักเรียน รูปแบบการเดินทางมาโรงเรียน หากผู้ปกครองขับรถยนต์ส่วนบุคคลมาส่งนักเรียน ผู้วิจัยมีการสอบถามถึงเส้นทางในการเดินทางเข้าและออกจากโรงเรียน เวลาที่เดินทางออกจากบ้าน มาถึงโรงเรียน และออกจากโรงเรียน และพฤติกรรมการเดินทางออกจากโรงเรียนของผู้ปกครองว่าเดินทางออกจากโรงเรียนทันที หรือรออยู่ในโรงเรียนจนกระทั่งการจราจรติดขัดลดลงแล้วจึงเดินทางออกจากโรงเรียน ข้อมูลการเดินทางนี้จะถูกนำไปใช้สำหรับจัดระบบรถรับส่งนักเรียนในการให้บริการบน



รูปที่ 2 เส้นทางการเดินทางมายังโรงเรียนที่ศึกษา

แบบจำลองตามพฤติกรรมการเดินทางมาโรงเรียนในชั่วโมงเร่งด่วนช่วงเช้า

4.3 การสำรวจสภาพการจราจรภาคสนาม

ในการศึกษาได้ทำการสำรวจโครงข่ายจราจรบริเวณโดยรอบโรงเรียน ความกว้างและจำนวนช่องจราจร รวมทั้งปริมาณรถยนต์และความเร็วรถยนต์ที่สัญจรบนเส้นทางในช่วงเวลาเร่งด่วนช่วงเช้า 7:00 - 8:30 น. แบ่งตามประเภทของยานพาหนะและระยะเวลาในการเดินทางระหว่างระหว่างทางแยก

4.4 แบบจำลองสภาพการจราจรพื้นฐาน (Base Model)

ผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม VISSIM ในการจำลองการจราจรระดับจุลภาค (Micro Traffic Simulation) เพื่อศึกษาความเร็วและความล่าช้า (Delay) ในการเดินทางบนโครงข่ายภายนอกโรงเรียน โดยโปรแกรมดังกล่าวถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในการศึกษาแนวทางการจัดการจราจรเพื่อบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัด [12] และตรวจสอบความล่าช้าในการเดินทางหลังจากปรับปรุงการจัดการจราจรใหม่ [13] โปรแกรมที่นำมาใช้ในครั้งนี้มีความเหมาะสมกับการศึกษา เนื่องจากผู้ใช้โปรแกรมสามารถนำเข้าข้อมูลปริมาณจราจร

ตามทิศทางการเดินรถยนต์ตั้งแต่ต้นทางถึงปลายทาง และสามารถกำหนดความเร็วรถยนต์บนโครงข่ายให้สอดคล้องกับความเร็วที่สำรวจในภาคสนาม อีกทั้งสามารถปรับเปลี่ยนสิทธิในการใช้ทาง ณ ทางแยกให้มีความใกล้เคียงกับพฤติกรรมการขับขี่จริง

แบบจำลองจราจรมีความสำคัญในการจำลองสถานการณ์ที่พฤติกรรมการเดินทางของนักเรียนเปลี่ยนแปลงไป ผู้วิจัยสร้างแบบจำลองจราจรและศึกษาระยะเวลาในการเดินทางระหว่างตำแหน่งโดยทำการปรับเทียบ (Calibration) และตรวจสอบ (Validation) แบบจำลองให้มีสภาพใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากที่สุดเพื่อเป็นตัวแทนในการศึกษาสถานการณ์ในอนาคตต่อไป โดยทำการปรับเทียบและตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลองจราจรโดยการเปรียบเทียบกับปริมาณจราจรจากการสำรวจภาคสนามโดยใช้หลักการทดสอบทางสถิติ โดยปริมาณจราจรในแบบจำลองต้องมีค่าทางสถิติ GEH (Geoffrey E. Havers) น้อยกว่า 5 จึงจะถือว่าเป็นแบบจำลองที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดีตามหลักเกณฑ์ของ Department for Transport UK Highways Agency's Design Manual for Roads & Bridges (DMRB) ของประเทศอังกฤษ [6] ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการปรับเทียบแบบจำลองระดับจุลภาค

มีหลักการในการคำนวณดังแสดงในสมการที่ 1

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

เมื่อ M คือ ปริมาณการจราจรจากการประมาณการจากแบบจำลอง และ

C คือ ปริมาณการจราจรจากการสำรวจการจราจรภาคสนาม

4.5 กำหนดขอบเขตผู้รับบริการรถรับส่งนักเรียน

ผู้วิจัยจัดระบบการให้บริการรถรับส่งนักเรียนตามพฤติกรรมการเดินทางมาโรงเรียนของนักเรียนที่พบจากการสำรวจรูปแบบการเดินทาง ช่วงเวลา และเส้นทางการเดินทางควบคู่กับตำแหน่งบ้านของนักเรียน จะเห็นว่ามีนักเรียนที่ผู้ปกครองขับรถยนต์มาส่งเดินทางมาถึงโรงเรียนในช่วงเวลา 7:15 - 7:30 น. เป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดปัญหาสภาพการจราจรติดขัดตั้งแต่ช่วงเวลาดังกล่าวและส่งผลกระทบต่อช่วงเวลาถัดไป จึงตั้งสมมติฐานกลุ่มตัวอย่างที่มาใช้บริการรถรับส่งนักเรียนโดยกำหนดเงื่อนไขดังนี้

