การเปลี่ยนแปลงความจุของทางแยก กรณีมีการใช้ยานยนต์ไร้คนขับ

Changing of Intersection Capacity in Case of Using Autonomous Vehicles

พุทธชาติ อ้อยคำ[1] วชิรวิทย์ สวัสดีนฤนาท[2] รัทการ หะยีสมาแอ[3] และ วศิน เกียรติโกมล[4,*]

[1,2,3,4] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร

**Corresponding author; E-mail address: vasin.kia@kmutt.ac.th*

บทคัดย่อ

ยานยนต์ไร้คนขับเป็นนวัตกรรมใหม่ที่จะก้าวเข้ามามีบทบาทอย่างมากในประเทศไทย การศึกษาความจุทางแยกที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากเป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความสามารถของโครงสร้างพื้นฐานทางถนนในการรองรับการใช้งานยานยนต์ไร้คนขับ คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจราจรบริเวณทางแยกนาหลวง ในเขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร และสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคด้วยโปรแกรม PTV Vissim เพื่อหาค่าความจุทางแยกในสถานการณ์ปกติและสถานการณ์ที่มีการใช้ยานยนต์ไร้คนขับในสัดส่วนร้อยละ 5 20 60 และ 100 ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล จากนั้นนำค่าความจุทางแยกในแต่ละสถานการณ์ไปหาค่าปรับแก้ความจุ ผลการวิจัยพบว่า ความจุของทางแยกจะแปรผันตรงกับสัดส่วนของยานยนต์ไร้คนขับ และค่าปรับแก้ความจุของทางแยกมีค่ามากกว่า 1 ทุกสถานการณ์ที่มีการใช้งานยานยนต์ไร้คนขับ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของยานยนต์ไร้คนขับเพิ่มขึ้น ค่าปรับแก้ความจุของทางแยกนาหลวงจะเพิ่มถึง 1.219 หรือมีค่าความจุเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 21.9 ของความจุเดิมเมื่อมีการใช้ยานยนต์ไร้คนขับแทนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลทั้งหมด

คำสำคัญ: ความจุทางแยก, ค่าปรับแก้ความจุ, แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค, โปรแกรม PTV Vissim

Abstract

Autonomous vehicles are a new innovation that will have a significant impact in Thailand. It is important to study a change to infrastructure capacity to facilitate the use of autonomous vehicles. To better understand this behavior, the researchers choose Na Luang intersection in Thung Khru, Bangkok to demonstrate impacts of autonomous on the intersection capacity through microsimulation models using PTV Vissim. A penetration rate of autonomous vehicles used in the study includes 5, 20, 60, and 100% of total passenger vehicles. Then, the intersection capacity for each scenario is used to find a capacity adjustment factor. The results show that the intersection capacity is directly related to the proportion of autonomous vehicles. The capacity adjustment factor is greater than 1 for all scenarios where autonomous vehicles are used to substitute all passenger vehicles, and there is an increasing trend when the proportion of autonomous vehicles increases. The capacity adjustment factor (CAF) for Na Luang intersection would reach 1.219 (a capacity increase by 21.9%) when all passenger vehicles are substituted with autonomous vehicles.

Keywords: Capacity Adjustment Factor, Intersection Capacity, Microsimulation Model, PTV Vissim Program

1. บทนำ

ยานยนต์ไร้คนขับ (Autonomous Vehicles) เป็นรูปแบบยานพาหนะที่สามารถขับเคลื่อนด้วยตัวเองโดยไม่ต้องอาศัยคนควบคุม ทำให้การเดินทางมีความสะดวกสบายและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น ยานยนต์ไร้คนขับสามารถช่วยลดอุบัติเหตุบนท้องถนน และเป็นตัวเลือกในการเดินทางสำหรับคนที่มีอุปสรรคในการขับรถโดยเฉพาะผู้สูงอายุ และอีกแง่มุมหนึ่งจะเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนานวัตกรรมด้านจราจรและความปลอดภัยของระบบการจัดการจราจร อย่างไรก็ตาม การใช้งานยานยนต์ไร้คนขับจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อประสิทธิภาพของโครงสร้างพื้นฐานด้านถนน ความจุของทางแยก (Intersection Capacity) เป็นตัวแปรที่มีความสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านจราจรและวางแผนด้านการขนส่ง ผลการศึกษาจากงานวิจัยในต่างประเทศระบุตรงกันว่าการเข้ามาของยานยนต์ไร้คนขับในระบบการจราจรส่งผลให้ค่าความจุของถนนเพิ่มขึ้นจากสถานการณ์ปกติ สำหรับในประเทศไทย ปัจจุบันมีการใช้งานยานพาหนะหลากหลายประเภทบนท้องถนน การใช้ยานยนต์ไร้คนขับร่วมกับยานพาหนะเหล่านี้จะส่งผลให้ความจุของทางแยกเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจึงควรมีการพิจารณาค่าปรับแก้ความจุ (Capacity Adjustment Factor, CAF) ของทางแยกที่สอดคล้องกับสภาพการจราจรของประเทศไทย

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาความจุของทางแยก (Intersection Capacity) และค่าปรับแก้ความจุ (Capacity Adjustment Factor, CAF) ของทางแยกในสถานการณ์ปกติและสถานการณ์ที่มีการใช้ยานยนต์ไร้คนขับ

บนพื้นฐานของสภาพการจราจรของประเทศไทย ซึ่งเป็นการเตรียมพร้อมในด้านองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับสภาพการจราจรและตัวแปรที่เกี่ยวข้องที่จะเปลี่ยนแปลงไปตามการใช้งานของยานยนต์ไร้คนขับ

2. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของยานยนต์ไร้คนขับ

ยานยนต์ไร้คนขับเป็นยานยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยระบบแม่เหล็กและเทคโนโลยีการส่งสัญญาณ เป็นแนวทางเพื่อให้สามารถขับได้ด้วยตัวเอง มีการปรับปรุงให้สามารถรับข้อมูลจากแหล่งเซนเซอร์ทางกายภาพต่าง ๆ ไลดาร์ (LIDAR) เรดาร์ (Radar) กล้อง และอัลตราโซนิก เซนเซอร์เหล่านี้สามารถสนับสนุนและแทนที่มนุษย์ในแง่ของการขับขี่ และการตรวจสอบสภาพแวดล้อมภายนอกได้ [1]

2.2 ประเภทของยานยนต์ไร้คนขับ

Society of Automotive Engineer (SAE) [2] จำแนกความสามารถของระบบอัตโนมัติของยานพาหนะไว้ 6 ระดับ ดังนี้

