



**การศึกษาเพื่อปรับปรุงจุดอันตรายบริเวณกลุ่มทางแยกคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค**
**A study of Black Bpot Improvement at Intersections of Engineering Faculty,
Khon Kaen University by Applying Microscopic Traffic Simulation**

ศราวุธ คีรีวงศ์ (Sarawut Keereewong)^{1*} ดร.ธเนศ สติณนาม (Dr.Thaned Satiennam)**

ดร.วิชชุดา สติณนาม (Dr.Wichuda Satiennam)** ดร.นพดล กรประเสริฐ (Dr.Nopadon Kronprasert)***

(Received: March 21, 2018; Revised: June 24, 2018; Accepted: June 29, 2018)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอและประเมินมาตรการปรับปรุงกลุ่มทางแยกบริเวณลานจอดรถคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค การศึกษาสำรวจสภาพจราจรช่วงเร่งด่วนเช้า เพื่อใช้สอบเทียบแบบจำลอง และสำรวจสภาพจราจรช่วงเร่งด่วนเย็นเพื่อสอบทวนความถูกต้องของแบบจำลอง โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นผ่านการสอบเทียบและทวนสอบความถูกต้องตามเกณฑ์มาตรฐานสากล จากนั้น ประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อประเมินมาตรการต่างๆ ที่นำเสนอ ซึ่งประกอบด้วย 1) ปรับปรุงเป็นทางสี่แยกติดตั้งป้ายเตือน 2) ปรับปรุงเป็นสี่แยกสัญญาณไฟจราจร และ 3) ปรับปรุงเป็นวงเวียน ผลการประเมินประสิทธิภาพการให้บริการและความปลอดภัยของมาตรการ พบว่า มาตรการปรับปรุงเป็นวงเวียนเหมาะสมที่สุด โดยความยาวแถวคอยลดลง 50% ความล่าช้าเฉลี่ยลดลง 44% และจุดขัดแย้งลดลง 41% เมื่อเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบัน ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวเมื่อปริมาณจราจรเพิ่มขึ้นจากปัจจุบัน 30% พบว่ามาตรการปรับปรุงเป็นวงเวียนยังคงเหมาะสมที่สุด โดยความยาวแถวคอย ลดลง 24% ความล่าช้าลดลง 13% จุดขัดแย้งลดลง 51% เมื่อเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบัน

ABSTRACT

The objective of this study is to propose and evaluate the measures to improving a group of intersections around the parking area of Engineering Faculty, Khon Kaen University by applying the traffic simulation. The author surveyed traffic during morning peak hours for model calibration and surveyed traffic during evening peak hours for model validation. The developed model could pass the calibration and validation process according to the international criteria. Then, the author applied the developed model to evaluate the proposed measures, including 1) Improvement to four-leg intersection with warning signs 2) Improvement to four-leg signalized intersection and 3) Improvement to roundabout. The evaluation results revealed that the improvement to roundabout is the most appropriate measure: the queue length is decreased by 50%; the average delay is decreased by 44%, and the conflict point is decreased by 41% compared to the existing condition. The results of sensitivity analysis showed that the traffic is increased 30% the improvement to roundabout is still the most appropriate measure : the queue length is decreased by 24%, the average delay is decreased 13%, and the conflict point is decreased by 51% compared the the existing condition.

คำสำคัญ: การปรับปรุงจุดอันตราย จุดขัดแย้ง การจำลองสภาพจราจร

Keywords: Black spot improvements, Conflict point, Traffic simulation

¹Correspondent author: sarawut.kee@gmail.com

* นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*** อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