1) เป็นนักเรียนที่แต่เดิมผู้ปกครองขับรถยนต์มาส่งที่โรงเรียนในช่วงเวลา 7:15 - 7:30 น.
2) ไม่มีนักเรียนระดับชั้นอนุบาลเดินทางมาโรงเรียนร่วมกันบนรถยนต์
3) ผู้ปกครองไม่ได้ทำงานอยู่ในโรงเรียนหรือไม่ได้ขับรถยนต์มาส่งนักเรียนที่โรงเรียนเนื่องจากเป็นทางผ่านของที่ทำงานหรือการเดินทางไปทำกิจกรรมอื่น

กำหนดจุดจอดสำหรับรับส่งนักเรียนที่เหมาะสมครอบคลุมเส้นทางการเดินทางโดยรอบโรงเรียน พิจารณานำรถมินิบัสเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 20 ที่นั่ง มาให้บริการรับส่งนักเรียนสำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเล็งเห็นว่ารถประเภทดังกล่าวมีลักษณะที่เหมาะสมต่อการให้บริการ เนื่องจากเส้นทางถนนบนโครงข่ายโดยรอบโรงเรียนที่ศึกษาเป็นถนนซอยมีช่องจราจรแคบ อีกทั้งมีเส้นทางคดเคี้ยวและมีสะพานข้ามคลองขนาดเล็กจำนวนมากและมีความลาดชัน

ผู้วิจัยกำหนดระยะเวลารอในแถวคอยภายในโรงเรียนไว้ที่ 3 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ผู้ปกครองสามารถรออยู่ในแถวคอยได้โดยไม่รู้สึกนานจนเกินไปก่อนเดินทางออกสู่เส้นทางหลักภายนอกโรงเรียน และใช้อัตราที่รถยนต์สามารถออกจากโรงเรียนได้สูงสุด 7.73 คันต่อนาที ในช่วงเวลา 7:15 - 7:30 น. เพื่อนำมาวิเคราะห์หาจำนวนรถยนต์ที่เดินทางเข้าโรงเรียนที่ควรจะลดลงจากระบบเพื่อให้มีระยะเวลารอคอยภายในโรงเรียนลดลงตามข้อกำหนด จากการคำนวณด้วยทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory) แบบ M/M/1 [7] มีหลักการในการคำนวณระยะเวลาเฉลี่ยที่รถยนต์อยู่ในระบบแถวคอยโดยนับรวมเวลารอในแถวคอยและเวลารับบริการดังแสดงในสมการที่ 2

$$W = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} \qquad (2)$$

เมื่อ w คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ลูกค้ารอคอยเพื่อจะรับบริการ

λ คือ อัตราเฉลี่ยของการมาใช้บริการของลูกค้า

μ คือ อัตราเฉลี่ยของการให้บริการของลูกค้า

4.6 การประเมินสภาพจราจรหลังการให้บริการรถรับส่งนักเรียน

การศึกษาในครั้งนี้ทำการเปรียบเทียบสภาพการจราจรในส่วนของความล่าช้าและความเร็วที่รถยนต์สามารถเดินทางได้ในโครงข่ายบริเวณโรงเรียน ซึ่งได้จากผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองการจราจรทั้งก่อนและหลังการให้บริการรถรับส่งนักเรียน

ส่วนการเปรียบเทียบความความแตกต่างการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงระหว่างรถยนต์ของผู้ปกครองและการเดินรถรับส่งนักเรียนตามปริมาณรถยนต์และระยะทางในการเดินทางที่เปลี่ยนแปลงไป พิจารณาจากสัดส่วนของยานพาหนะบนท้องถนนตามประเภทเชื้อเพลิงที่บริโภคสำหรับรถยนต์ส่วนบุคคลตามข้อมูลสถิติจำนวนรถยนต์จำแนกตามชนิดเชื้อเพลิงจากกรมการขนส่งทางบก [8] รวมถึงอัตราการบริโภคเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภทได้แก่ เชื้อเพลิงเบนซิน ดีเซล LPG และ CNG สำหรับรถยนต์ส่วนบุคคลและเชื้อเพลิงดีเซลสำหรับรถมินิบัสที่นำมาให้บริการ [9] และคำนวณค่าเชื้อเพลิงตามราคาน้ำมันค้าปลีกในพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑลประจำเดือนมีนาคม 2563 [10, 11]

5. ผลการศึกษา

5.1 ผลการสร้างแบบจำลองพื้นฐาน (Base Model)

จากการสำรวจข้อมูลภาคสนามในช่วงเวลาเร่งด่วนช่วงเช้า 7:00 - 8:30 น. บนเส้นทางสัญจรบริเวณโดยรอบพื้นที่ศึกษา ทำการประมวลผลแบบจำลองสภาพจราจรในวินาทีที่ 900 - 5,400 โดยให้วินาทีที่ 0 - 900 หรือในช่วงเวลา 15 นาทีแรกตั้งแต่รถยนต์คันแรกวิ่งเข้าสู่ระบบถือเป็นช่วง Warm up Time ทำการประมวลผลทั้งหมด 20 ครั้งและบันทึกค่าเฉลี่ยของปริมาณการจราจรที่ได้จากการประมาณจากแบบจำลองช่วงเวลา 7:15 - 8:30 น. ได้ผลการวิเคราะห์สภาพจราจรแสดงดังตารางที่ 1

ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดความเร็วของรถยนต์ในแบบจำลองเพื่อให้สอดคล้องกับพฤติกรรมการขับขี่จริงตามการสำรวจด้วยการขับรถยนต์เข้าไปในกระแสจราจร (Car Fol-

ตารางที่ 1 ปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองและจากการสำรวจ

ทางแยก	ต้นทาง	ปริมาณรถยนต์ (คัน)		GEH
		สำรวจ	จำลอง	
หน้าโรงเรียน	ถ.ท่าข้าม	517	542	1.0864
	แยกบ้านแขก	635	631	0.1590
	ทางออกโรงเรียน	384	387	0.1528
บ้านแขก	โรงเรียน	758	787	1.0434
	วัดยายร่ม	707	715	0.3000
	แยกมะขามเฒ่า	492	475	0.7731
มะขามเฒ่า	แยกบ้านแขก	678	660	0.6959
	วัดพุทธบูชา	984	982	0.0638
	ถ.พระรามที่ 2	466	471	0.2310

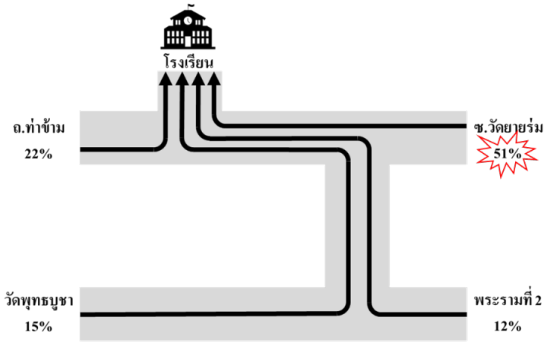
lowing) โดยความเร็วรถยนต์สูงสุดอยู่ในช่วง 20-35 กิโลเมตร/ชั่วโมง และมีการลดความเร็วในขณะเข้าโค้งก่อนถึงทางแยกเหลือเพียง 5-10 กิโลเมตร/ชั่วโมง นอกจากนี้แล้ว ผู้วิจัยยังได้จัดลำดับสิทธิในการใช้ทาง ณ ทางแยกที่ไม่มีสัญญาณจราจร ตามพฤติกรรมของผู้ขับขี่ไว้ในแบบจำลองอีกด้วย

จากการเปรียบเทียบปริมาณการจราจรระหว่างแบบจำลองและสภาพจราจรจากการสำรวจภาคสนามในแต่ละทิศทาง พบว่า ปริมาณจราจรทั้ง 2 ชุดมีค่าใกล้เคียงกัน มีค่า GEH สูงสุดเท่ากับ 1.09 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ (GEH ≤ 5) ค่าสถิติที่ได้จากการคำนวณ GEH เป็นไปตามเกณฑ์การชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง จึงสรุปได้ว่าแบบจำลองนี้มีความเหมาะสมในการใช้เป็นแบบจำลองฐานสามารถนำไปใช้เป็นตัวแทนในการจำลองสภาพการจราจรในสถานการณ์เมื่อมีการให้บริการรถรับส่งนักเรียนในพื้นที่ศึกษาได้

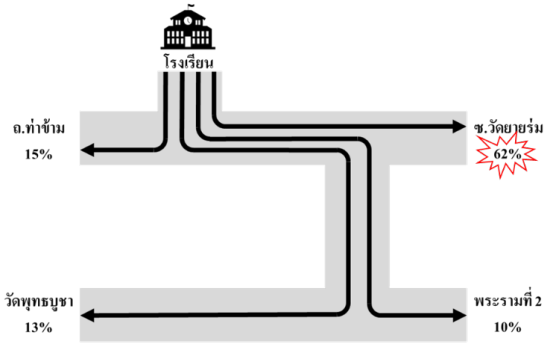
5.2 ผลจากการให้บริการรถรับส่งนักเรียน

จากการสำรวจพฤติกรรมการเดินทางมีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวนทั้งหมด 223 ตัวอย่าง พบว่า ผู้ปกครองร้อยละ 90 ขับรถยนต์ส่วนบุคคลมาส่งนักเรียนที่โรงเรียนในชั่วโมงเร่งด่วนช่วงเช้า เดินทางมาถึงโรงเรียนในช่วงเวลา 7:15 - 7:30 น. เป็นส่วนใหญ่ จากผู้ปกครองที่ขับรถยนต์ส่วนบุคคลมาส่งนักเรียน ส่วนใหญ่ใช้เส้นทางซอยวัดยายร่มเป็นเส้นทางหลักในการเดินทางเข้าและออกจากโรงเรียน โดยคิดเป็นร้อยละ 51 และร้อยละ 62 ของการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลของนักเรียน แสดงดังรูปที่ 3

จากสภาพการจราจรด้านในโรงเรียนในก่อนให้บริการรถรับส่ง ผู้ปกครองที่ขับรถยนต์มาส่งนักเรียนต้องใช้เวลารอคอยบนเส้นทางภายในโรงเรียนอย่างน้อย 15 นาที ก่อนที่จะสามารถเดินทางออกสู่เส้นทางหลักภายนอกโรงเรียนได้ ซึ่งผลจากทฤษฎีแถวคอยพบว่า หากลดปริมาณรถยนต์เข้าโรงเรียนลง 68 คันในช่วงเวลา 7:15 - 7:30 น. หรือคิดเป็นประมาณร้อยละ 10 ของปริมาณรถยนต์ทั้งหมด 656 คัน ที่เดินทางเข้าโรงเรียน ระยะเวลารอคอยในเส้นทางภายในโรงเรียนของผู้ปกครองที่ยังคงขับรถยนต์มาส่งนักเรียนที่โรงเรียนเหลือเพียง 3 นาที แสดงผลการคำนวณในตาราง



