การศึกษาการจัดการการจราจรบริเวณทางแยกที่มีรูปแบบต่างกันด้วยแบบจำลองด้านการจราจร

A Study of Traffic Management at Different Intersections with Traffic Simulation

ธนา น้อยเรือน[1] ชาคริต ชูวุฒยากร[2,*] อัครพงษ์ เทพแก้ว[3] และ ประดิษฐ์ เจียรกุลประเสริฐ[4]

[1,2,4] หลักสูตรวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จ.เชียงใหม่
[3] หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จ.เชียงใหม่
*Corresponding author; Chakrit@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การจราจรหนาแน่นมีสาเหตุจากการเดินทางในพื้นที่ที่มากและการขยายตัวของเมือง สถิติการจดทะเบียนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลของจังหวัดเชียงใหม่สูงเป็นอันดับ 2 ของประเทศ รองจากกรุงเทพมหานคร (2561) การจัดการการจราจรที่มีประสิทธิภาพจะลดปัญหาความล่าช้าของการเดินทางและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การติดขัดของการจราจรส่วนหนึ่งเกิดขึ้นบริเวณที่มีการหยุดหรือชะลอตัวของยวดยาน การศึกษาในอดีตสนใจการลดอุบัติเหตุและปัญหาด้านมลพิษ รวมถึงการแก้ไขปัญหาการจราจรในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การสร้างเส้นทางใหม่ การเพิ่มหรือขยายช่องทางจราจร การศึกษานี้พิจารณารูปแบบการจัดการจราจรที่ทางแยกเพื่อหาประสิทธิภาพการให้บริการและคัดเลือกรูปแบบทางแยกที่เหมาะสมกับปริมาณการจราจรที่เกิดขึ้น ผ่านการรวบรวมข้อมูลด้านการจราจร ได้แก่ ความเร็ว เวลาในการเดินทาง อัตราการไหล และปริมาณการจราจร และลักษณะทางกายภาพ โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองด้านการจราจรในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการศึกษา โดยกำหนดรูปแบบการจัดการที่แตกต่างกัน 5 รูปแบบ คือ ทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร ไม่มีสัญญาณไฟจราจร วงเวียนทั่วไป วงเวียนที่มีทางเบี่ยงซ้าย และการบังคับเลี้ยว พร้อมคาดการณ์ปริมาณจราจรแต่ละรูปแบบของทางแยกจากปริมาณจราจรปีปัจจุบันเพิ่มขึ้น 15% 30% และ 50% การศึกษานี้จะเกิดประโยชน์สูงสุดในการบริหารจัดการทางแยก เข้าใจพฤติกรรมยวดยานที่เข้าสู่ทางแยกและผลกระทบของการจราจรกับรูปแบบทางแยกที่แตกต่างกัน ที่อาจใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบทางแยกที่มีความเหมาะสมกับปริมาณการจราจรในอนาคตได้

คำสำคัญ: การจัดการการจราจร, รูปแบบทางแยก, แบบจำลองการจราจร

Abstract

The traffic congestion is caused by a large of travel in the area and the expansion of the town. Then, from statistics on passenger car registration in Chiang Mai, Thailand is the second town in the country (2021). Effective traffic management can reduce travel times and environmental impact. A part of the traffic congestion occurs at the stops or slowdowns of vehicles. Other studies have focused on reducing accidents and pollution problems, including solving traffic problems, such as creating new routes and increasing and expanding traffic lanes. This study examines traffic management at intersections to determine service efficiency and select intersection patterns that are appropriate for the traffic volume generated. The collecting of traffic data, including speed, travel time, flow rate, and traffic volume. In addition, the physical characteristics data are collected. An applying traffic simulation was to analyze and compare the study results. However, users are different in the different intersections management, including traffic lights intersection, Non-traffic lights intersection, General roundabouts, Roundabouts with a left turn lane, and Traffic control movement. In addition, the traffic volume forecasted for each pattern of intersections increased by 15%, 30%, and 50% of the current traffic volume. This study will maximize the benefits of intersections management, understand the behavior of vehicles entering intersections, and know the impact of traffic on different intersection patterns. Sometimes, may be used as a basis for designing that are suitable for future traffic volumes.

Keywords: Traffic Management, Deference Intersection, Traffic Simulation

1. คำนำ

จังหวัดเชียงใหม่มีการจราจรที่สูงเป็นอันดับต้นของประเทศ จากสถิติการจดทะเบียนรถยนต์ส่วนบุคคลใหม่ในจังหวัดเชียงใหม่เพิ่มขึ้น 1.81% (พ.ศ. 2559-2562) การจราจรติดขัดส่วนหนึ่งมาจากการจัดการการจราจรยังไม่เหมาะสมสำหรับบางพื้นที่ เพื่อเพิ่มการรองรับปริมาณการจราจร ลดความล่าช้าในการเดินทาง และปัญหามลภาวะต่าง ๆ รวมถึงการเกิดอุบัติเหตุ ส่วนหนึ่งต้องแก้ไขปัญหาการจราจรบริเวณทางแยก ที่ผ่านมาการศึกษาจะสนใจเกี่ยวกับการลดอุบัติเหตุของทางแยกที่มีสัญญาณไฟ

จราจร การใช้วงเวียน และการลดปัญหาด้านมลพิษ เช่น การตัดถนนใหม่ การเพิ่มหรือขยายช่องทาง การแก้ไขปัญหาการจราจรบริเวณทางแยก เป็นการศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรบริเวณทางแยก ทำได้โดยการศึกษาเปรียบเทียบผลการจำลองด้านการจราจรในรูปแบบการจัดการทางแยกที่แตกต่างกัน และพิจารณารูปแบบทางแยกที่สามารถรองรับปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละรูปแบบที่มีปริมาณจราจรต่าง ๆ การรวบรวมข้อมูลด้านการจราจรจะทำควบคู่กับการศึกษาประเภทของทางแยกรูปแบบต่าง ๆ เพื่อนำมาพัฒนาจำลองและกำหนดสถานการณ์การจำลอง ให้ได้แนวทางการจัดการทางแยกที่เกิดประโยชน์สูงสุด การศึกษานี้สนใจในพฤติกรรมการจราจรของยวดยานบริเวณทางแยก และสร้างข้อมูลพื้นฐานประกอบการออกแบบทางแยกให้มีประสิทธิภาพสูงสุดตามปริมาณจราจรต่าง ๆ การศึกษาพฤติกรรมการใช้ยวดยานได้กำหนดขอบเขตพื้นที่การศึกษาในจังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น ศึกษารูปแบบทางแยกและปริมาณจราจรที่ต่างกัน โดยพิจารณาตัวแปรด้านการจราจร ได้แก่ อัตราการไหล ความเร็ว และรูปแบบการจัดการการจราจร เก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพทางแยก ได้แก่ ความกว้างและจำนวนของช่องจราจร ลักษณะทางแยก และสิ่งปลูกสร้างบริเวณทางแยก และข้อมูลการจราจร ได้แก่ ความเร็ว อัตราการไหลที่ทางแยก และปริมาณการจราจร เลือกโปรแกรม Anylogic สำหรับสร้างแบบจำลองการจราจร เปรียบเทียบรูปแบบทางแยกและปริมาณจราจรที่แตกต่างกัน ให้ได้รูปแบบทางแยกที่เหมาะสมกับแต่ละปริมาณจราจร โดยเลือกทางแยก 5 รูปแบบ ได้แก่ ทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจรและมีสัญญาณไฟจราจร วงเวียนทั่วไปและมีทางเบี่ยงซ้าย และการบังคับเลี้ยว การคัดเลือกพื้นที่ศึกษามีเงื่อนไข คือ ทางแยกต้องไม่มีสัญญาณไฟ ปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางแยกสูงเพียงพอ การศึกษานี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ และจัดการจราจรบริเวณทางแยก ทราบพฤติกรรมของยวดยานที่เข้าสู่ทางแยก ความเร็วและอัตราการไหลอิ่มตัวของทางแยกแต่ละรูปแบบที่ปริมาณการจราจรต่าง ๆ และจะช่วยลดความล่าช้าในการเดินทางที่เกิดจากทางแยก

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 *การจราจร [1]*

ลักษณะพื้นฐานของสภาพการจราจรมีตัวแปรที่นิยมใช้ในการพิจารณาศึกษา รวมถึงการวิเคราะห์ ต่าง ๆ ได้แก่