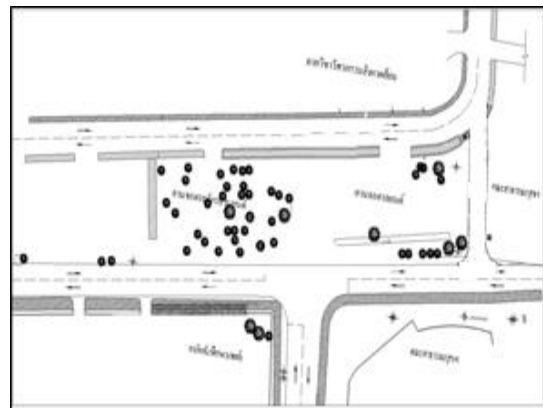
บทนำ

ปัจจุบันระบบการคมนาคมและการขนส่งของไทยกำลังประสบวิกฤตปัญหาการเกิดอุบัติเหตุจราจร (Road Traffic Accidents) อีกทั้งปัญหาการจราจรติดขัดในช่วงเวลาเร่งด่วน ซึ่งทั้งสองปัญหานี้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของผู้ใช้รถใช้ถนนเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในพื้นที่เขตการศึกษาที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปัญหาการจราจรติดขัดในช่วงเวลาเร่งด่วน เกิดความล่าช้าของการเดินทาง ส่งผลให้พฤติกรรมของผู้ขับขี่เกิดความเร่งรีบ และขับขี่ด้วยความเร็วสูง ส่งผลให้มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุเพิ่มมากขึ้นตามมา

รายงานสรุปสถิติการเกิดอุบัติเหตุ ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2553-2557 พบว่ามีจำนวนอุบัติเหตุเกิดขึ้นรวม 48 ครั้ง มีผู้บาดเจ็บ 29 ราย เสียชีวิต 2 ราย และอุบัติเหตุส่วนใหญ่เกิดขึ้นบริเวณทางแยกโดยสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุสูงสุด 3 อันดับแรกได้แก่ ขับรถชนกันหรือชนท้าย ร้อยละ 50.74 ขับรถเสียหลักเองร้อยละ 33.75 และ ขับด้วยความเร็วหรือประมาทร้อยละ 15.51 สถานที่ที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้งมากที่สุดเกิดขึ้นที่ วงเวียนหอพักชายที่ 16 อันดับที่ 2 คือ วงเวียนใหม่คณะมนุษยศาสตร์ฯ อันดับที่ 3 คือ ลีแยกติดตั้งสัญญาณไฟจราจรหน้าหอพักนานาชาติเชื่อมกับสนามซ้อมยิงปืน ซึ่งส่วนใหญ่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเร่งด่วน [1]

จากรายงานสรุปสถิติเกิดอุบัติเหตุฉบับดังกล่าวข้างต้น กลุ่มทางแยกบริเวณลานจอดรถคณะวิศวกรรมศาสตร์ติดกับคณะสาธารณสุขศาสตร์ มีลักษณะเป็นทางสามแยก 3 แห่ระยะห่างกันเพียง 65 เมตร มีจำนวนอุบัติเหตุเกิดขึ้น 8 ครั้ง และมีจุดขัดแย้งรวมกันทั้งหมด 27 จุด ภายในระยะเวลา 3 ปี [1] ซึ่งถือว่าเป็นจุดอันตรายแสดงดังภาพที่ 1

ทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ได้มีการเสนอให้การปรับปรุงทางแยกหลายแห่งในมหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อให้การเดินทางเกิดความปลอดภัยมากขึ้น แก้ปัญหาการเกิดอุบัติเหตุ ควบคู่กับการลดปัญหาการจราจรติดขัดในช่วงเวลาเร่งด่วน พร้อมทั้งทำการศึกษาแนวทางในการส่งเสริม กิจกรรมลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก [2] โดยในพื้นที่ศึกษาที่ผู้ทำวิจัยคัดเลือกมานั้น เป็นส่วนหนึ่งในทางแยกหลายแห่งที่จะมีโครงการเสนอให้ปรับปรุงทางแยกเดิมเป็นวงเวียน



ภาพที่ 1 (ซ้าย) ภาพถ่ายทางอากาศของพื้นที่ศึกษาในปัจจุบัน (ขวา) แปลนของพื้นที่ก่อนการเสนอมาตรการปรับปรุง



วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อเสนอและประเมินมาตรการแก้ไขจุดอันตรายของพื้นที่ศึกษา

วิธีการวิจัย

ขั้นตอนของวิธีการวิจัยในการศึกษานี้นำเสนอด้วยภาพที่ 2 ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลักดังนี้

1. การสำรวจเก็บข้อมูลของพื้นที่ศึกษา

1.1 การสำรวจข้อมูลลักษณะเรขาคณิตของพื้นที่ศึกษาใช้วิธีการสำรวจด้วยเทปวัดระยะทาง เช่น ความกว้างของช่องจราจร ขนาดความกว้างของไหล่ทาง รัศมีวงเลี้ยว เป็นต้น

1.2 การสำรวจข้อมูลใน 3 ช่วงเวลาประกอบด้วย 1) ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (Morning Peak) 8.30 น. – 09.30 น. 2) ช่วงเวลาไม่เร่งด่วนเที่ยง (Off Peak) 12.00 น.- 13.00 น. และ 3) ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (Evening Peak) 16.30 น. - 17.30 น.