- ระดับ 0: No Automation เป็นยานพาหนะที่ไร้ระบบอัตโนมัติ ผู้ขับขี่ต้องควบคุมการขับขี่ทั้งหมด
- ระดับ 1: Driver Assistance ยานพาหนะยังคงถูกควบคุมโดยผู้ขับขี่อย่างเต็มที่ แต่จะมีระบบช่วยเหลือการขับขี่ขั้นสูง (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) เพื่อช่วยเหลือผู้ขับขี่ในการบังคับเลี้ยว การหยุด หรือการเร่งความเร็วเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง
- ระดับที่ 2: Partial Automation ยานพาหนะจะสามารถแสดงฟังก์ชันอัตโนมัติแบบผสมผสานโดยระบบช่วยเหลือการขับขี่ขั้นสูง (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) ภายในรถ เช่น การเร่งความเร็วและการบังคับเลี้ยว ฟังก์ชันเหล่านี้อาจทำงานพร้อมกันได้ในบางกรณี
- ระดับที่ 3: Conditional Automation ยานพาหนะจะมีระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ (Automated Driving Systems, ADS) สามารถทำหน้าที่ในการขับขี่ทั้งหมดได้ภายใต้สถานการณ์บางอย่าง ในกรณีนี้ผู้ขับขี่ยังคงต้องมีความพร้อมที่จะควบคุมรถเมื่อ ADS ร้องขอการควบคุมจากผู้ขับขี่
- ระดับที่ 4: High Automation ยานพาหนะจะมีระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ (Automated Driving Systems, ADS) สามารถทำหน้าที่ในการขับขี่ทั้งหมด และตรวจสอบสภาพแวดล้อมในการขับขี่ สามารถทำการขับขี่ได้ในบางสถานการณ์โดยไม่ต้องพึ่งพาผู้ขับขี่
- ระดับที่ 5: Full Automation ยานพาหนะจะมีระบบขับขี่อัตโนมัติ (Automated Driving Systems, ADS) สามารถขับขี่ได้ในทุกสถานการณ์ มนุษย์เป็นเพียงผู้โดยสารและไม่จำเป็นต้องมีส่วนร่วมในการขับขี่

2.3 ความจุของทางแยก (Intersection Capacity)

การวิเคราะห์ความจุของทางแยกสัญญาณไฟจราจรมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบจำนวนรถยนต์ที่สามารถผ่านทางแยกสัญญาณไฟจราจรต่อหน่วยเวลา ในการวิเคราะห์ความจุของทางแยกสัญญาณไฟจราจรจะต้องพิจารณา 1) ปริมาณจราจรแยกตามทิศทางและชนิดของยานพาหนะ 2) ลักษณะทางกายภาพของทางแยกและ 3) สภาพหรือลักษณะของสัญญาณไฟจราจร [3]

จากคู่มือ HCM 2000 ค่าความจุทางแยก (Intersection capacity) จะวัดจากกลุ่มช่องจราจรในทิศทางที่มีปริมาณจราจรเข้าแยกมากที่สุด (critical lane groups) หรือกลุ่มช่องจราจรที่มีสัญญาณไฟเขียวนานที่สุด [4]

อัตราการไหลอิ่มตัวสามารถหาได้จากแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคโดยการสร้างสถานการณ์ให้มีความยาวแถวคอยแบบต่อเนื่อง แล้วหาอัตราการไหลอิ่มตัวจากค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากการจำลอง 3 ครั้ง [5]

2.4 ค่าปรับแก้ความจุ (Capacity Adjustment Factor)

ค่าปรับแก้ความจุ หรือ Capacity Adjustment Factor (CAF) คือ อัตราส่วนของความจุของสถานการณ์สมมติและความจุพื้นฐาน การประมาณความจุที่เกิดจากผลกระทบของเหตุการณ์ที่เกิดซ้ำหรือไม่เกิดขึ้นซ้ำมักจะต่ำกว่าความจุพื้นฐาน เนื่องจากความจุพื้นฐานสะท้อนถึงสภาวะที่เหมาะสม (เช่น มีเฉพาะรถยนต์นั่งส่วนบุคคล วันที่อากาศแจ่มใส ภูมิประเทศที่ราบเรียบ ฯลฯ) ดังนั้น CAF ที่ได้โดยทั่วไปจะน้อยกว่า 1.0 แต่ในกรณีของยานยนต์ไร้คนขับคาดว่าการมียานยนต์ไร้คนขับในกระแสการจราจรอย่างค่อยเป็นค่อยไป จะช่วยปรับปรุงสภาพการจราจรแทนที่จะทำให้แย่ลง ดังนั้น CAF ที่คาดหวังจะมีค่ามากกว่า 1.0 [6]

ค่าปรับแก้ความจุ [7] สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$CAF = \frac{Capacity_j}{Capacity_i} \quad (1)$$

โดย $Capacity_i$ คือความจุของส่วนใดส่วนหนึ่งของทาง (Segment) หรือทางแยก (Intersection) ก่อนการวิเคราะห์การทดลอง (veh/hr) และ $Capacity_j$ คือความจุของส่วนใดส่วนหนึ่งของทาง (Segment) หรือทางแยก (Intersection) หลังการวิเคราะห์การทดลอง (veh/hr)

2.5 โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค PTV Vissim

โปรแกรม PTV Vissim เป็นแบบจำลองสภาพการจราจรที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัท PTV ประเทศเยอรมัน ถือเป็นแบบจำลองที่กำลังได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยเป็นแบบจำลองในระดับจุลภาคที่อาศัยพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับขี่เป็นฐานในการจำลอง (Behavior Based) โดยทำการคำนวณพฤติกรรมและสถานะขององค์ประกอบต่าง ๆ ในแบบจำลองทุก ๆ ช่วงเวลา (Time Step) ในระดับวินาทีภายใต้เงื่อนไขสภาพการจราจร เช่น จำนวนช่องจราจร พฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับขี่ สัดส่วนของยานพาหนะแต่ละประเภทในกระแสจราจร รอบสัญญาณไฟจราจร และรูปแบบการควบคุมจราจร เป็นต้น มีความยืดหยุ่นในการปรับแก้

ค่าตัวแปรพื้นฐานให้สอดคล้องกับพฤติกรรมการเดินทาง ใช้สำหรับจำลองสภาพการจราจรในเมืองและการให้บริการระบบขนส่งมวลชนที่มีรูปแบบการเดินทางหลายรูปแบบ ได้แก่ รถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถจักรยานยนต์ รถโดยสาร รถไฟ และคนเดินเท้า รวมถึงยังสามารถแสดงผลการจำลองสภาพการจราจรในรูปแบบของภาพสองมิติและสามมิติ [8]