เดินทางเข้าโรงเรียน



เดินทางออกจากโรงเรียน

รูปที่ 3 เส้นทางการเดินทางของนักเรียนโรงเรียนรุ่งอรุณในช่วงเวลาช่วงเช้า

ที่ 2 และนำรถมินิบัสขนาด 20 ที่นั่ง จำนวน 8 คัน มาให้บริการเพื่อใช้รับส่งนักเรียนจำนวน 121 คน (นักเรียนที่นั่งรถยนต์มาพร้อมกับผู้ปกครองเฉลี่ยคันละ 1.76 คน) แทนการให้ผู้ปกครองขับรถยนต์เข้าไปส่งที่โรงเรียนเอง รถยนต์จำนวน 68 คันที่ลดลงจากระบบนี้เป็นรถยนต์ของผู้ปกครองที่เดินทางเข้าโรงเรียนด้วยเส้นทางถนนพระรามที่ 2 วัดพุทธบูชา ถนนท่าข้าม และวัดยายร่ม จำนวน 13 คัน 10 คัน 13 คัน และ 32 คัน ตามลำดับ ในส่วนของการเดินทางออกจากโรงเรียนมีการกระจายของปริมาณรถยนต์ที่หายไปจากระบบทั้งหมด 67 คัน โดยทยอยออกจากโรงเรียนในระหว่างช่วงเวลา 7:15 - 8:30 น. เนื่องจากผู้ปกครองบางส่วนเดินทางออกจากโรงเรียนหลัง 8:30 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลานอกเหนือการพิจารณา จึงทำให้ปริมาณรถยนต์ที่ลดลงจากระบบในการเดินทางเข้าและออกจากโรงเรียนในช่วงเวลาดังกล่าวไม่เท่ากัน

ตารางที่ 2 ลักษณะแถวคอยเมื่อปริมาณรถยนต์เดินทางเข้าโรงเรียนลดลง

ปริมาณรถยนต์เข้าโรงเรียนลดลง (คัน)	ปริมาณรถยนต์ (คัน)		อัตราเข้า-ออก (คัน/นาที)		ρ	L (คัน)	L_q (คัน)	W (นาที)	W_q (นาที)
	เข้าโรงเรียน	ออกจากโรงเรียน	λ	μ					
ก่อน*	179	116	11.93	7.73	1.5431	$\lambda > \mu$			
63	116	116	7.73	7.73	1.0000	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
64	115	116	7.67	7.73	0.9914	115.0	114.0	15.00	14.87
65	114	116	7.60	7.73	0.9828	57.0	56.0	7.50	7.37
66	113	116	7.53	7.73	0.9741	37.7	36.7	5.00	4.87
67	112	116	7.47	7.73	0.9655	28.0	27.0	3.75	3.62
68	**111**	**116**	**7.40**	**7.73**	**0.9569**	**22.2**	**21.2**	**3.00**	**2.87**

หมายเหตุ : ก่อน* แทนสถานการณ์การเดินทางเข้าและออกจากโรงเรียน ณ ทางแยกด้านหน้าโรงเรียนก่อนการลดปริมาณรถยนต์ส่วนบุคคลที่เข้าโรงเรียนในปัจจุบัน

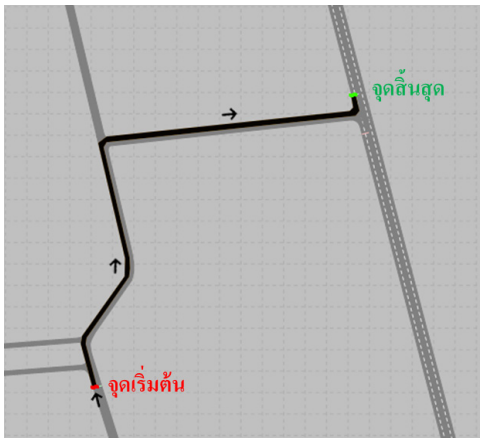
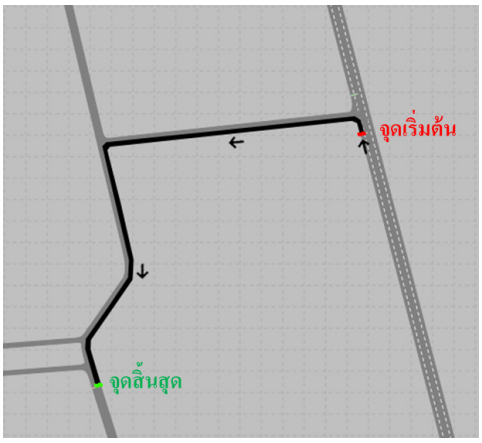
โดยทั้งหมด 4 เส้นทาง มีปริมาณรถยนต์ของผู้ปกครองลดลง 5 คัน 10 คัน 13 คัน และ 39 คัน แสดงดังตารางที่ 3