1.3 การสำรวจข้อมูลปริมาณจราจรโดยใช้พนักงานเก็บข้อมูล (Manual counting methods) โดยจำแนกประเภทของยานพาหนะออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ 1) รถจักรยานยนต์ (Motor Cycle; MC) 2) รถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car; PC) 3) รถยนต์กระบะบรรทุก (Pick Up; PU) 4) รถบรรทุกหนัก (Truck; TR) และ 5) รถโดยสารประจำทาง (BUS)

1.4 การเก็บข้อมูลความเร็วแบบจุด (Spot Speed) แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

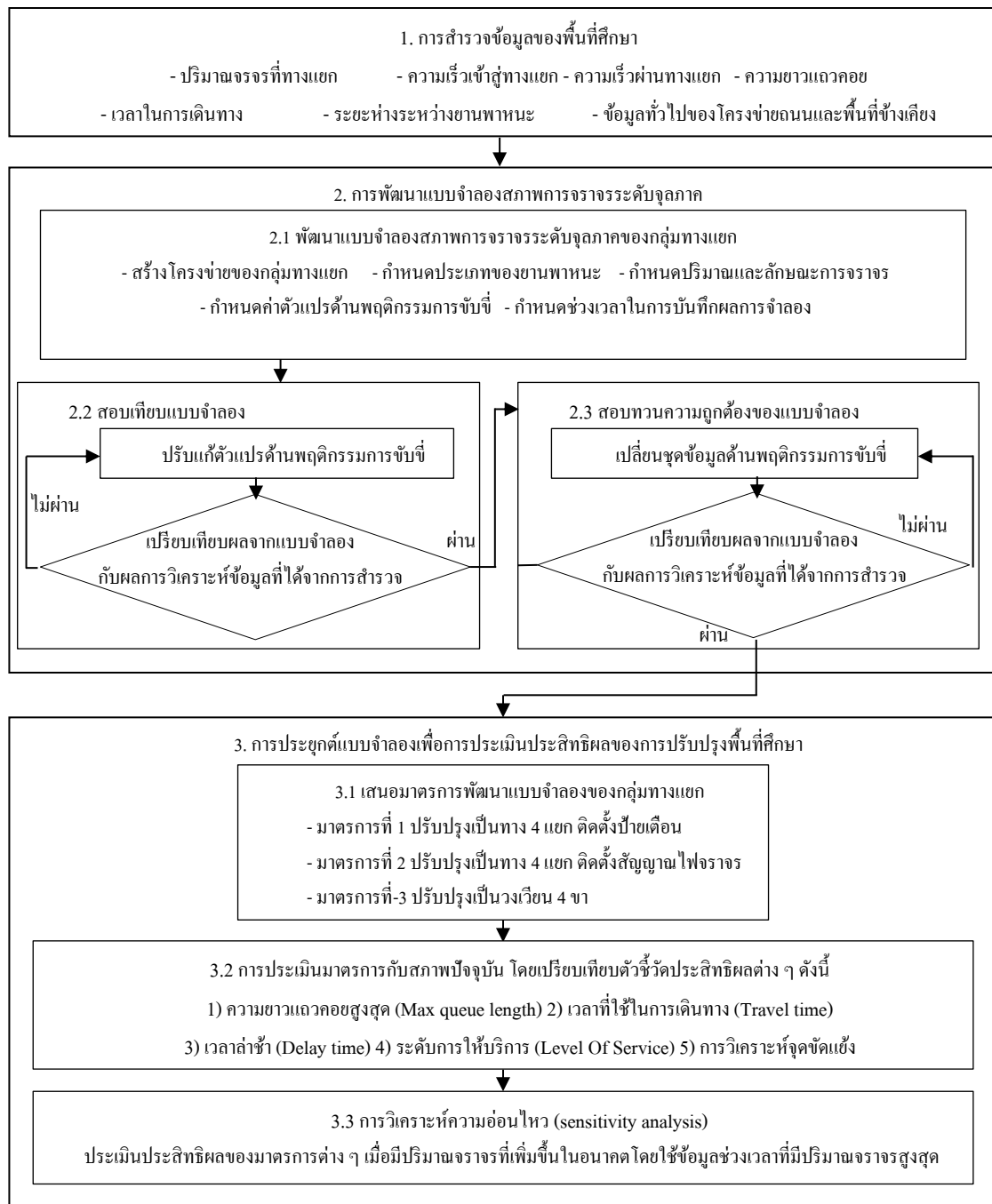
1.4.1 ความเร็วเข้าสู่ทางแยก (Approaching Speed) ในลักษณะกระแสจราจรไหลอย่างอิสระ (Free Flow Speed) เพื่อใช้ในการกำหนดพฤติกรรมของผู้ขับขี่แบบอิสระ สำรวจโดยการเลือกยานพาหนะที่วิ่งบนช่องจราจร โดยไม่มียานพาหนะคันอื่น ๆ มารบกวน หรืออาจเป็นยานพาหนะคันหน้าสุดบนช่องจราจรโดยห่างจากทางแยกประมาณ 50 เมตร