2.6 ตรรกะในการขับขี่ (Driving Logic) ของยานยนต์ไร้คนขับในโปรแกรม PTV Vissim

ยานยนต์ไร้คนขับแต่ละคันจะใช้ตรรกะในการขับขี่ (Driving Logic) [9-10] ซึ่งแบ่งได้ 4 ตรรกะในการขับขี่ (Driving Logic) ที่อธิบายโดยหลักการและความสามารถของยานยนต์เป็นหลัก โดยอ้างอิงจากโมเดล Wiedemann 99 ที่มีการปรับพารามิเตอร์พฤติกรรมการขับขี่ (Driving Behaviour Parameter) และคุณสมบัติเพิ่มเติมแตกต่างกันแบ่งได้ดังนี้

- Rail safe เป็นพฤติกรรมของยานพาหนะในสภาพแวดล้อมแบบปิดและควบคุมได้ ซึ่งพบภายในโรงงานผลิตหรือทดสอบเท่านั้น มีลักษณะเฉพาะคือ ต้องกำหนดเส้นทางสำหรับยานพาหนะไว้ล่วงหน้า ไม่มีการเปลี่ยนเลน และไม่มีทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร
- Cautious เป็นพฤติกรรมที่ยานพาหนะปฏิบัติตามกฎจราจรและใช้พฤติกรรมที่ปลอดภัยเสมอ อาจจะมีทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจรและการเปลี่ยนเลนได้ แต่ยานพาหนะจะรักษาระยะห่างระหว่างกัน (Gap) ไว้ค่อนข้างกว้าง
- Normal ยานพาหนะจะมีพฤติกรรมเหมือนกับการขับขี่ของมนุษย์ รวมทั้งมีความสามารถเพิ่มเติมในการวัดระยะทางและความเร็วของยานพาหนะรอบข้างด้วยเซนเซอร์
- All-knowing ยานพาหนะจะมีการรับรู้อย่างมากและมีความสามารถในการคาดการณ์ ซึ่งจะทำให้ระยะห่างระหว่างกัน (Gap) น้อยลงสำหรับทุกสถานการณ์ที่เกิดขึ้น และคาดว่ายานพาหนะจะมีพฤติกรรมแบบมีส่วนร่วม (Cooperative Behaviour)

2.7 พารามิเตอร์พฤติกรรมการขับขี่ (Driving Behaviour Parameter) ของยานยนต์ไร้คนขับในโปรแกรม PTV Vissim

พารามิเตอร์ในการควบคุมพฤติกรรมการขับขี่ของยานยนต์ [9-10] ให้มีความสามารถในการขับขี่เท่าเทียมกับยานยนต์ไร้คนขับ ซึ่งในโปรแกรม PTV Vissim จะต้องตั้งค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ในเมนู Driving Behaviour โดยประกอบด้วยเมนูย่อยดังนี้

2.7.1 Following

เป็นพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถของรถในการมองเห็นวัตถุต่าง ๆ โดยรอบทั้งในทิศทางด้านหน้าและด้านหลัง

2.7.2 Car Following model

เป็นพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการขับขี่ตามกันของรถ การรักษาระยะห่างระหว่างคัน และพฤติกรรมที่เกี่ยวกับการขับเคลื่อนของรถ โดยแบ่งเป็นโมเดล Wiedemann 99 กับโมเดล Wiedemann 74 ซึ่งแต่ละโมเดลจะมีค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน โดยที่โมเดล Wiedemann 99 จะมีความซับซ้อนมากกว่าทำให้การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมมีความละเอียดและใกล้เคียงกับยานยนต์ไร้คนขับมากกว่า

2.7.3 Lane Change

เป็นพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนช่องจราจรของรถในขณะที่เคลื่อนตัวอยู่ในแบบจำลอง

2.7.4 Lateral

เป็นพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการรักษาตำแหน่งของรถให้มีระยะด้านข้างที่เหมาะสม พฤติกรรมการขับขี่ในช่องจราจรของรถ พฤติกรรมการขับขี่แบบอิสระของรถจักรยานยนต์

2.7.5 Signal Control

เป็นพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของรถเมื่อเข้าใกล้สัญญาณไฟจราจร พฤติกรรมการตอบสนองต่อสัญญาณไฟจราจร การรักษาระยะความปลอดภัยบริเวณที่มีสัญญาณไฟจราจร

2.8 Passenger Car Equivalence Factor (PCE Factor)

PCE Factor [11-12] ใช้สำหรับแปลงข้อมูลปริมาณจราจรแต่ละประเภทที่อยู่ในหน่วยคันให้เป็นหน่วยคันรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Unit, PCU) สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร และสำนักการจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร ได้กำหนดค่า PCE Factor สำหรับทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่า PCE Factor

ประเภทยานพาหนะ	ค่า PCE Factor
รถจักรยานยนต์ (MC)	0.33
รถสามล้อ, รถโดยสารขนาดเล็ก (กะป๋อ) (Khapor)	0.93
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Car), รถตู้ (Van)	1.00
รถบรรทุกขนาดเล็ก (Small Truck)	1.75
รถโดยสารประจำทาง (Bus)	2.25
รถบรรทุกขนาดใหญ่ (HGV)	2.50

3. ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาความจุของทางแยกด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค PTV Vissim เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ค่าปรับแก้ความจุ (Capacity Adjustment Factor, CAF) ของทางแยกในสถานการณ์ที่มีการใช้ยานยนต์ไร้คนขับในสัดส่วนร้อยละ 5 20 60 และ 100 ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล และใช้พฤติกรรมการขับขี่ (Driving Behaviour) ของยานยนต์ไร้คนขับแบบ All-knowing ซึ่งตรงกับยานยนต์ไร้คนขับระดับที่ 4

โดยมีพื้นที่ศึกษาคือ ทางแยกนาหลวง แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร ช่วงเวลาที่ใช้ในการศึกษา คือ ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น

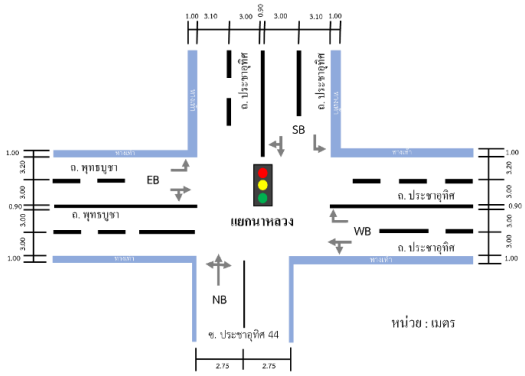
4. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย และการเก็บข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากการสำรวจภาคสนามทางแยกนาหลวง ข้อมูลจากวิดีโอบันทึกข้อมูลภาคสนาม และข้อมูลจากโปรแกรม Google Earth Pro โดยข้อมูลปฐมภูมิเป็นข้อมูลที่สำรวจในเดือนมกราคม พ.ศ. 2565 ส่วนข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลที่สำรวจเมื่อเดือนเมษายน พ.ศ. 2562 ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์และจำลองสภาพการจราจรมีดังนี้