2.1.1 ปริมาณจราจร (traffic volume)

เป็นจำนวนยวดยานที่เคลื่อนผ่านตำแหน่งอ้างอิงบนถนน ช่องจราจร หรือทิศทางจราจรในช่วงเวลาที่กำหนด ทั่วไปมีหน่วย คันต่อหน่วยเวลา

2.1.2 อัตราการไหล (flow rate)

เป็นปริมาณจราจรในช่วงเวลาหนึ่ง โดยทั่วไปมีหน่วยเป็น คันต่อชั่วโมง

2.1.3 ความหนาแน่น (density)

เป็นจำนวนยวดยานที่ครอบครองพื้นผิวจราจรในช่วงความยาวถนนหรือช่องจราจรที่กำหนด มีหน่วย คันต่อเมตรหรือคันต่อเมตรต่อช่องจราจร เป็นค่าที่วัดโดยตรงยาก นิยมคำนวณจากความเร็วเฉลี่ยและอัตราการไหล

2.1.4 ความเร็ว (speed)

เป็นอัตราการเคลื่อนที่ในหน่วยระยะทางต่อเวลา หรือส่วนกลับของเวลาที่ยวดยานใช้ในการเคลื่อนที่ในระยะทางที่กำหนด ความเร็วเฉลี่ยคำนวณได้ 2 วิธี และให้ค่าที่แตกต่างกัน คือ Time Mean Speed, TMS เป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิต (arithmetic mean) และ Space Mean Speed, SMS เป็นค่าเฉลี่ยฮาโมนิค (harmonic mean) ในการวิเคราะห์วิศวกรรมจราจรส่วนมากจะใช้ค่า SMS เป็นหลัก

2.1.5 เวลาการเดินทาง (travel time)

เป็นเวลาทั้งหมดที่ยวดยานใช้ในการเดินทางในช่วงระยะทางที่กำหนด ส่วนเวลารถวิ่ง (running time) คือ เวลาทั้งหมดเฉพาะช่วงที่รถวิ่งในช่วงระยะทางที่กำหนดไม่นำความล่าช้าที่เกิดจากการหยุด (stopped delays) มาพิจารณา

2.1.6 การครอบครองผิวจราจร (occupancy)

เป็นสัดส่วนของเวลาที่อุปกรณ์ตรวจจับถูกครอบครองหรือทาบผ่านด้วยยวดยานในช่วงเวลาที่ทำการสำรวจข้อมูล

2.1.7 ระยะห่าง (spacing)

เป็นระยะระหว่างยวดยานที่วิ่งติดกันมาในกระแสจราจร โดยวัดจากตำแหน่งอ้างอิงที่แน่นอนบนรถคันหนึ่งถึงตำแหน่งเดียวกันบนรถคันถัดไป

2.1.8 ช่วงห่าง (headway)

เป็นระยะห่างของช่วงเวลาระหว่างยวดยานที่วิ่งติดกันมา ซึ่งผ่านตำแหน่งหรือแนวอ้างอิงที่กำหนดไว้บนถนนหรือช่องจราจร สังเกตจากเวลาที่ตำแหน่งอ้างอิงบนตัวรถคันหนึ่งวิ่งผ่านจุดที่กำหนดไว้ ถึงเวลาที่ตำแหน่งอ้างอิงเดียวกันบนรถคันถัดไปผ่านจุดที่กำหนดนั้นเช่นกัน

ตัวแปรการวิเคราะห์ด้านการจราจรในระดับมหาภาค (macroscopic parameters) ได้แก่ ปริมาณจราจร อัตราการไหล ความเร็ว และความหนาแน่น ส่วนระดับจุลภาค (microscopic parameters) ได้แก่ ความเร็วของยวดยานแต่ละคัน ระยะห่าง และช่วงห่าง [1]

2.2 *ความจุของช่องจราจร*

เป็นจำนวนยวดยานที่แล่นผ่านทางแยกช่วงที่ได้รับสัญญาณไฟเขียวทางแยกที่มีปริมาณการจราจรต่ำอาจไม่มีสัญญาณไฟจราจรควบคุม ซึ่งอาจมีป้ายบังคับในทางสายรอง โดยให้ทางสายเอกมีโอกาสได้ไปก่อน สำหรับช่องจราจรกว้าง 3.66 เมตร AASHTO กำหนดความจุของทาง 2,000 คันต่อชั่วโมงต่อช่องการจราจร ที่ความเร็ว 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร ไม่มีรถเลี้ยวและไม่มีคนเดินข้ามถนนขัดจังหวะ ค่าเฉลี่ยของรถแต่ละคันที่ผ่านทางแยกเมื่อไฟเขียวประมาณ 2.10 วินาทีต่อคัน ที่ความเร็ว 15-25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะได้ความจุเฉลี่ยของทางแยกประมาณ 1,700 คันต่อช่วงไฟเขียว 1 ชั่วโมง องค์ประกอบที่ทำให้ความจุของทางแยกลดลง เช่น ความกว้างของช่องจราจร อัตราส่วนระหว่างช่วงจังหวะไฟเขียวที่มีรถแล่นผ่านตลอดเวลาในช่วงไฟเขียว (saturation flow) กับจำนวนครั้งของไฟเขียว ปริมาณรถที่เลี้ยวตรงทางแยก รวมถึงปริมาณของรถบรรทุกและรถโดยสารที่มีอยู่ในกระแสการจราจรที่ไหลเข้ามาในทิศทางทั้งหมด

2.3 *การควบคุมจราจร [2]*

ระบบการจราจรต้องมีวิธีการและมาตรการที่เหมาะสม เพื่อช่วยให้การเคลื่อนที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว และคล่องตัว ปัญหาการจราจรติดขัดก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมาก วิศวกรการจราจรทราบดีว่าสาเหตุหลักเกิดจากปริมาณยวดยานเกินความจุหรือเกินความสามารถที่ถนนรับได้ การแก้ปัญหาแบบง่ายแต่ทำได้ยาก คือ การตัดขยายถนนให้เพียงพอกับจำนวนรถ สาเหตุรอง คือ การฝ่าฝืนกฎของผู้ขับขี่บางคน การแก้ปัญหาสาเหตุนี้จำเป็นที่เจ้าหน้าที่ผู้รักษากฎหมายต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด และปลูกฝังเยาวชนให้คำนึงถึงความมีระเบียบวินัย ซึ่งต้องใช้เวลายาวนาน [2]

ป้ายจราจรมีเพื่อให้การจราจรมีระเบียบ ปลอดภัย และให้ข้อมูลต่าง ๆ มี 3 ประเภท ได้แก่ ป้ายบังคับ (regulatory signs) ป้ายเตือน (warning signs) และป้ายแนะนำ (guide signs) เครื่องหมายจราจรเป็นเครื่องหมายบนผิวจราจรหรือขอบทาง ใช้สำหรับควบคุมการจราจรให้มีความคล่องตัวและมีความปลอดภัย แบ่งได้ 5 ประเภท คือ เส้นเครื่องหมายบนผิวจราจรตามความยาวและตามขวาง เส้นเครื่องหมายบนขอบทาง เครื่องหมายสัญลักษณ์หรือตัวอักษรบนผิวจราจร และเครื่องหมายนำทาง

สัญญาณไฟจราจรมีหน้าที่บังคับให้ยวดยานเคลื่อนที่ไปอย่างเป็นระเบียบ ลดอุบัติเหตุจากการชนกัน ความเร็วของการเคลื่อนที่สม่ำเสมอ รถทางโทและคนเดินข้ามมีโอกาสเดินผ่านทางแยกโดยไม่เสี่ยงต่ออุบัติเหตุ การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรจะต้องเลือกพิจารณาสถานที่และปริมาณการจราจรอย่างเหมาะสม การพิจารณาปริมาณการจราจรทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจรต้องมีปริมาณตามตารางที่ 1 ทางแยกที่มีปริมาณการจราจรทางเอกสูงและช่องว่างระหว่างรถแต่ละคันสั้นปิดโอกาสคนเดินเท้าและรถทางโทผ่าน จะทำให้เกิดความล่าช้าในการรอรถทางเอกว่างนานอาจจะเกิดอุบัติเหตุสูงขึ้น ตารางที่ 2 แสดงปริมาณยวดยานต่ำที่สุดที่พิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ปริมาณคนข้ามถนนและปริมาณยวดยานต้องไม่น้อยกว่าในตารางที่ 3 ช่วงเวลารอบสัญญาณไฟจราจร (cycle length) ทั่วไปประมาณ 30-120 วินาที ช่วงเวลาที่สั้นจะช่วยลดเวลาการติดขัดในบริเวณทางแยกที่มีรถน้อย