1.4.2 ความเร็วที่ผ่านทางแยก (Turning Speed) เพื่อใช้ในการกำหนดความเร็วของการขับขี่เมื่อผ่านทางแยก เช่น เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ตรงผ่านแยก เป็นต้น

1.5 การสำรวจความยาวแถวคอยบริเวณทางแยก บันทึกความยาวแถวคอยทุกๆ 1 นาที โดยพิจารณาช่องจราจรที่มีแถวคอยยาวที่สุด

1.6 การสำรวจข้อมูลเวลาในการเดินทาง ใช้วิธีการสำรวจด้วยนาฬิกาจับเวลาก่อนเข้าสู่ทางแยก โดยเริ่มจากจุดอ้างอิงก่อนเข้าสู่ทางแยก จากนั้นให้ยานพาหนะขับผ่านทางแยกในลักษณะการขับติดตามกระแสจราจร และหยุดจับเวลาเมื่อยานพาหนะผ่านกลุ่มทางแยกไปยังจุดอ้างอิงปลายทาง

1.7 การสำรวจข้อมูลเวลาห่างระหว่างยานพาหนะ (Headway) ใช้วิธีการสำรวจด้วยการใช้จุดอ้างอิงที่เส้นหยุดของทางแยก (Stop Line) จากนั้นจับเวลาขณะล้อหน้าของยานพาหนะคันแรกขับผ่านและหยุดจับเวลาขณะล้อหน้าของยานพาหนะคันที่สองขับผ่าน โดยสำรวจในช่วงที่ยานพาหนะอยู่ในสภาวะการไหลอิสระ (Free Flow)



ภาพที่ 2 วิธีการวิจัย



2. การพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคของพื้นที่ศึกษา แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 การสร้างทางแยกและกำหนดองค์ประกอบต่าง ๆ ของแบบจำลอง

การสร้างทางแยกในแบบจำลอง (Network Coding) โดยการนำภาพถ่ายทางอากาศเข้าสู่โปรแกรม จากนั้นกำหนดมาตราส่วนของแผนที่ แล้วสร้างเส้นทาง (Link) และทางเชื่อม (Connector) ของโครงข่ายถนน จากนั้นกำหนดลักษณะของยานพาหนะ ลักษณะการจราจร ความเร็ว สัดส่วนของยานพาหนะแต่ละประเภท ปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางแยก พื้นที่ลดความเร็ว กำหนดค่าตัวแปรพฤติกรรมของผู้ขับขี่ดังตารางที่ 1 และสร้างตารางการเดินทาง (O-D Matrix) ของช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า Morning Peak (08:30 – 09:30 น.) ช่วงเวลาไม่เร่งด่วนเที่ยง Off Peak (12:00 – 13:00 น.) และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น Evening Peak (16:30 – 17:30 น.) ของรถจักรยานยนต์ (Motor Cycle; MC) และรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car; PC) โดยใช้โปรแกรม OD Matrix Creator With Route Choice [3]