4.1 ลักษณะทางกายภาพของทางแยก (Intersection Geometry)

ลักษณะทางกายภาพของทางแยก ประกอบด้วย จำนวนช่องจราจร ความกว้างช่องจราจร และป้ายจราจรที่สำคัญในการกำหนดการจราจร มีวิธีการเก็บข้อมูลโดยการสังเกต นับ และวัดขนาดจากโปรแกรม Google Earth Pro รวมทั้งการลงสำรวจข้อมูลจากภาคสนาม

แยกนาหลวงเป็นสี่แยกที่มีสัญญาณไฟจราจร มีถนนประชาอุทิศและถนนพุทธบูชาเป็นถนนสายหลัก และมีซอยประชาอุทิศ 44 เป็นถนนสายรอง ซึ่งลักษณะทางกายภาพของถนนที่เชื่อมกับแยกนาหลวง แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของแยกนาหลวง

ถนนประชาอุทิศ (ช่วงมุ่งหน้าทิศตะวันออก–ตะวันตก) ดังรูปที่ 2 มีจำนวน 4 ช่องจราจร ซึ่งแบ่งเป็น 2 ฝั่ง ๆ ละ 2 ช่องจราจร โดยช่องจราจรทิศทางมุ่งหน้าไปทางทิศตะวันออกมีความกว้าง 3.20 เมตร และ 3 เมตร และช่องจราจรทิศทางมุ่งหน้าไปทางทิศตะวันตกมีความกว้างช่องละ 3 เมตร มีเกาะกลางความกว้าง 90 ซม. ตลอดช่วงถนนนี้มีทางเท้าความกว้าง 1 เมตร



รูปที่ 2 ถนนประชาอุทิศ (ช่วงมุ่งหน้าทิศตะวันออก–ตะวันตก)

ถนนประชาอุทิศ (ช่วงมุ่งหน้าทิศเหนือ–ใต้) ดังรูปที่ 3 จะผ่านหน้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มีจำนวน 4 ช่องจราจร แบ่งเป็น 2 ฝั่ง ๆ ละ 2 ช่องจราจร โดยถนนแต่ละทิศทางมีช่องจราจรกว้าง 3.10 เมตร และ 3 เมตร มีเกาะกลางกว้าง 90 ซม. ตลอดช่วงถนนนี้มีทางเท้าความกว้าง 1 เมตร



รูปที่ 3 ถนนประชาอุทิศ (ช่วงมุ่งหน้าทิศเหนือ–ใต้)

ถนนพุทธบูชา ดังรูปที่ 4 มีจำนวน 4 ช่องจราจร แบ่งเป็น 2 ฝั่ง ๆ ละ 2 ช่องจราจร โดยช่องจราจรทิศทางมุ่งหน้าไปทางทิศตะวันออกกว้าง 3.20 เมตร และ 3 เมตร และช่องจราจรทิศทางมุ่งหน้าไปทางทิศตะวันตกมีความกว้างช่องละ 3 เมตร มีเกาะกลางความกว้าง 90 ซม. ตลอดช่วงถนนนี้มีทางเท้าความกว้าง 1 เมตร



รูปที่ 4 ถนนพุทธบูชา

ถนนซอยประชาอุทิศ 44 ดังรูปที่ 5 เป็นถนนเข้าหมู่บ้านสินทวีสวนธน 1 การจราจรจะมีความเร็วต่ำมาก มีช่องจราจรจำนวน 2 ช่องจราจร ทิศทางละ 1 ช่องจราจร มีความกว้างช่องละ 2.75 เมตร



รูปที่ 5 ซอยประชาอุทิศ 44

4.2 ปริมาณจราจร (Traffic Volume)

ใช้ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16:00 - 18:00 น.) แยกตามประเภทยานพาหนะและทิศทางการจราจร โดยแบ่งช่วงเวลาในการสำรวจปริมาณจราจรเป็นช่วงละ 15 นาที มีวิธีการเก็บข้อมูลโดยใช้บุคลากรในการสังเกตนับจำนวน และจดบันทึก รวมทั้งใช้อุปกรณ์ในการช่วยนับจำนวน

จากการเก็บข้อมูลพบว่าช่วงเวลา 17:00 – 18:00 น. มีปริมาณจราจรต่อชั่วโมง (Hourly Volume) สูงสุด ดังนั้นจะใช้ข้อมูลปริมาณจราจรสูงสุดในช่วงเวลาดังกล่าวเพื่อสร้างแบบจำลองพื้นฐานในโปรแกรม PTV Vissim ซึ่งปริมาณจราจรในช่วง 17:00 – 18:00 น. มีสัดส่วนยานพาหนะแต่ละประเภทแสดง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณจราจรต่อชั่วโมงสูงสุดช่วง 17:00 – 18:00 น. ปี 2562

Direction	Volume (vph)	Vehicle Input (vph)					
		Car	MC	Bus	Van	HGV	Khapor
SB	2106	874	1029	10	52	8	133
SBL	1195	461	607	9	30	2	86
SBT	37	13	23	0	1	0	0
SBR	874	400	399	1	21	6	47
EB	1707	589	1003	8	49	4	54
EBL	916	348	479	8	25	4	52
EBT	773	228	521	0	22	0	2
EBR	18	13	3	0	2	0	0
NB	119	35	80	0	4	0	0
NBL	43	11	30	0	2	0	0
NBT	36	13	21	0	2	0	0
NBR	40	11	29	0	0	0	0
WB	1730	674	906	10	54	2	84
WBL	42	11	28	0	3	0	0
WBT	870	325	526	0	15	2	2
WBR	818	338	352	10	36	0	82

4.3 ความเร็วเฉลี่ย (Average Speed)

ใช้ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16:00-18:00 น.) เช่นเดียวกับปริมาณจราจร มีวิธีการเก็บข้อมูลจากวิดีโอบันทึกข้อมูลภาคสนามโดยใช้บุคลากรและอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นการสำรวจความเร็วด้วยวิธี Spot Speed โดยจะทราบความเร็วจากระยะเวลาที่รถเคลื่อนที่ผ่านจุดสองจุดบนถนน และระยะทางระหว่างจุดสองจุดนี้ที่วัดโดยโปรแกรม Google Earth Pro ซึ่งจะแบ่งช่วงการเก็บข้อมูลช่วงละ 15 นาที และแต่ละช่วงจะสุ่มเก็บความเร็วจากรถจำนวน 10 คัน แล้วหาความเร็วเฉลี่ย