จากการจำลองสภาพการจราจรตามสมมติฐานนี้ พบว่า การเดินทางระหว่างทางแยกที่พิจารณามีความล่าช้าเฉลี่ยลดลงจาก 2.87 นาที เป็น 2.24 นาที หรือคิดเป็นร้อยละ 22 บนเส้นทางที่ 1 และลดลงจาก 2.67 นาที เป็น 1.94 นาที หรือคิดเป็นร้อยละ 27 บนเส้นทางที่ 2 และสามารถใช้ความเร็วเฉลี่ยเพิ่มขึ้น โดยความเร็วเพิ่มขึ้นเป็น 14.0 กิโลเมตร/ชั่วโมง และ 15.5 กิโลเมตร/ชั่วโมง จากเดิมที่สามารถใช้ความเร็วได้เพียง 10.7 กิโลเมตร/ชั่วโมง และ 11.4 กิโลเมตร/ชั่วโมง หรือคิดเป็นความเร็วที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 30 และ ร้อยละ 38 บนเส้นทางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ แสดงผล

ตารางที่ 3 ปริมาณรถยนต์ของผู้ปกครองที่ลดลงจากระบบเมื่อนักเรียนหันไปใช้บริการรถรับส่งนักเรียน

เส้นทางที่	ชื่อเส้นทาง	เดินทางเข้าโรงเรียน		เดินทางออกจากโรงเรียน	
		ปริมาณรถยนต์ (คัน)	ร้อยละ	ปริมาณรถยนต์ (คัน)	ร้อยละ
1	ถนนพระรามที่ 2	13	19	5	7
2	วัดพุทธบูชา	10	15	10	15
3	ถนนท่าข้าม	13	19	13	19
4	วัดยายร่ม	32	47	39	58
ทั้งหมด		**68**	**100**	**67**	**100**

ตารางที่ 4 ความล่าช้าในการเดินทางระหว่างทางแยกเมื่อมีการให้บริการรถรับส่งนักเรียน

ทิศทาง	 (1) ถนนท่าข้าม - ถนนพระรามที่ 2				 (2) วัดพุทธบูชา - ถนนท่าข้าม			
เวลา	ความล่าช้า (นาที)		ความแตกต่าง		ความล่าช้า (นาที)		ความแตกต่าง	
	ก่อน	หลัง	(นาที)	ร้อยละ	ก่อน	หลัง	(นาที)	ร้อยละ
7:15-7:30 น.	3.58	2.94	0.64	18	2.99	2.35	0.64	21
7:30-7:45 น.	3.34	2.66	0.68	20	3.09	2.10	0.99	32
7:45-8:00 น.	2.83	2.22	0.61	22	2.67	1.90	0.77	29
8:00-8:15 น.	2.42	1.76	0.66	27	2.73	1.86	0.87	32
8:15-8:30 น.	2.18	1.64	0.54	25	1.88	1.50	0.38	20
ค่าเฉลี่ย	**2.87**	**2.24**	**0.63**	**22**	**2.67**	**1.94**	**0.73**	**27**

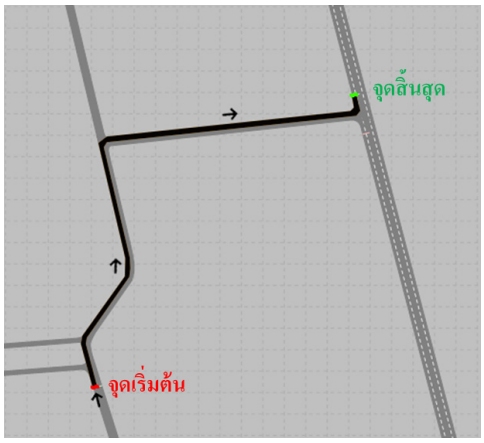
การจำลองสภาพการจราจรเมื่อนำรถรับส่งนักเรียนมาให้บริการดังตารางที่ 4 และตารางที่ 5

การลดจำนวนรถยนต์ที่เดินทางเข้าโรงเรียนลงจากระบบนอกจากช่วยให้การจราจรคล่องตัวขึ้นแล้วยังส่งผลดีในแง่การประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงอีกด้วย แต่เดิมผู้ปกครองที่ขับรถยนต์มาส่งนักเรียนที่โรงเรียนทั้ง 68 คันนี้มีการเดินทางในระยะทางรวม 1,165.47 คัน-กิโลเมตร สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงไปทั้งหมด 104.78 ลิตร หรือคิดเป็นเงิน 1,950 บาท แต่หากผู้ปกครองส่งนักเรียน ณ จุดรับส่งที่กำหนดไว้และให้นักเรียนเดินทางต่อไปยังโรงเรียนด้วยรถรับส่งจะช่วยย่นระยะทางในการเดินทางลงถึง 929.59 คัน-กิโลเมตร มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเหลือเพียง 21.21 ลิตร หรือกล่าวได้ว่าผู้ปกครองมีค่าเชื้อเพลิงที่ยังคงต้องจ่าย 395 บาท ในส่วนของรถรับส่งนักเรียน 8 คันที่นำมาให้บริการจะมีการเดินทางในระยะทางรวม 163.28 คัน-กิโลเมตร บริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งหมด 40.53 ลิตร คิดเป็นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 843 บาท ดังแสดงในตารางที่ 6 และ 7

6. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาสภาพการจราจรบนโครงข่ายครอบคลุมเส้นทางบริเวณโดยรอบโรงเรียน โดยใช้แบบจำลองสภาพการจราจร ระดับจุลภาคด้วยโปรแกรม VISSIM พบว่า แบบจำลองพื้นฐาน (Base Model) ที่นำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์สภาพการจราจรเมื่อพฤติกรรมการเดินทางของนักเรียนเปลี่ยนแปลงไปนั้นมีความเหมาะสม สามารถใช้จำลองสภาพการจราจรหลังเปิดให้มีการบริการรถรับส่ง

ตารางที่ 5 ความเร็วในการเดินทางระหว่างทางแยกเมื่อมีการให้บริการรถรับส่งนักเรียน

ทิศทาง	 (1) ถนนท่าข้าม - ถนนพระรามที่ 2				(2) วัดพุทธบูชา - ถนนท่าข้าม			
เวลา	**ความเร็ว (กม./ชม.)**		**ความแตกต่าง**		**ความเร็ว (กม./ชม.)**		**ความแตกต่าง**	
	ก่อน	**หลัง**	**(กม./ชม.)**	**ร้อยละ**	**ก่อน**	**หลัง**	**(กม./ชม.)**	**ร้อยละ**
7:15-7:30 น.	8.3	10.2	1.9	23	9.9	12.6	2.7	27
7:30-7:45 น.	8.9	11.2	2.3	26	9.5	14.1	4.6	48
7:45-8:00 น.	10.5	13.5	3.0	29	11.0	15.5	4.5	41
8:00-8:15 น.	12.3	17.0	4.7	38	10.8	15.9	5.1	47
8:15-8:30 น.	13.7	18.2	4.5	33	15.6	19.6	4.0	26
ค่าเฉลี่ย	**10.7**	**14.0**	**3.3**	**30**	**11.4**	**15.5**	**4.2**	**38**

ตารางที่ 6 ความเปลี่ยนแปลงของการเดินทางมาโรงเรียนด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลหลังมีการให้บริการรถรับส่งนักเรียน

เส้นทาง	**ปริมาณรถยนต์ (คัน)**	**ระยะทางเฉลี่ยขาไป-ขากลับ (กิโลเมตร)**			**ระยะทางลดลง (คัน-กิโลเมตร)**	**การบริโภคเชื้อเพลิง (ลิตร)**		**ค่าเชื้อเพลิง (บาท)**	
		ก่อน	**หลัง**	**ความแตกต่าง**		**ก่อน**	**หลัง**	**ก่อน**	**หลัง**
ถนนพระรามที่ 2	13	7.138	1.578	5.560	72.280	8.34	1.84	155	34
วัดพุทธบูชา	10	7.867	0.086	7.781	77.810	7.07	0.08	132	2
ถนนท่าข้าม	8	30.040	20.940	9.100	72.800	21.61	15.06	402	280
วัดยายร่ม	37	20.370	1.270	19.100	706.700	67.76	4.22	1261	79
ทั้งหมด	68	65.415	23.874	41.541	929.590	104.78	21.21	1950	395

ตารางที่ 7 การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงตามปริมาณรถยนต์และระยะทางในการเดินรถรับส่งนักเรียน

เส้นทาง	ปริมาณรถยนต์ (คัน)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ระยะทาง (คัน-กิโลเมตร)	การบริโภคเชื้อเพลิง (ลิตร)	ค่าเชื้อเพลิง (บาท)
ถนนพระรามที่ 2	2	14.160	28.32	9.31	194
วัดพุทธบูชา	1	9.260	9.26	3.04	63
ถนนท่าข้าม	1	21.460	21.46	7.06	147
วัดยายร่ม	4	26.060	104.24	21.12	439
ทั้งหมด	8	70.94	163.28	40.53	843

นักเรียนได้ เมื่อนำรถรับส่งนักเรียนจำนวน 8 คัน มาให้บริการรับส่งนักเรียนจำนวน 121 คน ในช่วงเวลาเร่งด่วนช่วงเช้า 7:15 - 7:30 น. สามารถลดจำนวนรถยนต์ของผู้ปกครองที่เดินทางมาส่งนักเรียนที่โรงเรียนลงได้ 68 คัน หรือคิดเป็นร้อยละ 10 ของรถยนต์ส่วนบุคคลที่เดินทางเข้าโรงเรียนในช่วงเวลาเร่งด่วน ผลจากการจำลองสถานการณ์ พบว่าการเดินทางบนโครงข่ายบริเวณโรงเรียนที่ศึกษามีความล่าช้าลดลงและสามารถใช้ความเร็วได้สูงขึ้นทั้งเส้นทางขาเข้าและเส้นทางขาออกจากโรงเรียน อีกทั้งการส่งนักเรียน ณ จุดรับส่งยังช่วยย่นระยะทางในการเดินทางของผู้ปกครองส่งผลให้การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงสุทธิ 712 บาท