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ใช้กำหนดค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการจำลองสภาพจราจร

ตัวแปร	กำหนดค่า	พารามิเตอร์	เอกสารอ้างอิง
พฤติกรรม ของผู้ขับขี่	Priority Rule	Gap time : PC = 2.4 s., MC = 2.4 s.	Gopal et al,
	ทาง 3 แยก	Headway = 4.5 m.	(2015), [4]
	Priority Rule	Gap time : PC = 2.4 s., MC = 2.4 s.	Akhilesh et al,
	ทาง 4 แยก	Headway = 4.5 m.	(2557), [5]
	Priority Rule	Gap time : PC = 1.8 s., MC = 1.1 s.	อัครพงษ์ และคณะ
	วงเวียน	Headway = 4.5 m.	(2558), [6]
พฤติกรรม บนเส้นทาง		AllVehClass DesSpeed = -2m/s^2	คู่มือโปรแกรม
			VISSIM [7]
	Reduced Speed	circulatory speed = 25-35 km/hr.	Gallelli et al,
	Areas	Exit speed = 25-50 km/hr.	(2011), [8]
		Reduce speed zone at Entry = 25-50 km/hr. length at 8 m.	

หมายเหตุ : PC = Passenger car , MC = Motor cycle

2.2 การสอบเทียบแบบจำลอง (Model Calibration)

กระบวนการในการสอบเทียบแบบจำลองเพื่อให้ผลที่ได้จากแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือ ใช้ชุดข้อมูลสภาพการจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า ส่วนเกณฑ์ที่ใช้ในการสอบเทียบแบบจำลอง แสดงตามตารางที่ 2 โดยค่า GEH คำนวณได้ตามสมการที่ 1 [9]

ตารางที่ 2 เกณฑ์ในการสอบเทียบแบบจำลอง

เกณฑ์และตัวแปร	เป้าหมายการสอบเทียบ
ปริมาณจราจรต่อชั่วโมง (สอบเทียบผลจากแบบจำลองและผลการสำรวจ)	
- ปริมาณจราจรแต่ละเส้นทาง	
- ผลต่างไม่เกิน 15% สำหรับ 700 vph < ปริมาณจราจร < 2,700 vph	> 85% ของ เส้นทางทั้งหมด
- ผลต่างไม่เกิน 100 vph สำหรับ ปริมาณจราจร < 700 vph	> 85% ของ เส้นทางทั้งหมด
- ผลต่างไม่เกิน 400 vph สำหรับ ปริมาณจราจร < 2,700 vph	> 85% ของ เส้นทางทั้งหมด
- รวมปริมาณจราจรทุกเส้นทาง	< 5% ของ ปริมาณจราจรรวม
- ค่า GEH < 5 สำหรับปริมาณจราจรแต่ละเส้นทาง	> 85% ของ เส้นทางทั้งหมด
- ค่า GEH < 5 สำหรับปริมาณจราจรรวมทุกเส้นทาง	GEH < 5 สำหรับปริมาณจราจรรวมทุกเส้นทาง
เวลาเดินทาง ชั่วโมง (สอบเทียบผลจากแบบจำลองและผลการสำรวจ)	
- เวลาเดินทางบนโครงข่ายถนนต่างกันไม่เกิน 15% (หรือไม่เกิน 1 นาที)	> 85% ของ เส้นทางทั้งหมด

ที่มา : Wiscosin DOT, 2014 [9]

$$GEH = \sqrt{\frac{2(m-c)^2}{(m+c)}} \quad (1)$$

เมื่อ m = ปริมาณจราจรที่ได้จากผลการจำลอง
 c = ปริมาณจราจรที่ได้จากผลสำรวจในพื้นที่ศึกษา