จากข้อมูลปริมาณจราจรใช้ข้อมูลในช่วงเวลา 17:00 – 18:00 น. จึงทำการสำรวจความเร็วในช่วงเวลาดังกล่าวด้วยการจับเวลาของรถที่เคลื่อนที่ผ่านจุดสำรวจ แล้วคำนวณความเร็ว จะได้ความเร็วต่ำสุด ความเร็วสูงสุด และความเร็วเฉลี่ยของรถแต่ละประเภทในแต่ละทิศทาง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความเร็วเฉลี่ยของรถแต่ละทิศทาง

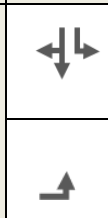
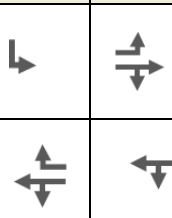
Direction	Speed (km/hr)		
	Min.	Max.	Average
NB	17.43	20.10	18.94
SB	23.60	29.86	26.46
EB	28.10	35.45	30.08
WB	31.46	37.28	34.90

4.4 สัญญาณไฟจราจร (Traffic Signal)

การเก็บข้อมูลสัญญาณไฟจราจรจะใช้บุคลากร ด้วยการจับเวลาสัญญาณไฟเขียว เหลือง และแดงในแต่ละทิศทางจนครบ 1 รอบสัญญาณไฟจราจร จากวิดีโอบันทึกข้อมูลภาคสนามและการลงพื้นที่จริง

แยกนาหลวงใช้ระบบสัญญาณไฟจราจรแบบตั้งเวลาล่วงหน้า (Pre-Time หรือ Fixed Time) และใช้จังหวะสัญญาณไฟแบบ Split ซึ่งมีการปรับเปลี่ยนรอบสัญญาณไฟจราจรเป็นแบบ Manual ในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นที่มีการจราจรหนาแน่น จากการสำรวจข้อมูลสัญญาณไฟจราจรของแยกนาหลวง พบว่ามีรอบสัญญาณไฟจราจร (Cycle Length) ในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น เท่ากับ 190 วินาที โดยมีระยะเวลาไฟเหลือง (Amber) ทิศทางละ 3 วินาที ไฟแดงทุกด้าน (All red) ทิศทางละ 2 วินาที และมีระยะเวลาไฟเขียว (Green Time) ในแต่ละทิศทาง ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระยะเวลาไฟเขียว (Green Time) ในแต่ละจังหวะสัญญาณไฟจราจร

Phase	A (SB/EB)	B (NB)	C (SB/WB)	D (EB/WB)
Lane Configuration				
Green Time (s)	65	10	50	45

5. วิเคราะห์ข้อมูล และผลการวิจัย

5.1 การปรับเทียบแบบจำลองพื้นฐาน

ใช้เกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองพื้นฐานของ Dowling (2004) [12] โดยลิงค์เดี่ยวที่มีค่า GEH น้อยกว่า 5 ต้องมีจำนวนมากกว่าร้อยละ 85 ของจำนวนลิงค์เดี่ยวทั้งหมด และค่า GEH เฉลี่ย ของทุกลิงค์ต้องน้อยกว่า 4 เพื่อให้แบบจำลองมีสภาพการจราจรใกล้เคียงสถานการณ์จริงมากที่สุด

ผลการปรับเทียบแบบจำลองพื้นฐานของแยกนาหลวง พบว่าค่า GEH ของทุกลิงค์ในแบบจำลองมีค่าน้อยกว่า 5 เป็นจำนวนร้อยละ 93 ซึ่งเกินร้อยละ 85 และมีค่า GEH เฉลี่ยเท่ากับ 2.94 ซึ่งน้อยกว่า ดังตารางที่ 5 ดังนั้น แบบจำลองนี้ผ่านเกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลอง และมีสภาพการจราจรใกล้เคียงกับสภาพจริงในระดับที่ยอมรับได้

ตารางที่ 5 ผลการปรับเทียบแบบจำลองพื้นฐาน

ทิศทาง	ปริมาณจราจรจากแบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)	ปริมาณจราจรจากการสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	GEH	ผลการปรับเทียบ
SBL IN	1118	1195	2.26	ผ่าน
SBL OUT	1111	1195	2.47	ผ่าน
SBT+SBR IN	815	911	3.27	ผ่าน
SBT+SBR OUT	872	971	3.26	ผ่าน
EBL IN	819	916	3.29	ผ่าน
EBL OUT	811	916	3.57	ผ่าน
EBT+EBR IN	666	791	4.63	ผ่าน
EBT+EBR OUT	782	870	3.06	ผ่าน
NB IN	120	119	0.09	ผ่าน
NB OUT	2316	2580	5.34	ไม่ผ่าน
WBT+WBL IN	864	912	1.61	ผ่าน
WBT+WBL OUT	947	967	0.65	ผ่าน
WBR IN	708	818	3.98	ผ่าน
WBR OUT	750	854	3.67	ผ่าน
ค่า GEH เฉลี่ย			2.94	ผ่าน

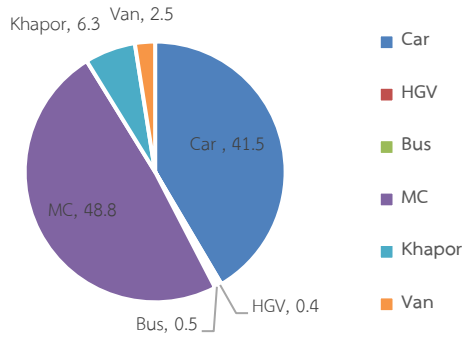
5.2 การวิเคราะห์ความจุของทางแยกจากแบบจำลอง

ผู้วิจัยได้หาค่าความจุของทางแยกจากปริมาณจราจรต่อเลนที่สามารถผ่านในทิศทางที่มีปริมาณจราจรสูงสุด ในหน่วยคันรถยนต์นั่งส่วนบุคคลต่อชั่วโมงต่อเลน (pcphpl) ซึ่งแยกนาหลวงมีทิศทางมุ่งหน้าทางทิศใต้ (SB) เป็นทิศทางที่มีปริมาณจราจรสูงสุด (Critical Movement) มีจำนวน 2 เลน โดยความสัมพันธ์ของปริมาณจราจรเข้าและออกจากทางแยกที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม PTV Vissim จะสามารถแสดงค่าความจุสูงสุดของทางแยก