การกำหนดเวลารอบสัญญาณไฟแบ่งได้ 3 ประเภท ได้แก่ เวลาคงที่ (pre-time traffic signal) เวลาเปลี่ยนแปลงตามปริมาณการจราจร (traffic actuated signal) และเซมิเอคทิวเอท (semi-traffic actuate signal)

2.4 *วงเวียน*

วงเวียนเป็นประเภททางแยกวงกลมที่กระแสจราจรเคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบเกาะกลาง รถเข้าสู่กระแสจราจรจะให้ทางแก่รถในวงเวียนก่อนเสมอ ความปลอดภัยของวงเวียน 1 ช่องจราจร มีจำนวนจุดขัดแย้งน้อยกว่าทางแยกปกติ ทำให้มีความปลอดภัยต่อผู้ผ่านสูงกว่าดังแสดงในรูปที่ 1 นอกจากนี้รถในวงเวียนเคลื่อนตัวไปในทิศทางเดียวกันอย่างหลวม ๆ ทำให้การขัดแย้งของกระแสจราจรน้อยและลดความเร็วได้ดังแสดงในรูปที่ 2 ช่วยลดความรุนแรงของอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้น การไหลคำนวณได้จากผลรวมของปริมาณจราจรที่เข้าสู่วงเวียนต่อปริมาณจราจรทั้งหมดทุกช่องทางทั้งขาเข้าและออก วงเวียนขนาดกลาง 1 ช่องจราจร สามารถรองรับปริมาณจราจรได้ 27,000 คันต่อวัน ความจุของทางแยกประเภทต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 1 ปริมาณการจราจรต่ำสุดที่จะมีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร [2]

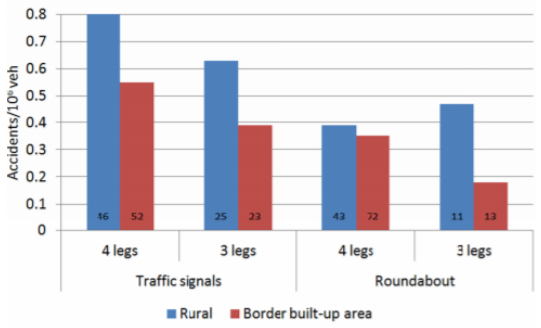
จำนวนช่องจราจร (ทิศทางเดียว)		ปริมาณจราจรบนทางเอก (สองทิศทาง, คันต่อชั่วโมง)		ปริมาณจราจรบนทางโท (ทิศทางเดียว, คันต่อชั่วโมง)	
ทางเอก	ทางโท	ในเมือง	นอกเมือง	ในเมือง	นอกเมือง
1	1	500	350	150	105
≥ 2	1	600	420	150	105
≥ 2	≥ 2	600	420	200	140
1	≥ 2	500	350	200	140

ตารางที่ 2 ปริมาณยวดยานต่ำที่สุดของทางโทในบริเวณทางแยกที่มีการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องในทางเอก (ติดต่อกัน ≥ 8 ชม./วัน) [2]

จำนวนช่องจราจร (ทิศทางเดียว)		ปริมาณจราจรบนทางเอก (สองทิศทาง, คันต่อชั่วโมง)		ปริมาณจราจรบนทางโท (ทิศทางเดียว, คันต่อชั่วโมง)	
ทางเอก	ทางโท	ในเมือง	นอกเมือง	ในเมือง	นอกเมือง
1	1	750	525	75	53
≥ 2	1	900	630	75	53
≥ 2	≥ 2	900	630	100	70
1	≥ 2	750	525	100	70

ตารางที่ 3 ปริมาณต่ำที่สุดของคนข้ามถนน [2]

ปริมาณจราจรบนทางเอกสองทิศทาง (คันต่อชั่วโมง)		ปริมาณคนข้ามถนนในชั่วโมงสูงสุด (คนต่อชั่วโมง)
มีเกาะกลาง	ไม่มีเกาะกลาง	
1,000	600	150



รูปที่ 1 เปรียบเทียบจำนวนจุดขัดแย้งระหว่างสี่แยกกับวงเวียน [3]

ตารางที่ 4 ความจุของทางแยกประเภทต่าง ๆ (คันต่อวัน) [3]

ประเภททางเวียน/ทางแยก	ในเขตเมือง	นอกเขตเมือง
วงเวียนขนาดเล็ก	8,000–20,000	-
วงเวียนขนาดกลาง	20,000–30,000	15,000–25,000
วงเวียนขนาดกลางสองช่องจราจรที่มีพื้นที่ขยายวงเลี้ยว	25,000–33,000	20,000–32,000
วงเวียนหลายช่องจราจร มีช่องจราจรสำหรับขาเข้า และขาออกวงเวียน 2 ช่อง	35,000 – 40,000	
ทางแยกที่ช่องจราจรเลี้ยวซ้ายผ่านตลอด	15,000 – 18,000	
สี่แยกสัญญาณไฟจราจร	35,000 – 40,000	

2.5 *การสำรวจข้อมูลจราจร*

การศึกษาสภาพการจราจรมีขั้นตอนได้แก่ การสำรวจข้อมูล (data collection) การจัดเก็บข้อมูล (data reduction) และการวิเคราะห์ข้อมูล (data analysis) ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการศึกษาสภาพการจราจรได้แก่ ปริมาณจราจร ความเร็ว เวลาในการเดินทาง และความล่าช้า [1]

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างเป็นประชากรบางส่วนที่ถูกเลือกมา กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนมาก และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่จะทำให้ความคลาดเคลื่อนน้อย เพราะกลุ่มตัวอย่างใหญ่จะให้ข้อมูลที่มีความเที่ยงตรงมาก [4] กำหนดกลุ่มตัวอย่างมี 2 วิธี ได้แก่

วิธีที่ 1 การใช้สูตรคำนวณ (Taro Yamane) แสดงในสมการที่ 1

$$n=\frac{N}{1+Ne^2} \quad (1)$$

เมื่อ n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ
N = ขนาดของประชากร
e = ความคลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่างที่ยอมได้

วิธีที่ 2 การใช้ตารางสำเร็จรูป (Taro Yamane)

2.6 *โปรแกรมแบบจำลองและการปรับเทียบแบบจำลอง*

โปรแกรมแบบจำลอง AnyLogic เป็นเครื่องมือสร้างแบบจำลองแบบ Multimethod พัฒนาโดยบริษัท AnyLogic ซึ่งสร้างโมเดลแบบ Agent-Based, Discrete Event, and System Dynamics Simulation สามารถจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคที่มีความถูกต้องแม่นยำสูง และได้รับการยอมรับใช้งานกันอย่างแพร่หลาย

วัตถุประสงค์สำหรับการปรับเทียบแบบจำลอง (ระดับจุลภาค) เพื่อให้ผลลัพธ์จากการพัฒนาแบบจำลองมีความสอดคล้องกับขอมมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามมากที่สุด [4]

2.6.1 ผลรวมของการวัดที่พอดี [4]

ประเมินผลด้วย Mean Absolute Error, MAE ซึ่งเป็นการหาค่าเฉลี่ยของความแตกต่างสัมบูรณ์ ระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการสำรวจจริง ค่า MAE ยิ่ง น้อยแสดงว่าแบบจำลองสอดคล้องกับข้อมูลการสำรวจภาคสนามมาก สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2

$$MAE=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}|O_i-E_i| \quad (2)$$

โดย O_i คือ ค่าที่ได้จากการสำรวจจริง
E_i คือ ค่าที่ได้จากแบบจำลอง
N คือ จำนวนที่ได้จากการสำรวจจริง

2.6.2 ค่าทางสถิติ GEH *[4]*

เป็นค่าที่ใช้ปรับเทียบปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจพื้นที่จริงกับการสร้างแบบจำลองใน 1 ชั่วโมงเท่านั้น สามารถคำนวณได้ตามสมการ 3

$$GEH=\sqrt{\frac{2\times(Simulated-Observed)^2}{(Simulated+Observed)}} \quad (3)$$