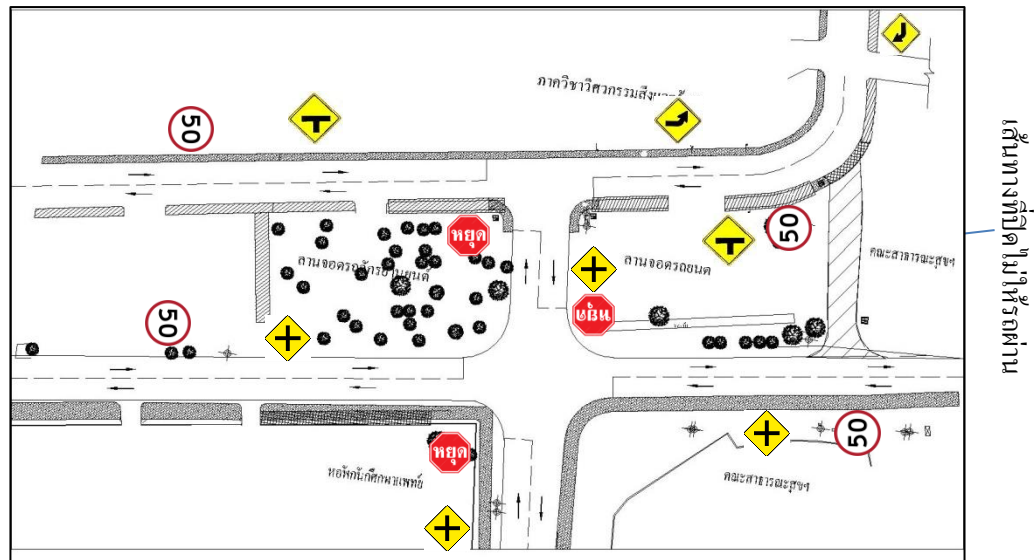
2.3 การสอบทวนความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Validation)

การทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลองมีวัตถุประสงค์เพื่อยืนยันความถูกต้องหลังจากผ่านการสอบเทียบแบบจำลอง วิธีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองใช้วิธีการเดียวกันกับการสอบเทียบแบบจำลอง ทั้งตัวแปรที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้อง และค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ แตกต่างกันที่ชุดข้อมูลที่น่านำมาใช้เป็นช่วงเวลาที่ต่างกัน ซึ่งใช้ช่วงเวลารุ่งควนเย็น (Evening Peak) (16.30 น.-17.30 น.)

3. การประยุกต์แบบจำลองเพื่อการประเมินประสิทธิผลของการปรับปรุงพื้นที่ศึกษา มี 3 ขั้นตอนดังนี้

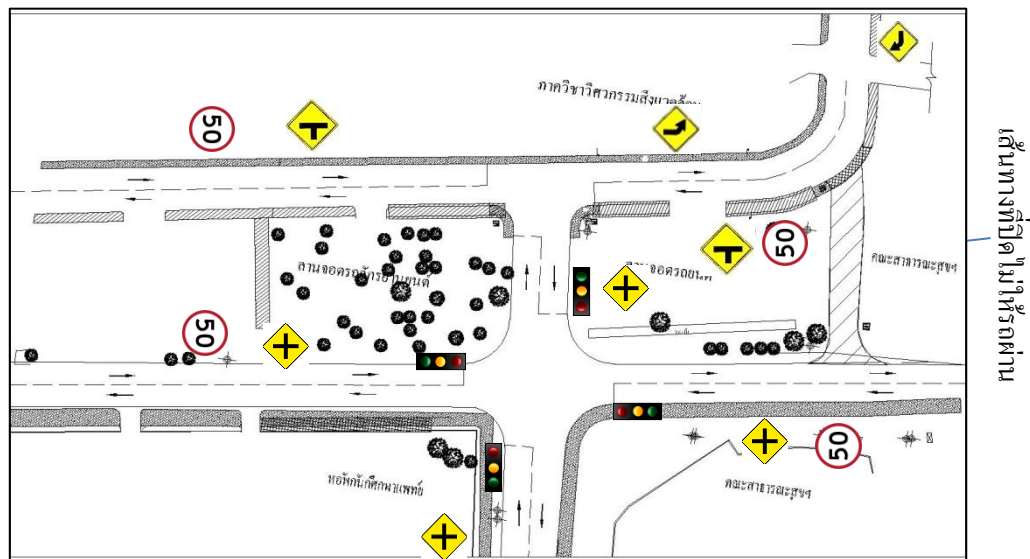
3.1 การเสนอมาตรการเพื่อปรับปรุงพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย 3 มาตรการดังนี้