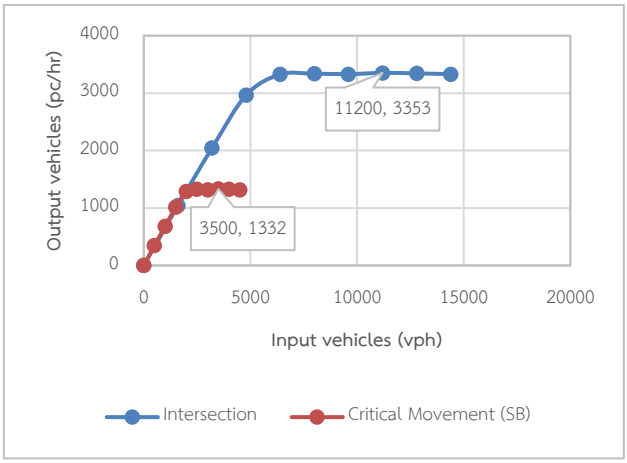
ค่าความจุของแยกนาหลวงในแต่ละสถานการณ์ถูกพัฒนาขึ้นจากแบบจำลองพื้นฐานของแยกนาหลวงที่ผ่านการปรับเทียบแบบจำลองแล้ว ซึ่งค่าความจุของแยกนาหลวงในแต่ละสถานการณ์ได้ผล ดังนี้

5.2.1 สถานการณ์ที่ 1: สถานการณ์ปัจจุบัน (Baseline)

ในสถานการณ์ปัจจุบันที่มีสัดส่วนยานพาหนะแต่ละประเภทแสดงดังรูปที่ 6 ค่าความจุของแยกนาหลวงจากทิศทางที่มีปริมาณจราจรสูงสุด (ทิศทางมุ่งหน้าทางทิศใต้) ในสถานการณ์ปัจจุบันมีค่าเท่ากับ 666 pcphpl และมีปริมาณจราจรผ่านแยกสูงสุด เท่ากับ 3,353 pc/hr ดังรูปที่ 7



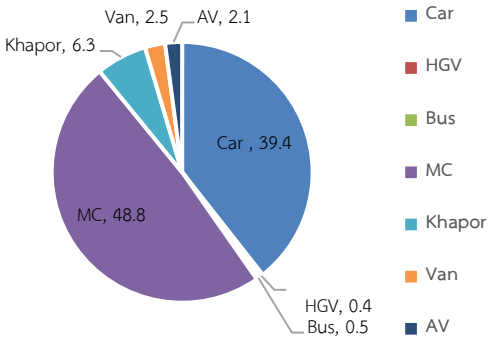
รูปที่ 6 สัดส่วนยานพาหนะแต่ละประเภท (%) ของแบบจำลองสถานการณ์ที่ 1



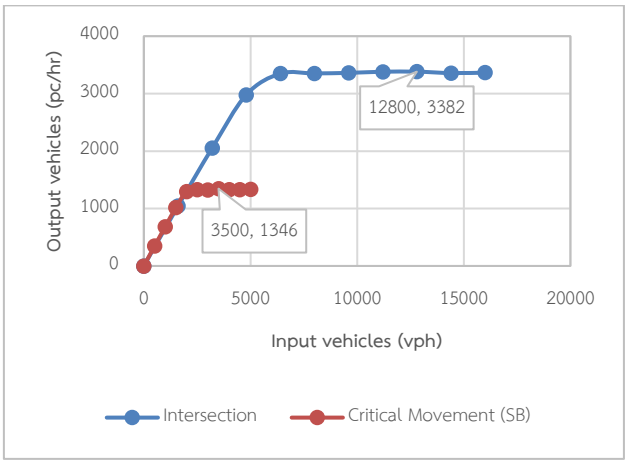
รูปที่ 7 ความจุของแยกนาหลวงในสถานการณ์ที่ 1

5.2.2 สถานการณ์ที่ 2: แทนที่สัดส่วนของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลด้วยยานยนต์ไร้คนขับร้อยละ 5

ในสถานการณ์การแทนที่สัดส่วนของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลด้วยยานยนต์ไร้คนขับร้อยละ 5 ซึ่งมีสัดส่วนยานพาหนะแต่ละประเภทแสดงดังรูปที่ 8 ค่าความจุของแยกนาหลวงจากทิศทางที่มีปริมาณจราจรสูงสุด (ทิศทางมุ่งหน้าทางทิศใต้) เท่ากับ 673 pcphpl และมีปริมาณจราจรผ่านแยกสูงสุด เท่ากับ 3,382 pc/hr ดังรูปที่ 9



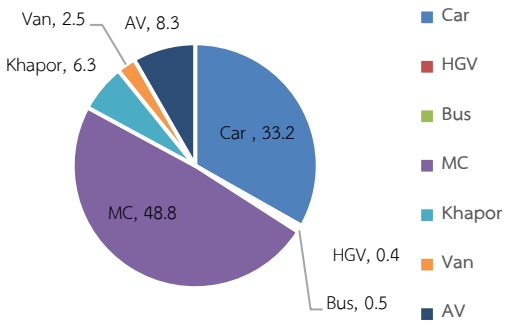
รูปที่ 8 สัดส่วนยานพาหนะแต่ละประเภท (%) ของแบบจำลองสถานการณ์ที่ 2



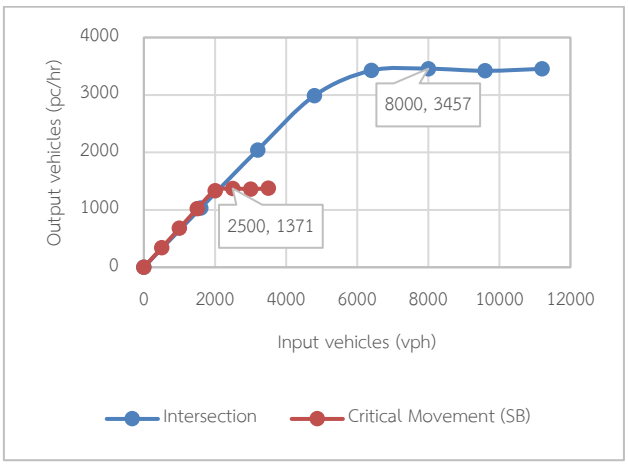
รูปที่ 9 ความจุของแยกนาหลวงในสถานการณ์ที่ 2

5.2.3 สถานการณ์ที่ 3: แทนที่สัดส่วนของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลด้วยยานยนต์ไร้คนขับร้อยละ 20