โดย Simulated คือ ค่าที่ได้จากแบบจำลอง
Observed คือ ค่าที่ได้จากการสำรวจจริง

1) ค่า GEH < 5.0 หมายถึง ผลการตรวจสอบขอมูลปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองสอดคลองเป็นอย่างดีกับผลการสำรวจภาคสนาม

2) ค่า 5 < GEH < 10 หมายถึง ผลการตรวจสอบขอมูลปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองสอดคลองกับผลการสำรวจภาคสนามดี แต่จำเป็นตองทำการตรวจสอบขอมูลปริมาณการจราจรใหม่อีกครั้ง

3) ค่า GEH > 10.0 หมายถึง ผลการตรวจสอบขอมูลปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองไม่สอดคลองกับการสำรวจจริงในภาคสนาม

2.7 *งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง*

ในปี พ.ศ. 2547 วรศักดิ์ วงษ์รอด [5] ได้ศึกษารูปแบบทางแยกต่างระดับที่เหมาะสมกรณีศึกษาสี่แยกคลองหวะ โดยพิจารณาประเภท รูปแบบ ข้อดีและข้อเสียของทางแยกรูปแบบต่าง ๆ วิเคราะห์ความเหมาะสมของแต่ละรูปแบบ และการให้บริการทางด้านจราจร เพื่อหาวิธีและเสนอแนวทางการปรับปรุงที่เหมาะสม พบว่าทางแยกดังกล่าวควรออกแบบก่อสร้างเป็นทางแยกต่างระดับประเภทมีทางลาดเชื่อมจากเดิมเป็นสี่แยกมีสัญญาณไฟ ต่อมาในปี พ.ศ. 2553 นันทวัน เสนชู และคณะ [6] ได้ศึกษาวิเคราะห์รูปแบบทางแยกต่างระดับที่เหมาะสมในชุมชนเมือง กรณีศึกษา:แยกแคราย โดยเปรียบเทียบ 5 รูปแบบ คือ ทางลอดและสะพานยกระดับข้ามทางแยกตามแนวถนนติวานนท์ สะพานยกระดับจากถนนติวานนท์เลี้ยวขวาเข้าถนนงามวงศ์วาน ขยายความกว้างสะพานข้ามทางแยกเดิมข้างละ 1 ช่องจราจร ตามแนวถนนรัตนาธิเบศร์และถนนงามวงศ์วาน และสะพานยกระดับคร่อมสะพานข้ามทางแยกเดิมตามแนวถนนรัตนาธิเบศร์และถนนงามวงศ์วาน พบว่ารูปแบบที่ 5 มีความล่าช้าเฉลี่ยบริเวณทางแยก 33.5 วินาทีต่อคัน ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีความเหมาะสมในการแก้ไขปัญหาการจราจรแครายได้ดีที่สุด ลดความล่าช้า ค่าใช้จ่าย และลดอุบัติเหตุได้มากที่สุด

ปี ค.ศ. 2012 Gross และคณะ [7] ศึกษาประสิทธิภาพความปลอดภัยของการเปลี่ยนทางแยกที่มีสัญญาณไฟเป็นวงเวียน พบว่าความปลอดภัยของการเปลี่ยนมีประสิทธิภาพกับทางที่มีขนาดเล็ก ส่วนทางที่มีขนาดใหญ่กระแสการจราจรที่ผ่านทางแยกไม่สม่ำเสมอ ต่อมา วิชญะ ส่องแสง และคณะ [8] วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของถนนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ เมื่อ พ.ศ. 2555 พบว่าถนนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่เป็นถนนประเภทหลายช่องจราจร (multilane) ที่มีจำนวนช่องจราจร 4 ช่องจราจร ช่วงความเร็วอิสระเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 50-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถนนส่วนใหญ่ไม่มีเกาะกลาง จำนวนจุดเชื่อมทาง (access point) อยู่ระหว่าง 4-6 จุด ความกว้างช่องจราจร 3 เมตร ความกว้างไหล่ทางเฉลี่ย 1.0-1.5 เมตร ต่อมาในปี ค.ศ. 2013 Ma W. และคณะ [9] ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพโดยบูรณาการกับเครื่องหมายบนช่องทางจราจร และการกำหนดเวลาสำหรับวงเวียนที่มีสัญญาณไฟจราจร พิจารณาความปลอดภัยระหว่างทางแยกและวงเวียน พบว่าวงเวียนที่มีสัญญาณไฟมีการเกิดอุบัติเหตุลดลง ช่วยลดปัญหาการเสียชีวิตและการบาดเจ็บได้เป็นจำนวนมาก

หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2558 ชัยวัฒน์ ใหญ่บก [5] มีการปรับปรุงการจราจรบริเวณสี่ทางแยกบนถนนกาญจนาวณิชย์ในเมืองหาดใหญ่ โดย

วิธีการสร้างแบบจำลองจราจรระดับจุลภาคของเส้นทางศึกษาและเสนอมาตรการจัดการแก้ไขปัญหาการจราจรที่เหมาะสม โดยใช้แบบจำลองสภาพการจราจรที่พัฒนาขึ้นจากโปรแกรม VISSIM แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การวิเคราะห์แบบทางแยกเดี่ยวและแบบชุดทางแยก ประเมินจากความยาวแถวคอย ความล่าช้า และเวลาในการเดินทาง แบบแรกเป็นการทดสอบหามาตรการจัดการจราจรที่เหมาะสมของทางแยกทั้งสี่ทางแยกแบบอิสระต่อกัน และแบบที่สองเป็นการวิเคราะห์ผลกระทบจากมาตรการจัดการจราจรของแต่ละทางแยกที่ส่งผลกระทบต่อทางแยกอื่น ๆ บนเส้นทางศึกษา พบว่าการรวมทุกมาตรการประกอบด้วย การห้ามจอดบริเวณทางแยก การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ และการปรับปรุงทิศทางกระแสการจราจรเป็นมาตรการที่มีความเหมาะสมที่สุด สามารถลดค่าของตัวชี้วัดทั้ง 3 ลงได้ นอกจากนี้การวิเคราะห์มาตรการแบบชุดทางแยกยังสามารถช่วยให้ผู้วางแผนทราบถึงผลกระทบทั้งด้านบวกและลบ จากการดำเนินมาตรการได้ดีกว่าการวิเคราะห์แบบทางเดี่ยว ในปี ค.ศ. 2015 Candappaa และคณะ [10] ออกแบบทางแยกที่มุ่งเน้นระบบที่ปลอดภัย โดยศึกษาปัญหาจุดตัดที่เกิดขึ้นบริเวณทางแยก เพื่อหาความแตกต่างระหว่างคุณสมบัติการออกแบบทางแยกที่มีอยู่กับวัตถุประสงค์ด้านระบบความปลอดภัย รวมทั้ง เสนอแนวคิดตัวเลือกในการออกแบบที่เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ และความเร็วขณะตัดกันของกระแสการจราจร โดยเลือกทางแยกใน Victoria ประเทศออสเตรเลีย ผลการศึกษาพบว่าการประเมินภาพรวมเกี่ยวกับปัจจัย การออกแบบในกรณีที่เกิดการบาดเจ็บจากการชนกัน เช่น การชนจากความเร็วและการชนแบบมุมอาจเกิดขึ้น และในปี ค.ศ. 2013 มีการศึกษาและตรวจสอบปัญหาการกำหนดแนวทางการควบคุมสัญญาณไฟจราจร เพื่อกำหนดแนวทางการไหลที่ต่อเนื่องของการจราจรในการจัดการการจราจรในกรณีการอพยพบริเวณสัญญาณไฟจราจร เพื่อลดการติดขัดบริเวณทางแยก โดย Yuan, Liu, and Yu [11] ผลการศึกษาพบว่าการกระจายของการจราจรที่ดีที่สุดของการไหลที่ต่อเนื่องที่ทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจรให้เวลาการอพยพน้อยที่สุด โดยทางแยกที่ใช้เป็นกรณีศึกษามีแนวโน้มที่ดีขึ้นในการจำลองที่ต่อเนื่องและไม่มีการขัดจังหวะของการอพยพไปยังเส้นทางอพยพได้อย่างรวดเร็ว ขณะที่สัญญาณมีแนวโนมที่ทำให้เกิดผลกระทบที่เพิ่มขึ้น การลดปริมาณการเคลื่อนที่ของการอพยพไปยังปลายทางจะช่วยลดเวลาในการอพยพ ซึ่งการกระจายตัวที่เหมาะสมของการไหลที่ต่อเนื่องร่วมกับการจัดการทางแยกสัญญาณไฟจราจรมีความสำคัญมากภายใต้สถานการณ์ฉุกเฉิน

3. วิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสรุปได้ดังนี้

3.1 *เลือกพื้นที่กรณีศึกษา และศึกษาสภาพทางกายภาพของพื้นที่ปัจจุบัน*

การคัดเลือกทางแยกที่ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา มีปัจจัยที่ใช้ ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพของทางแยก ปริมาณการจราจร ความเร็ว และเวลาการเดินทางของยวดยาน บนถนนสายหลักและถนนสายรอง ดังต่อไปนี้

3.1.1 ลักษณะทางกายภาพของทางแยก

การเก็บข้อมูลประกอบด้วย ความกว้างของถนนและของช่องจราจร จำนวนช่องจราจร ลักษณะทั่วไปของทางแยก ขนาดเกาะกลาง และการสังเกตพื้นที่โดยรอบว่าสามารถขยายหรือปรับปรุงรูปแบบทางแยก ที่มีอยู่เดิมให้เป็นรูปแบบอื่น ๆ เพิ่มเติมได้ ได้แก่ สิ่งปลูกสร้างใกล้บริเวณทางแยก ลักษณะทั่วไปของทางแยก และพื้นที่ที่ทางกรมทางหลวงกำหนดขอบเขตไว้

3.1.2 ข้อมูลปริมาณการจราจร

กลุ่มตัวอย่างใช้สมการของทาโรยามาเน่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในการเก็บความเร็ว ข้อมูลปริมาณการจราจรสำรวจในวันปกติ ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าเวลา 6:30-9:30 น. และเย็นเวลา 16:00-19:00 น. แยกยวดยาน 5 ประเภท ได้แก่ รถจักยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล รถบรรทุก 6 ล้อ รถบรรทุกมากกว่า 6 ล้อ และรถโดยสาร

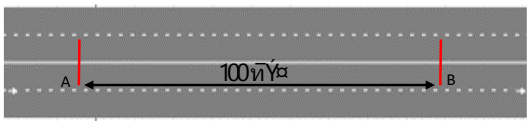
ข้อมูลความเร็วเก็บบนทางสายหลักและสายรอง มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดจุด 2 จุด โดยที่จุดที่กำหนดอยู่ห่างจากทางโค้งหรือทางแยก

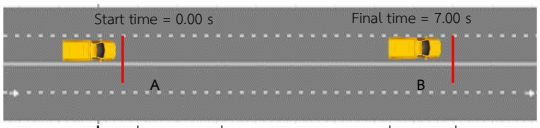
2. กำหนดระยะทางระหว่างจุด 2 จุด ดังแสดง ในรูป 2 การศึกษานี้เลือกระยะทาง 100 เมตร

3. ตั้งเวลาให้ตรงกันทั้งสองจุด เริ่มนับจากกันชนหน้าของยวดยานที่จุด A บันทึกเวลา และเมื่อยวดยานคันเดียวกันเดินทางมาถึงจุด B บันทึกเวลาดังรูปที่ 3 และหาเวลาการเดินทางของยานพาหนะแต่ละคัน

4. นับจำนวนยวดยานตามที่ได้กล่าวมาในข้อ 3 จนจำนวนยวดยานครบตามที่กำหนดไว้



รูปที่ 2 การกำหนดจุดการเดินทางของยวดยาน



รูปที่ 3 เริ่มจับเวลาที่จุด A และหยุดเวลาเมื่อถึงจุดที่ B

3.2 *การสร้างสถานการณ์การจำลองรูปแบบทางแยก*

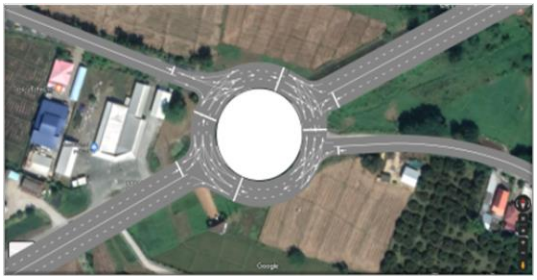
การสร้างแบบจำลองรูปแบบของทางแยกที่แตกต่างกันได้กำหนดปริมาณจราจรในแต่ละรูปแบบของทางแยก 4 ปริมาณ ได้แก่ ปริมาณจราจรปีปัจจุบัน ปริมาณจราจรที่ยวดยานเพิ่มขึ้น 15% 30% และ 50% และคัดเลือกรูปแบบทางแยกกรณีศึกษาทั้งหมด 5 รูปแบบ รวมรูปแบบการประมวลผลทั้งหมด 20 รูปแบบ ประกอบด้วย

รูปแบบที่ 1 ทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร ดังแสดงในรูปที่ 4
รูปแบบที่ 2 ทางแยกมีสัญญาณไฟจราจร ดังแสดงในรูปที่ 4
รูปแบบที่ 3 วงเวียนทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 5
รูปแบบที่ 4 วงเวียนที่มีทางเบี่ยงซ้าย ดังแสดงในรูปที่ 6
รูปแบบที่ 5 การบังคับเลี้ยว ดังแสดงในรูปที่ 7

3.3 *การปรับเทียบแบบจำลอง*

การปรับเทียบแบบจำลองจะได้ตัวแปรปริมาณการจราจร ความเร็วของและเวลาการเดินทาง โดยปริมาณการจราจรจะใช้ค่า GEH ที่มีค่าไม่เกิน 5 ส่วนความเร็ว และเวลาการเดินทางจะใช้ MAE ซึ่งกำหนดความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5% เมื่อเทียบกับผลการจำลองกับข้อมูลการสำรวจจากภาคสนาม

รูปที่ 4 ทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจรและทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร



รูปที่ 5 วงเวียนทั่วไป

รูปที่ 6 วงเวียนมีทางเบี่ยงซ้าย

รูปที่ 7 การบังคับเลี้ยว

4. ผลการศึกษา

การศึกษาสภาพการจราจรบนทางแยกถนนหมายเลข 1317 ช่วง กม. 16 ถึง กม. 17 ต.แช่ช้าง อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่ ได้ผลการศึกษาและรวบรวมข้อมูลสำหรับการใช้พัฒนาแบบจำลองได้ดังต่อไปนี้

4.1 *ผลการศึกษาข้อมูลด้านกายภาพของพื้นที่ศึกษา*

การศึกษาข้อมูลทั่วไปและลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก พบว่าทางแยกมีจำนวนช่องจราจรในทางสายหลัก 4 ช่องจราจร และทางสายรอง 2 ช่องจราจร ความกว้างของช่องจราจรของทางสายหลักเท่ากับ 3.5 เมตร และทางสายรอง 3.5 เมตร สิ่งปลูกสร้างบริเวณทางแยกมี เกาะบังคับเลี้ยวบริเวณทางแยกจำนวน 4 เกาะ (ทุกมุมของทางแยก)

4.2 *สัดส่วนของยวดยาน*

จากการการสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจรทั้งหมดของยวดยานบนเส้นทางการเดินรถเข้าสู่ทางแยกที่สำรวจแล้วทำการจำแนกยวดยานออกเป็น 5 ประเภทดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สัดส่วนยวดยานที่เก็บข้อมูล

ประเภทของยวดยาน	สัดส่วนยวดยาน (%)
รถจักยานยนต์	33.80
รถยนต์ส่วนบุคคล	63.62
รถบรรทุก	2.01
รถบรรทุกพ่วง	0.42
รถโดยสาร	0.15

4.3 *จำนวนรถจดทะเบียนใหม่ระหว่างปี 2560-2564 ของจังหวัดเชียงใหม่*

จำนวนรถจดทะเบียนใหม่ตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ และการขนส่งทางบก ปี พ.ศ. 2560-2564 ในจังหวัดเชียงใหม่ แสดงดังตารางที่ 6

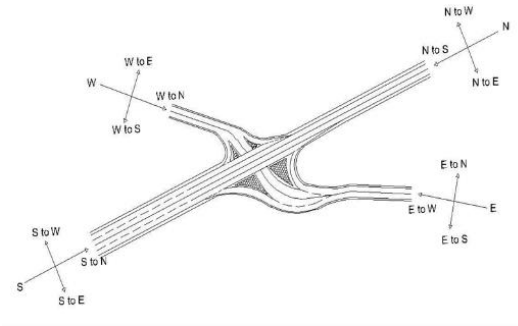
ตารางที่ 6 จำนวนรถจดทะเบียนใหม่ในปี พ.ศ.2557-2561 ในจังหวัดเชียงใหม่