7. ข้อเสนอแนะ

การใช้รถรับส่งนักเรียนแทนการขับรถยนต์มาส่งบุตรหลานที่โรงเรียนก่อให้เกิดประโยชน์ด้านเวลาและค่าใช้จ่ายต่อผู้ใช้รถยนต์ 3 ฝ่าย ได้แก่ 1) ประโยชน์โดยตรงต่อผู้ปกครองที่ให้บุตรหลานขึ้นรถรับส่ง นอกจากผู้ปกครองสามารถประหยัดเวลาในการขับรถยนต์มาส่งที่โรงเรียนเองแล้ว ยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการขับรถยนต์มาส่งที่โรงเรียนอีกด้วย 2) ประโยชน์ที่เกิดขึ้นต่อผู้ปกครองที่ยังคงขับรถยนต์มาส่งบุตรหลานที่โรงเรียน คือจะช่วยลดความล่าช้าในการรอคอยในแถวคอยขณะที่ขับรถยนต์ออกจากโรงเรียน เพราะรถยนต์ที่เข้ามาในโรงเรียนมีจำนวนลดลง และ 3) ประชาชนที่ขับรถยนต์บริเวณรอบ ๆ โรงเรียนก็ได้ประโยชน์เพราะมีรถยนต์ในกระแสจราจรลดลง ช่วยลดความล่าช้าในการเดินทางลงได้

ผู้ปกครองที่ให้บุตรหลานใช้รถรับส่งนักเรียนจำนวน 68 คัน สามารถย่นระยะทางในการเดินทางได้ 929.59 คัน-กิโลเมตร (จากตารางที่ 6) คิดเป็นเฉลี่ยคันละ 13.67 กิโลเมตร หากใช้ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง [17] คิดเป็นเวลาที่ประหยัดได้เฉลี่ยคันละ 32.81 นาที หากคิดเทียบเวลาที่ประหยัดได้ตามมูลค่าเวลานาทีละ 2 บาท ซึ่งเป็นอัตราเดียวกับที่รถแท็กซี่ใช้คิดค่าโดยสารในกรณีที่รถยนต์เคลื่อนตัวช้า ผู้ปกครองสามารถประหยัดเวลาได้ 65.62 บาท และหากคิดค่าเชื้อเพลิงและค่าสึกหรอของรถยนต์ 5 บาทต่อกิโลเมตร [14, 15] จะประหยัดค่าเชื้อเพลิงได้ 68.35 บาท รวมเวลาและค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้เฉลี่ยคันละ 133.97 บาท หรือคิดเป็นมูลค่ารวม 133.97 × 68 = 9,110 บาท (ประโยชน์ส่วนที่ 1)

ส่วนผู้ปกครองที่ยังคงขับรถยนต์มาส่งบุตรหลานที่โรงเรียนในช่วงเวลา 7:15-7:30 น. เดิมมีจำนวน 179 คัน ใช้เวลาในการรอคอยเฉลี่ยในแถวคอยขณะขับรถยนต์ออกจากโรงเรียนไม่น้อยกว่า 15 นาที (จากตารางที่ 2) หลังจากผู้ปกครองจำนวน 68 คน ให้บุตรหลานเปลี่ยนไปใช้รถรับส่งนักเรียน มีผลให้ระยะเวลารอคอยเฉลี่ยในแถวคอยลดลงเหลือ 3 นาที หากคิดเทียบเวลาที่ประหยัดได้ตามมูลค่าเวลานาทีละ 2 บาท เวลาที่ประหยัดได้คิดเป็นไม่น้อยกว่า (179 × 15 × 2) - (111 × 3 × 2) = 4,704 บาท (ประโยชน์ส่วนที่ 2)

นอกจากนี้แล้ว ประชาชนที่ขับรถยนต์บริเวณรอบ ๆ โรงเรียน ในช่วงเวลา 7:15 - 8:30 น. มีทั้งสิ้น 1,889 คัน จากแบบจำลองการจราจรพบว่าเมื่อผู้ปกครองจำนวน 68 คนให้บุตรหลานเปลี่ยนไปใช้รถรับส่งนักเรียนแล้ว มีผลทำให้

ความล่าช้าในการเดินทางลดลงเฉลี่ย 0.68 นาที (จากตารางที่ 4) หากคิดเทียบเวลาที่ประหยัดได้ตามมูลค่าเวลานาทีละ 2 บาท เวลาที่ประหยัดได้คิดเป็น 1,889 × 0.68 × 2 = 2,569 บาท (ประโยชน์ส่วนที่ 3) รวมประโยชน์ส่วนที่ 1 กับส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 (9,110 + 4,704 + 2,569) เท่ากับ 16,383 บาท

ค่าใช้จ่ายในการจัดหารถรับส่งมาให้บริการปัจจุบันมีต้นทุนประมาณคันละ 2,000 บาทต่อวัน จากการศึกษานี้จะใช้รถรับส่งนักเรียน จำนวน 8 คัน ดังนั้นจะมีค่าใช้จ่ายรวมวันละ 16,000 บาท โดยปรกติแล้วผู้ได้ประโยชน์จะยินดีที่จะจ่าย (Willingness to pay) เมื่อผู้จ่ายเงินได้รับผลประโยชน์มากกว่าเงินที่จะจ่าย หากทางโรงเรียนเก็บค่าโดยสารรถรับส่งนักเรียนจากผู้ปกครองเพื่อมาใช้จ่ายในการให้บริการรับส่งนักเรียนเฉพาะในช่วงเช้าจะเป็นไปได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากมีต้นทุนในการจัดหารถรับส่งมาให้บริการยังสูงกว่าประโยชน์ส่วนที่ 1 มาก อย่างไรก็ดี ทางโรงเรียนควรพิจารณาจัดเก็บค่าธรรมเนียมจากผู้ปกครองที่ยังคงขับรถยนต์มาส่งบุตรหลานที่โรงเรียนด้วย เพราะผู้ปกครองกลุ่มนี้ก็ได้รับผลประโยชน์ส่วนที่ 2 ด้วยเช่นกัน ส่วนผลประโยชน์ส่วนที่ 3 เป็นผลประโยชน์ภายนอกโรงเรียน ทางโรงเรียนอาจพิจารณาใช้เป็นเหตุผลเพื่อของบอุดหนุนจากภาครัฐได้