ในสถานการณ์การแทนที่สัดส่วนของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลด้วยยานยนต์ไร้คนขับร้อยละ 20 ซึ่งมีสัดส่วนยานพาหนะแต่ละประเภทแสดงดังรูปที่ 10 ค่าความจุของแยกนาหลวงจากทิศทางที่มีปริมาณจราจรสูงสุด (ทิศทางมุ่งหน้าทางทิศใต้) เท่ากับ 689 pcphpl และมีปริมาณจราจรผ่านแยกสูงสุดเท่ากับ 3,457 pc/hr ดังรูปที่ 11



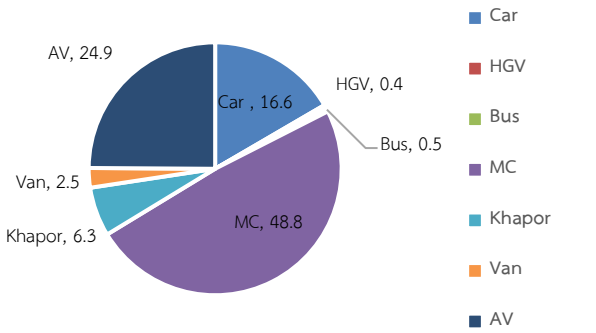
รูปที่ 10 สัดส่วนยานพาหนะแต่ละประเภท (%) ของแบบจำลองสถานการณ์ที่ 3



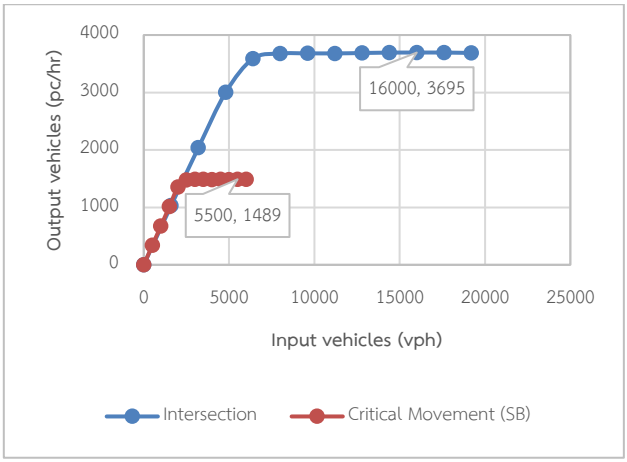
รูปที่ 11 ความจุของแยกนาหลวงในสถานการณ์ที่ 3

5.2.4 สถานการณ์ที่ 4: แทนที่สัดส่วนของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลด้วยยานยนต์ไร้คนขับร้อยละ 60

ในสถานการณ์การแทนที่สัดส่วนของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลด้วยยานยนต์ไร้คนขับร้อยละ 60 ซึ่งมีสัดส่วนยานพาหนะแต่ละประเภทแสดงดังรูปที่ 12 ค่าความจุของแยกนาหลวงจากทิศทางที่มีปริมาณจราจรสูงสุด (ทิศทางมุ่งหน้าทางทิศใต้) เท่ากับ 745 pcphpl และมีปริมาณจราจรผ่านแยกสูงสุดเท่ากับ 3,695 pc/hr ดังรูปที่ 13



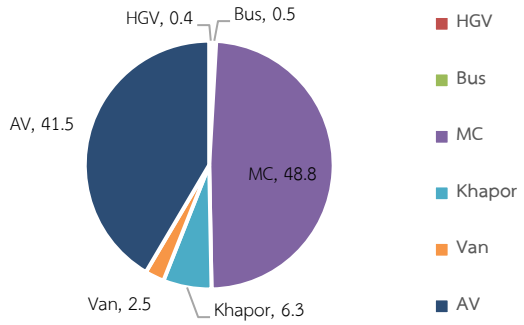
รูปที่ 12 สัดส่วนยานพาหนะแต่ละประเภท (%) ของแบบจำลองสถานการณ์ที่ 4



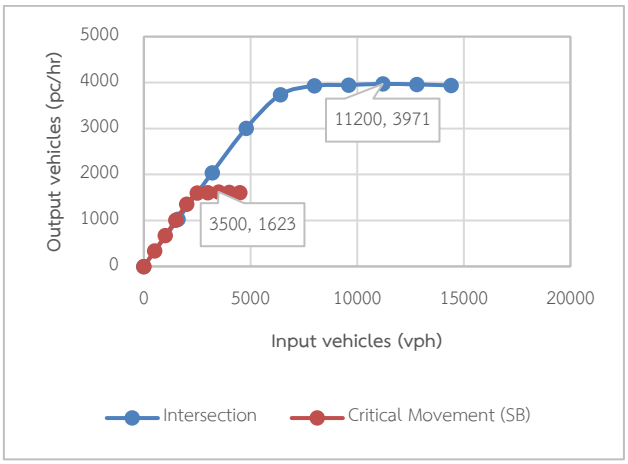
รูปที่ 13 ความจุของแยกนาหลวงในสถานการณ์ที่ 4

5.2.5 สถานการณ์ที่ 5: แทนที่สัดส่วนของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลทั้งหมดด้วยยานยนต์ไร้คนขับ

ในสถานการณ์การแทนที่สัดส่วนของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลด้วยยานยนต์ไร้คนขับทั้งหมด ซึ่งมีสัดส่วนยานพาหนะแต่ละประเภทแสดงดังรูปที่ 14 ค่าความจุของแยกนาหลวงในทิศทางที่มีปริมาณจราจรสูงสุด (ทิศทางมุ่งหน้าทางทิศใต้) เท่ากับ 812 pcphpl และมีปริมาณจราจรผ่านแยกสูงสุดเท่ากับ 3,971 pc/hr ดังรูปที่ 15



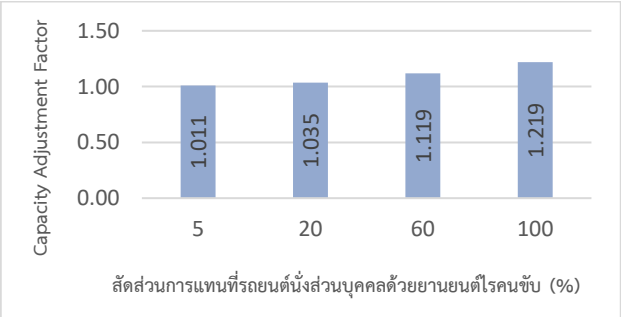
รูปที่ 14 สัดส่วนยานพาหนะแต่ละประเภท (%) ของแบบจำลองสถานการณ์ที่ 5



รูปที่ 15 ความจุของแยกนาหลวงในสถานการณ์ที่ 5

5.3 การวิเคราะห์ค่าปรับแก้ความจุของทางแยก (Capacity Adjustment Factor, CAF)