ปี พ.ศ.	จำนวนรถ (ตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์)	ร้อยละเพิ่มขึ้นจากปีก่อนหน้า
2559	83,584	3.75
2560	87,194	4.32
2561	89,111	2.20
2562	86,423	-3.02
2563	77,805*	-9.97
2564	74,510*	-4.23

* ช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19)

4.4 *ปริมาณการจราจร*

ผลการศึกษาปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกกรณีศึกษา กำหนดทิศทางที่ยวดยานที่มุ่งสู่ทางแยกดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 การกำหนดทิศทางการจราจรที่เข้าสู่ทางแยก

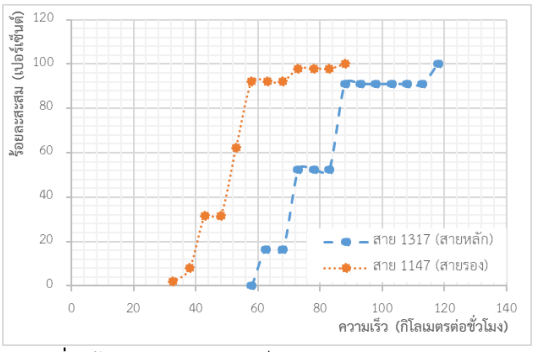
ปริมาณการจราจรชั่วโมงสูงสุดของวัน อยู่ในช่วงเช้าเวลา 7:30-8:30 น. และรถบรรทุกมากกว่า 6 ล้อ และรถโดยสารมีปริมาณน้อยมาก หรือไม่มีเลยในชั่วโมงเร่งด่วน ดังนั้นตารางข้อมูลจึงถูกตัดออก ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ปริมาณการจราจรที่เข้าสู่ทางแยกสูงสุด 1 ชั่วโมงของวันปกติ (เวลา 7:30-8:30 น.)

ทิศทาง	รถจักยานยนต์	รถยนต์ส่วนบุคคล	รถบรรทุก 6 ล้อ
N to S	96	205	13
N to W	18	33	2
N to E	5	13	1
S to N	45	192	3
S to E	46	65	0
S to W	8	11	2
W to E	39	45	1
W to N	35	49	1
W to S	4	14	3
E to W	73	53	0
E to N	3	11	1
E to S	68	82	0
รวม	440	773	27

4.5 *ความเร็วของยวดยาน*

การสำรวจความเร็วของยวดยานแบ่งเป็น 2 สาย คือ ถนนสายหลักหมายเลข 1317 และถนนสายรองเป็นถนนหมายเลข 1147 ข้อมูลการสำรวจความเร็วดังแสดงในรูปที่ 9 และค่าทางสถิติดังแสดงในตารางที่ 8



รูปที่ 9 ร้อยละสะสมกับความเร็วของทางสายหลักและสายรอง

ตารางที่ 8 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเฉลี่ยความเร็วของยวดยาน

ประเภทถนน	ความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
สายหลัก	81.00	16.41
สายรอง	53.24	10.15

4.6 *อัตราการไหลบริเวณทางแยก*

อัตราการไหลแต่ละทิศทางชั่วโมงเร่งด่วนชั่วโมงสูงสุด ในหน่วย PCE (คัน) แสดงในตารางที่ 9 และได้ค่าอัตราการไหลเฉลี่ยของทางแยกเท่ากับ 1,244 คันต่อชั่วโมง

ตารางที่ 9 อัตราการไหลของยวดยานเทียบเท่าในหน่วย PCE

ทิศทางมุ่งจาก	อัตราการไหลของยวดยานเทียบเท่า PCE (คันต่อชั่วโมง)
N	408
S	372
E	264
W	200
รวม	1,244

4.7 *ผลการปรับเทียบแบบจำลอง*

การปรับเทียบความเร็วใช้ค่าทางสถิติ MAE เพื่อตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อน และเนื่องจากเวลาการเดินทางมีค่าเท่ากับระยะทางที่สำรวจหารความเร็วของยวดยาน ดังนั้นการปรับเทียบจึงสามารถใช้ความเร็วแทนเวลาการเดินทาง เทียบกับข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม โดยค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับต้องไม่เกิน 5% หรือถูกต้อง 95% ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการปรับเทียบความเร็วเฉลี่ย

ประเภทถนน	ผลการสำรวจภาคสนาม (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ผลการจำลอง (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ค่า MAE
สายหลัก	81.00	78.00	3.85
สายรอง	53.24	51.50	3.38

การปรับเทียบจำนวนของยวดยานในแบบจำลองจะใช้ค่าทางสถิติ GEH ในการปรับเทียบปริมาณยวดยานที่เข้าสู่ระบบในช่วงระยะเวลา 1 ชั่วโมงเท่านั้น ผลการปรับเทียบแบบจำลองแสดงในตารางที่ 11 โดยค่า GEH ที่ยอมรับได้จะต้องไม่เกิน 5 จึงจะใช้พัฒนาแบบจำลองต่อไปได้

ตารางที่ 11 การปรับเทียบจำนวนยาพาหนะในแบบจำลอง

ทิศทางมุ่งจาก	ข้อมูลสำรวจภาคสนาม (คัน)	ข้อมูลจากแบบจำลอง (คัน)	ค่า GEH
N	408	414	3.33
S	372	372	0.00
E	264	264	1.50
W	200	196	2.20

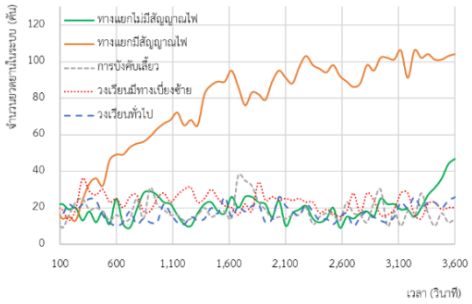
4.8 *ผลการศึกษาการเปรียบเทียบรูปแบบทางแยกที่ต่างกัน*

การศึกษาการเปรียบเทียบรูปแบบทางแยกที่ต่างกันโดยใช้ข้อมูลทางกายภาพและสำรวจทางด้านวิศวกรรมการจราจร ในการพิจารณาแบบจำลองเปรียบเทียบการจัดการทางแยกที่ต่างกัน 5 รูปแบบ และคาดการณ์การเพิ่มขึ้นของปริมาณการจราจร เพื่อพิจารณารูปแบบทางแยกที่เหมาะสมกับปริมาณจราจรปีปัจจุบัน รวมทั้งรูปแบบทางแยกที่สามารถรองรับกับจำนวนยวดยานที่เพิ่มขึ้นในอนาคต ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองแสดงในตารางที่ 12

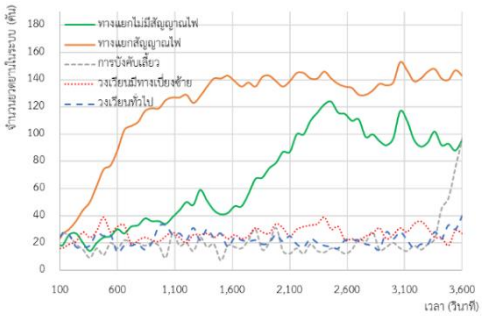
ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยผลการจำลองทางแยกรูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบทางแยกที่	จำนวนยวดยานค้างในระบบ (คัน/ชั่วโมง)	จำนวนยวดยานหยุดในระบบ (คัน/ชั่วโมง)	ความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	เวลาการเดินทางเฉลี่ย (วินาที)
ปริมาณจราจรปีปัจจุบัน				
1	1,184	45	53.06	53.64
2	4,513	85	27.28	225.13
3	1,025	47	47.97	50.11
4	1,343	25	53.3	63.39
5	1,060	83	42.04	48.34
ปริมาณจราจรเพิ่มขึ้น 15%				
1	4,008	93	32.93	165.67
2	7,133	143	23.76	328.72
3	1,326	79	45.06	55.41
4	1,576	18	52.17	67.2
5	1,256	76	41.59	47.88
ปริมาณจราจรเพิ่มขึ้น 30%				
1	5,318	153	30.8	197.74
2	8,585	225	17.32	393.79
3	3,190	141	37.74	103.31
4	1,459	41	42.89	51.97
5	7,680	99	31.8	79.02
ปริมาณจราจรเพิ่มขึ้น 50%				
1	6,851	181	23.58	269.52
2	9,107	172	16.41	385.03
3	4,617	219	34.72	131.93
4	2,274	104	38.34	86.16
5	8,766	186	25.49	137.98