มาตรการที่ 1 เป็นการปรับปรุงทางแยกเดิมให้ เป็น 4 แยก พร้อมติดตั้งป้ายเตือน โดยการปิดทางแยก 1 แห่ง แล้วปรับปรุงทาง 3 แยก ให้เป็น 4 แยก โดยไม่ได้ติดตั้งสัญญาณไฟจราจร แต่ติดตั้งป้ายเตือนก่อนเข้าสู่ทางแยก ดังภาพที่ 3 ซึ่งจำนวนจุดขัดแย้งทั้งหมดกลายเป็น 41 จุด



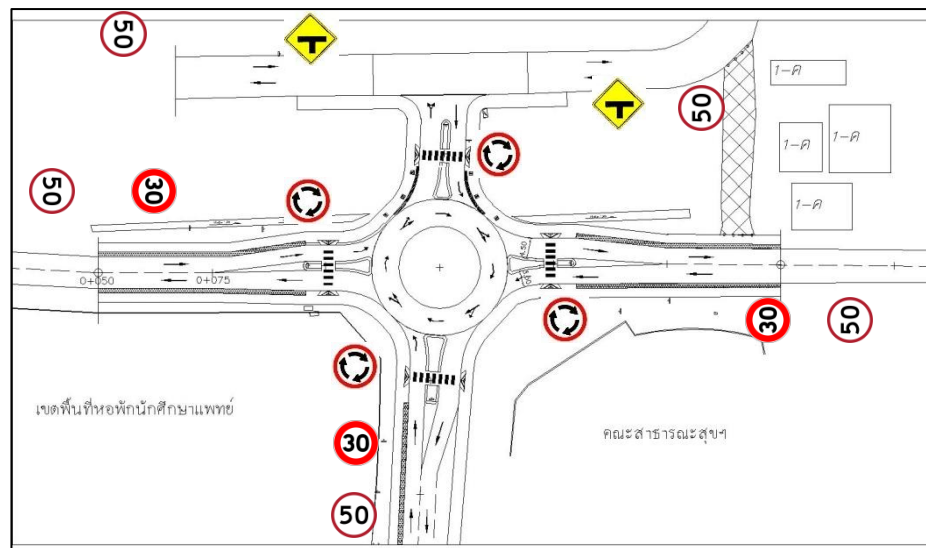
ภาพที่ 3 แบบจำลองมาตรการที่ 1

มาตรการที่ 2 เป็นการปรับปรุงทางแยกเดิม ให้เป็นสี่แยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ลักษณะทางกายภาพของมาตรการนี้จะเหมือนกับมาตรการที่ 1 แต่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรพร้อมกับป้ายเตือน ดังแสดงในภาพที่ 4 โดยทำการออกแบบรอบสัญญาณไฟจราจรแบบคงที่ ด้วยวิธีของ Webster and cobbe (1966) [10] ซึ่งจุดขัดแย้งจะลดลงเมื่อเทียบกับมาตรการที่ 1 โดยการควบคุมการจราจรด้วยสัญญาณไฟจราจร เป็น 19 จุด



ภาพที่ 4 แบบจำลองมาตรการที่ 2

มาตรการที่ 3 เป็นการปรับปรุงทางแยกเดิม ให้เป็นทางแยกแบบวงเวียน ขนาด 1 ช่องจราจร รัศมี 30 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยอ้างอิงตามคู่มือแนะนำการออกแบบวงเวียน เพื่อยกระดับความปลอดภัยของทางแยก [11] ซึ่งลดจุดขัดแย้งน้อยมีน้อยที่สุดคือ 17 จุด



ภาพที่ 5 แบบจำลองมาตรการที่ 3

3.2 การประเมินมาตรการโดยเปรียบเทียบกับสภาพปัจจุบัน โดยเปรียบเทียบตัวชี้วัดประสิทธิผลต่าง ๆ ดังนี้

- 1) ความยาวแถวคอยสูงสุด (Maximum queue length)
- 2) เวลาที่ใช้ในการเดินทาง (Travel time)
- 3) เวลาสูญเสียเนื่องจากความล่าช้า (Delay time)
- 4) ระดับการให้บริการ (Level of Service)
- 5) จำนวนจุดขัดแย้ง (Conflict) โดยวิเคราะห์ความขัดแย้งในแบบจำลองด้วย Surrogate Safety

Assessment Model; SSAM [12] และพิจารณาปริมาณจราจรสูงสุด (ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น)