การหาค่าปรับแก้ความจุทำได้โดยการนำค่าความจุทางแยกของสถานการณ์ปัจจุบันและค่าความจุทางแยกของสถานการณ์ทางเลือกมาคำนวณตามสมการที่ (1) โดยค่าความจุที่ได้จากการจำลองในโปรแกรม PTV Vissim จะถูกนำไปคำนวนค่าปรับแก้ความจุดังแสดงในตารางที่ 6 จะเห็นแนวโน้มของค่าปรับแก้ความจุของทางแยกจะเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของยานยนต์ไร้คนขับเพิ่มขึ้นจากกราฟ ดังรูปที่ 16 และเมื่อมีการใช้งานยานยนต์ไร้คนขับแทนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลทั้งหมดจะทำให้ค่าปรับแก้ความจุของทางแยกเพิ่มขึ้นได้ถึงร้อยละ 21.9



รูปที่ 16 ค่าปรับแก้ความจุ กรณีมีการใช้ยานยนต์ไร้คนขับในสัดส่วนต่าง ๆ

ตารางที่ 6 ค่าปรับแก้ความจุในสถานการณ์ต่างๆ **(CAF)**

Scenario	Capacity (pcphpl)	Capacity Adjustment Factor (CAF)	Diff (%)
1 (Base Model)	666	1.000	0.0
2 (5%AV)	673	1.011	1.1
3 (20%AV)	689	1.035	3.5
4 (60%AV)	745	1.119	11.9
5 (100%AV)	812	1.219	21.9

6. สรุปผลการวิจัย

ผลการจำลองสภาพการจราจรจากแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค PTV Vissim เพื่อวิเคราะห์หาค่าความจุของทางแยกนาหลวง (Intersection Capacity) พบว่า ความจุของทางแยกนาหลวงมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการแทนที่รถยนต์นั่งส่วนบุคคลด้วยยานยนต์ไร้คนขับในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าเมื่อมีการนำยานยนต์ไร้คนขับมาใช้แทนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลในสัดส่วนที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ความจุของทางแยกเพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์ความจุทางแยก และค่าปรับแก้ความจุทางแยกที่ได้จากการศึกษานี้เป็นผลที่ได้จากข้อมูลทางแยกที่มีสัดส่วนการใช้รถจักรยานยนต์สูงถึงร้อยละ 48.8 การนำค่าปรับแก้ที่ได้จากการศึกษานี้ไปใช้จะต้องคำนึงถึงสัดส่วนประเภทยานพาหนะของบริเวณทางแยกที่ต้องการหาค่าความจุ ซึ่งควรมีสัดส่วนยานพาหนะใกล้เคียงกับทางแยกที่ใช้ในการศึกษานี้

7. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาด้วยข้อมูลปริมาณจราจรแบบทุติยภูมิเป็นหลัก ถึงแม้จะมีการใช้ข้อมูลปริมาณจราจรบนสมมติฐานที่ใกล้เคียงกับช่วงสถานการณ์ปกติ การศึกษานี้ยังจำเป็นต้องใช้ข้อมูลด้านพฤติกรรมการขับขี่จากการสังเกตุจากภาพเคลื่อนไหวที่เก็บบันทึกในช่วงภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด 19 (ปี พ.ศ. 2564) รวมถึงการที่ภาครัฐออกมาตรการการทำงานที่บ้าน (Work from home) ส่งผลให้สภาพการจราจามีการเปลี่ยนแปลงไปจากสถานการณ์ปกติ ดังนั้น หากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด 19 ยุติลง และสถานการณ์กลับมาเป็นปกติ ควรมีการใช้ข้อมูลปริมาณจราจรและพฤติกรรมการขับขี่ที่มีความทันสมัยมากกว่าในการวิจัยในลักษณะเดียวกันในอนาคต รวมถึงสมมติการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนประเภทยานพาหนะและการปรับเปลี่ยนรูปแบบการควบคุมทางแยก เพื่อทราบถึงสถานการณ์ที่เอื้ออำนวยต่อการดำเนินงานทางจราจรบริเวณทางแยกที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้การสนับสนุนโปรแกรมแบบจำลองจราจร PTV Vissim ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ธนัท วานิชพิพัฒน์, ลลิตา กิติราช, จิตติชัย รุจนกนกนาฎ และ ณณิชา ศุภางค์ (2562). Simulation of Freeway On-ramp Merging Capacity with Automated Vehicles. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 24*, อุดรธานี, 10-12 กรกฎาคม 2562, หน้า 2.

[2] ครองขวัญ ฟุ้งพงษ์, ณัฐภัทร์ ยิ่งยวด และ พิชญา พันธ์โสภา (ม.ป.ป.). Simulation of Automated Vehicles. *วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, หน้า 11-32.

[3] พลเทพ เลิศวรวนิช (2553). การออกแบบสัญญาณไฟจราจรบนทางหลวง, *รายงานฉบับที่ วพ. 283 สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง*, หน้า 11-13.

[4] Federal Highway Administration (2004), *Signalized Intersections: Informational Guide*. FHWA-HRT-04-091, Washington, DC: U.S. Department of Transportation (USDOT), pp.147.

[5] Mohsin Shahzad Chaudhry and Prakash Ranjitkar (2019). *Capacity Analysis of Signalised Intersection using Micro-simulation*. Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Auckland, pp.2-12.

[6] Adekunle Adebisi, et al. (2020). *Developing Highway Capacity Manual (HCM) Capacity Adjustment Factors (CAF) for Connected and Automated Traffic on Freeway Segments*, pp.4-18.

[7] Tom Creasey, et al. (2020). *Capacity Impacts of Connected and Autonomous Vehicles*, pp. 24-43.

[8] นพดล กรประเสริฐ, ทรงยศ กิจธรรมเกสร, รัฐภูมิ ปริชาตปรีชา, ปวี คูวิบูลย์ และ ณฤดล ศรีตะระโส (2561). *โครงการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรพื้นที่บริเวณโดยรอบแนวเส้นทางโครงการรถไฟฟ้าสายสีชมพูช่วงแคราย-มีนบุรี*, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 2-14.

[9] CoEXist (2018). *Default behavioural parameter sets for Automated Vehicles (AVs)*, PTV Group, pp.12.

[10] CoEXist (2018). *Micro-simulation guide for automated vehicles*, PTV Group, pp.29.

[11] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2559). การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลด้านการจราจร. *ร่างรายงานคู่มือมาตรฐานด้านการจัดระบบการจราจร*, หน้า 4-11.

[12] ชาญวิทย์ ยาม่วง (2559). การศึกษาประสิทธิภาพของช่องเดินรถสลับทิศทาง กรณีศึกษาถนนเพชรบุรี, *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*, หน้า 24.