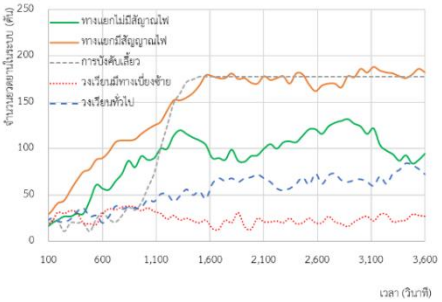
จากตารางที่ 12 พบว่ายวดยานที่คงค้างในระบบของปริมาณจราจรปีปัจจุบัน เพิ่มขึ้นทุกระดับ รูปแบบทางแยกที่ 2 มีปริมาณยวดยานคงค้างในระบบการจราจรมากที่สุด ซึ่งส่งผลทำให้จำนวนยวดยานที่หยุดในระบบสูงมากตามด้วย รวมทั้งส่งผลให้ความเร็วเฉลี่ยของยวดยานในรูปแบบทางแยกดังกล่าวมีค่าต่ำสุดเมื่อพิจารณาเทียบกับรูปแบบทางแยกรูปแบบอื่น ๆ และยังส่งผลต่อเวลาการเดินทางเฉลี่ยของรูปแบบทางแยกที่ 2 สูงตามด้วย และรองลงมาคือทางแยกรูปแบบที่ 1



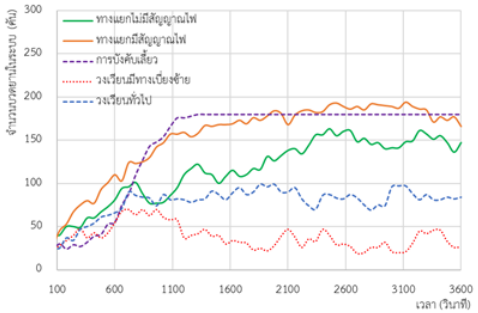
รูปที่ 10 จำนวนยวดยานที่ค้างในระบบกับเวลา ปีปัจจุบัน



รูปที่ 11 จำนวนยวดยานที่ค้างในระบบกับเวลา เมื่อยวดยานเพิ่มขึ้น 15%

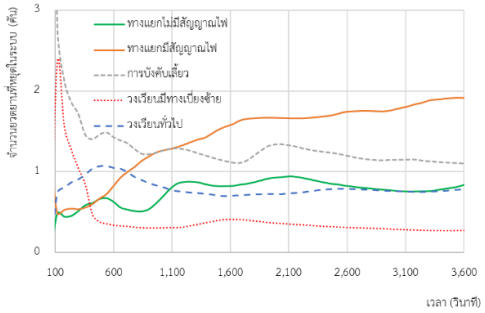


รูปที่ 12 จำนวนยวดยานที่ค้างในระบบกับเวลา เมื่อยวดยานเพิ่มขึ้น 30%

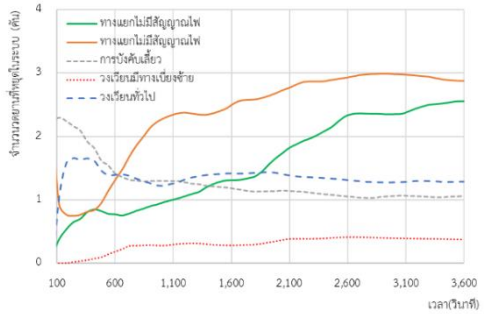


รูปที่ 13 จำนวนยวดยานที่ค้างในระบบกับเวลา เมื่อยวดยานเพิ่มขึ้น 50%

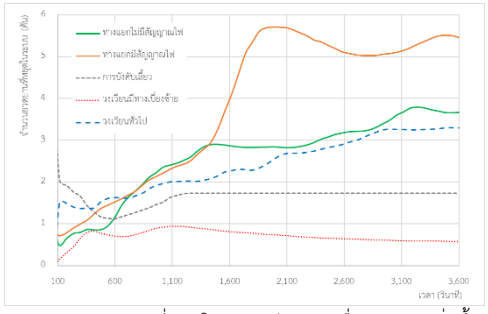
จากรูปที่ 10-17 จำนวนยานพาหนะที่คงค้างในระบบเฉลี่ยและจำนวนยวดยานที่หยุดในระบบเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลา แสดงให้เห็นว่ารูปแบบทางแยกที่ 2 ไม่มีความเหมาะสมในการจัดการทางแยกดังกล่าว แต่ในทางกลับกันรูปแบบทางแยกที่ให้ผลที่ดีที่สุดคือทางแยกรูปแบบที่ 4 และรูปแบบที่ 3 ในกรณีที่ปริมาณจราจรเพิ่มขึ้น 50% มีเพียงรูปแบบทางแยกที่ 4 ที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด



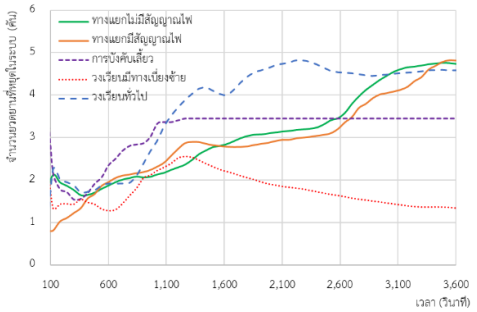
รูปที่ 14 จำนวนยวดยานที่หยุดในระบบกับเวลา ปีปัจจุบัน



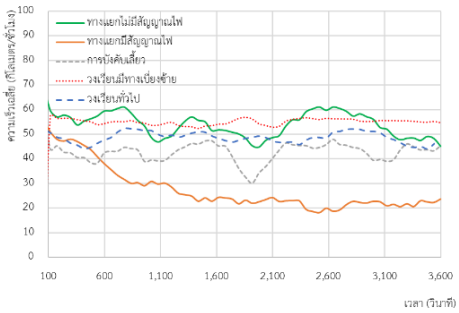
รูปที่ 15 จำนวนยวดยานที่หยุดในระบบกับเวลา เมื่อยวดยานเพิ่มขึ้น 15%



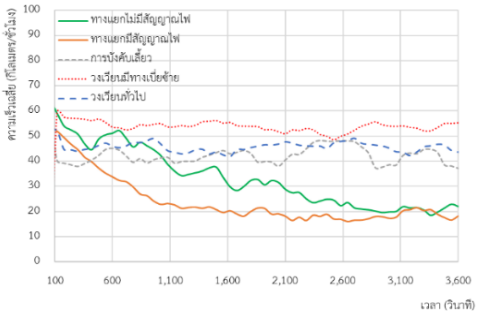
รูปที่ 16 จำนวนยวดยานที่หยุดในระบบกับเวลา เมื่อยวดยานเพิ่มขึ้น 30%



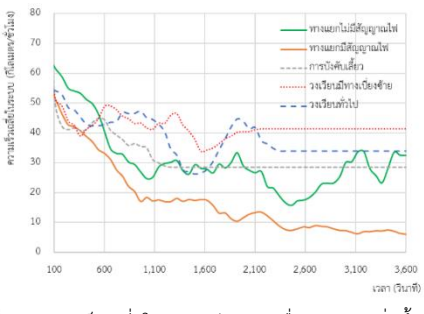
รูปที่ 17 จำนวนยวดยานที่หยุดในระบบกับเวลา เมื่อยวดยานเพิ่มขึ้น 50%



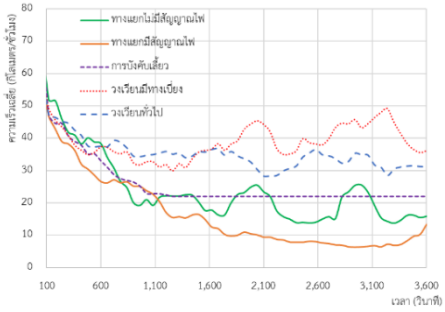
รูปที่ 18 ความเร็วเฉลี่ยในระบบกับเวลา ปีปัจจุบัน