อย่างไรก็ดี ความเป็นไปได้ของการจัดรถรับส่งนักเรียนนั้นขึ้นกับการบริหารจัดการต้นทุนของรถรับส่งที่จัดหามา หากใช้รถรับส่งเพื่อรับส่งนักเรียนเฉพาะในช่วงเช้าก่อนเข้าเรียนก็จะไม่คุ้มทุน แต่หากทางโรงเรียนสามารถแชร์รถรับส่งเพื่อไปใช้ประโยชน์สำหรับกิจกรรมอื่นด้วย เช่น รับส่งบุคลากรของหน่วยงานอื่นในละแวกใกล้เคียง รับส่งผู้สูงอายุในชุมชนใกล้เคียงไปสถานพยาบาล ซึ่งมีการใช้รถรับส่งในช่วงหลังเวลา 8:00 น. ไปแล้ว หรือทางโรงเรียนอาจพิจารณาจัดบริการรับส่งนักเรียนหลังเลิกเรียนเพิ่มด้วย ก็จะทำให้เกิดการแชร์ต้นทุนรถรับส่งที่เช่ามาให้ถูกลงได้

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากได้รับการอนุเคราะห์เงินทุนการศึกษาจากภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สำหรับการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาตามแผนกลยุทธ์เพื่อการพัฒนาด้านบัณฑิตศึกษาและงานวิจัย ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

9. เอกสารอ้างอิง

1. Srisurapanon, V., Thongthip, P., Supakamolsenee, W., Junrallanaprida, P. And Plyasisarakul, N., 2014, "Ways to Reduce Traffic Congestion around School," *Proceedings of 8th SEATUC Symposium*, Johor Bahru, Malaysia, pp. 41-44.

2. Zhang, R., Yao, E. And Liu, Z., 2017, "School Travel Mode Choice in Beijing, China," *Journal of Transport Geography*, 62, pp. 98-110.

3. Deka, D., 2013, "An Explanation of the Relationship between Adults' Work Trip Mode and Children's School Trip Mode through the Heckman Approach," *Journal of Transport Geography*, 31, pp. 54-63.

4. Lu, M., Sun, C. And Zheng, S., 2017, "Congestion and Pollution Consequences of Driving-to-school Trips: A Case Study in Beijing," *Transportation Research Part D*, 50, pp. 280-291.

5. Bull, A., 2003, Traffic Congestion: The Problem and How to Deal with It, CEPAL, Santiago, Chile.

6. Design Manual for Roads and Bridges (DMRB), 1996, Design Manual for Roads and Bridges : Volume 12 Traffic Appraisal of Roads Schemes Schemes Section 2 [Online], Available: https://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/. [30 April 2021]

7. Vanichvetin C., 1989, "M/M/1 Queueing System in Traffic Engineering", *Civil Engineering and Construction Journal K.U.*, 2 (2). (In Thai)

8. Statistics Planning Division, Department of Land Transport, Number of Registered (cumulative) Vehicles [Online], Available: https://web.dlt.go.th/statistics/. (In Thai) [1 November 2021]

9. European Environment Agency, 2019, EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019.

10. PTT Oil and Retail Business Public Company Limited, Oil price in Bangkok and Vicinities, 2020 [Online], Available: https://www.pttor.com/oilprice-capital.aspx. (In Thai) [25 March 2020]

11. Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy, Thailand, LPG Price [Online], Available: http://www.eppo.go.th/epposite/index.php/th/. (In Thai) [13 May 2020]

12. Yaibok, C., 2014, Improving Traffic Flow at Four Intersections on Karnjanavanich Road in Hat Yai, Master of Civil Engineering Thesis, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University. (In Thai)

13. Wichiensin, M., Kanjanavaikoon, K. and Sangkhawut, K., 2017, "Traffic Congestion Alleviation for Ratchaprasong Road Closure," *KMUTT Research and Development Journal*, 40 (2), pp. 315-331. (In Thai)

14. ISSEY MIYAKE INC., MDs' MONEY | Did you know? The average cost of driving per kilometer [Online], Available: https://www.mendetails.com/money/ค่าใช้จ่าย-ขับรถ-drive-cost-nov19/. (In Thai) [17 April 2022]

15. Rujikiatkumjorn, W. and Wangjiranirun, W., 2013, "The Study of Energy Cost and Commuting Expenditure in Different Transportation Modes: Case Study on Saphan Mai – Silom Route," *Journal of Energy Research Institute*, 10 (1), pp. 1-17. (In Thai)

16. PTV AG, 2017, PTV VISSIM 9 User Manual, Karlsruhe, Germany.

17. Daily News, Discouragingly, Road Speed Statistic in Bangkok Reveal the Speed Limits are 15 Kilometers per Hour [Online], Available: https://d.dailynews.co.th/bangkok/684105/?fbclid=IwAR3ZKy045RJvsnlVtpvEeU8DmrGiAzkCELpHPrwasidi5iPo0t-lttDeUys. (In Thai) [5 May 2022]