รูปที่ 19 ความเร็วเฉลี่ยในระบบกับเวลา เมื่อยวดยานเพิ่มขึ้น 15%



รูปที่ 20 ความเร็วเฉลี่ยในระบบกับเวลา เมื่อยวดยานเพิ่มขึ้น 30%



รูปที่ 21 ความเร็วเฉลี่ยในระบบกับเวลา เมื่อยวดยานเพิ่มขึ้น 50%

จากรูปที่ 18-21 ค่าความเร็วเฉลี่ยของยวดยานในระบบที่ปริมาณจราจรต่าง ๆ ณ ช่วงเวลาใด ๆ แสดงให้เห็นว่ารูปแบบทางแยกที่มีจุดตัดกันของกระแสการจราจรมากจะส่งผลทำให้ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ยทั้งหมดของยวดยานในระบบมีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนยานพาหนะที่คงค้างในระบบและจำนวนยวดยานที่หยุดในระบบ และเช่นเดียวกันรูปแบบทางแยกที่ให้ค่าความเร็วของยวดยานในระบบเฉลี่ยสูงที่สุดคือรูปแบบที่ 4

จากการการเปรียบเทียบจำนวนยวดยานที่ออกจากระบบในแบบจำลองแต่ละรูปแบบ โดยเปรียบเทียบจากจำนวนยวดยานที่ออกจากระบบแต่ละรูปแบบของทางแยก ที่มีประสิทธิภาพการให้บริการที่เหมาะสมและสามารถรองรับกับปริมาณการจราจรที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และเพิ่มขึ้นในอนาคต การสร้างแบบจำลองสามารถแสดงให้เห็นในตารางที่ 13 ซึ่งที่ปริมาณจราจรสูงสุดรูปแบบที่สามารถระบายยวดยานได้ดีที่สุดคือรูปแบบที่ 4

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบจำนวนยวดยานที่ออกจากระบบ (คัน/ชั่วโมง)

ปริมาณจราจร (คัน/ชั่วโมง)	รูปแบบการจัดการทางแยกที่				
	1	2	3	4	5
ปีปัจจุบัน	1,224	1,012	1,223	1,213	1,262
15%	1,253	1,058	1,358	1,367	1,279
30%	1,380	1,062	1,488	1,639	710
50%	1,266	1,149	1,607	1,668	395

5. สรุป

การศึกษาการจัดการการจราจรที่มีรูปแบบทางแยกต่างกัน เพื่อหาประสิทธิภาพการรองรับปริมาณการจราจรที่เพิ่มขึ้นในอนาคต ลดความล่าช้าในการเดินทาง และลดการเกิดอุบัติเหตุ กรณีศึกษาบนถนนหมายเลข 1317 ต.แช่ช้าง อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่ ศึกษาปริมาณการจราจรในหน่วยรถยนต์ส่วนบุคคล ให้อัตราการไหลบริเวณทางแยกเฉลี่ยเท่ากับ 1,244 คันต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ยของยวดยานบนทางสายหลักและสายรองเท่ากับ 81.00 และ 53.24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

การศึกษารูปแบบการจัดการด้านการจราจรบริเวณทางแยกด้วยการสร้างแบบจำลองเสมือนจริงด้านการจราจรระดับจุลภาค ผ่านการปรับเทียบแบบจำลองใช้ตัวแปรชี้วัดความเร็วของยวดยานและจำนวนรถที่เข้าสู่ระบบโดยใช้ค่าทางสถิติ MEA น้อยกว่า 5% ค่าทางสถิติ GEH ไม่เกิน 5 เพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง โดยการศึกษาข้อมูลพื้นฐานประกอบการออกแบบทางแยกที่มีความเหมาะสมกับปริมาณการจราจรในปัจจุบัน และสามารถรองรับกับปริมาณการจราจรที่เพิ่มขึ้นในอนาคตของรูปแบบทางแยกแต่ละประเภท ผลการศึกษาทางแยกที่มีความเหมาะสมกับปริมาณการจราจรในปัจจุบัน และสามารถรองรับกับปริมาณการจราจรที่เพิ่มขึ้นในอนาคต จากการคัดเลือกรูปแบบทางแยก 5 รูปแบบ เพื่อรองรับกับปริมาณการจราจรที่คาดการณ์ไว้ พบว่าในทุกปริมาณการจราจรรูปแบบที่ 4 วงเวียนที่มีทางเบี่ยงซ้าย มีประสิทธิภาพในการให้บริการมากที่สุด และรูปแบบทางแยกที่มีประสิทธิภาพการให้บริการน้อยที่สุดคือรูปแบบที่ 2 ทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร สาเหตุหนึ่งอาจมีสาเหตุจากการถูกบังคับการเคลื่อนที่ด้วยสัญญาณไฟที่ทำให้หยุดและเคลื่อนที่เป็นจังหวะตามระยะเวลาของสัญญาณไฟที่ได้รับ และพบว่ารูปแบบที่ 4 มีจุดตัดของกระแสจราจรน้อยกว่าทางแยกรูปแบบอื่น ๆ ที่เลือกศึกษา ทำให้การไหลของการจราจรสม่ำเสมอ ลดความล่าช้าในการเดินทาง และลดความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุได้ เนื่องจากยวดยานที่อยู่ในวงเวียนใช้ความเร็วต่ำ รวมทั้งรูปแบบทางแยกที่มีจุดตัดของกระแสการจราจรน้อยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของทางแยกได้สูงขึ้น ทั้งนี้การพิจารณาแบบจำลองในเบื้องต้น พบว่าการเลือกรูปแบบทางแยกที่เหมาะสมกับปริมาณจราจร จำเป็นต้องพิจารณาขอบเขตของทางแยกที่สามารถแก้ไขได้ รวมถึงปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางแยกของถนนแต่ละเส้นทาง อีกครั้ง เพื่อการแก้ไขปัญญาการจราจรติดขัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และพัฒนาการศึกษาในอนาคตต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] สุรเมศวร พิริยะวัฒน์ (2551). *วิศวกรรมจราจร (Traffic Engineering*. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, หน้า 122-178

[2] จิรพัฒน์ โชติกไกร (2555). *วิศวกรรมการทาง*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[3] ชัยวัฒน ใหญ่บก (2558). *การปรับปรุงการจราจรบริเวณสี่ทางแยกบนถนนกาญจนวณิชยในเมืองหาดใหญ่*. ปริญญานิพนธวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร, ประเทศไทย

[4] ธนา น้อยเรือน (2560). *การประยุกต์ใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์การอพยพผู้โดยสารบริเวณสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินในประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยบูรพา, ประเทศไทย

[5] วรศักดิ์ วงษ์รอด (2547). *การศึกษารูปแบบทางแยกต่างระดับที่เหมาะสม กรณีศึกษา สี่แยกคลองหวะ*. วิทยานิพนธวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ประเทศไทย

[6] นันทวัน เสนชู, ชวเลข วณิชเวทิน และ อัศวิน กรรณสูต (2553). การศึกษาวิเคราะห์รูปแบบทางแยกต่างระดับที่เหมาะสมในชุมชนเมือง กรณีศึกษา: ทางแยกแคราย-ทางหลวงหมายเลข 302 ๖ถนนรัตราธิเบศร์) กับทางหลวงหมายเลข 306 (ถนนติวานนท์). *วิศวกรรมสาร มก*, ปีที่ 22, ฉบับที่ 70, หน้า 57-69.

[7] Gross, F., Lyon, C., Persaud, B., and Srinivasan R. (2013). Safety Effectiveness of converting signalized intersections to roundabouts. *Accident Analysis and Prevention*, 50, pp. 234–241

[8] วิชญะ ส่องแสง, พัชรพรรณ นันทวิสิทธิ์ และ ปรีดา พิชยาพันธ์ (2012). การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของถนนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่. *5st ATRANS SYMPOSIUM STUDENT SESSOIN*. BANGKOK, THAILAND, 24-25 AUGUST 2012, pp. 240-246.

[9] Ma, W., Liu, Y., Head, L., and Yang, X. (2013). Integrated optimization of lane markings and timings for signalized roundabouts. *Transportation Research Part C,* 36, pp. 307–323.

[10] Candappa, N., Logan, D., Nes, V.N., and Corben, B. (2015). An exploration of alternative intersection designs in the context of Safe System. *Accident Analysis and Prevention,* 74, pp. 314–323.

[11] Yuan Y., Liu Y., and Yu J. (2018). Trade-off between signal and cross-elimination strategies during evacuation traffic management. *Transportation Research Part C,* 97, pp. 385–408.