3.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis)

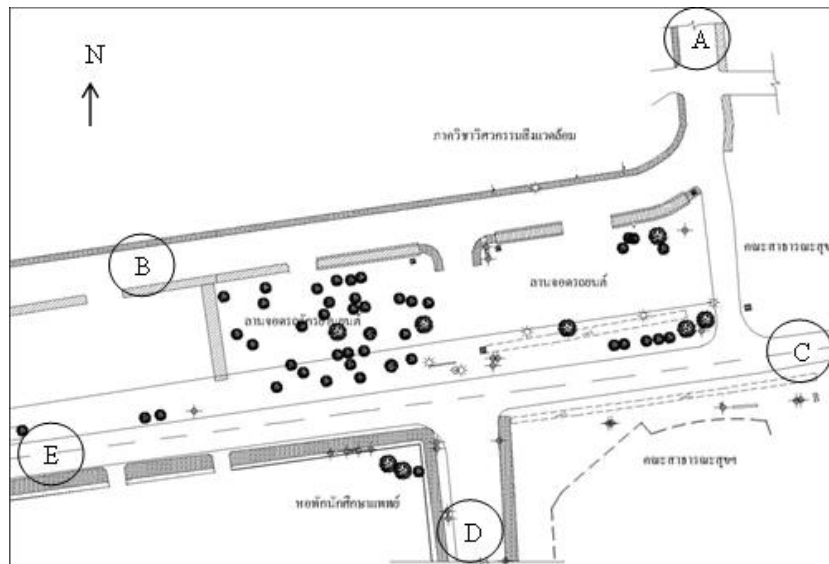
เพื่อประเมินประสิทธิผลของมาตรการต่าง ๆ เมื่อมีปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นในอนาคต โดยทำการเพิ่มปริมาณจราจรจากเดิมอีก 10% , 20% และ 30% ตามลำดับ

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 5 ส่วนดังนี้

1. ผลการสำรวจข้อมูล

พื้นที่ศึกษาเป็นกลุ่มทางแยกบริเวณคณะวิศวกรรมศาสตร์ติดกับคณะสาธารณสุขศาสตร์ มีลักษณะเป็นทางสามแยก 3 แห่ง ระยะห่างแต่ละแยกเพียง 65 เมตร และกำหนดจุดสำรวจต้นทาง-ปลายทาง (O-D Matrix) ของพื้นที่ศึกษาดังแสดงในภาพที่ 6 และผลการสำรวจปริมาณจราจรของรถจักรยานยนต์และรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ที่ได้แสดงดังตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4 โดยปริมาณยานพาหนะประเภทรถกระบะบรรทุก รถบรรทุกทุกหนักร และรถโดยสาร นั้นมีน้อยมากซึ่งนำเข้าไปแบบจำลอง แต่ไม่ได้นำมาเขียนแสดงผล



ภาพที่ 6 กำหนดตำแหน่งเส้นทาง-ปลายทางของพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 3 ผลการสำรวจข้อมูลการเดินทางจากต้นทาง-ปลายทาง (O-D Matrix) ของรถจักรยานยนต์

O/D MC	Morning Peak (08:30 – 09:30 น.)					Off Peak (12:00 – 13:00น.)					Evening Peak (16:30 – 17:30น.)				
[Veh/h]	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
A	0	5	15	7	13	0	52	42	50	<u>264</u>	0	37	50	56	188
B	24	0	5	4	3	48	0	16	11	11	37	0	24	19	18
C	<u>289</u>	10	0	8	<u>280</u>	43	15	0	22	16	14	9	0	73	<u>215</u>
D	65	8	81	0	42	66	11	84	0	66	9	5	87	0	209
E	73	8	<u>241</u>	81	0	<u>121</u>	10	<u>250</u>	105	0	9	5	<u>236</u>	<u>222</u>	0

ตารางที่ 4 ผลการสำรวจข้อมูลการเดินทางจากต้นทาง-ปลายทาง (O-D Matrix) ของรถยนต์

O/D PC	Morning Peak (08:30 – 09:30 น.)					Off Peak (12:00 – 13:00น.)					Evening Peak (16:30 – 17:30น.)				
[Veh/h]	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
A	0	9	25	15	15	0	11	33	26	32	0	12	13	103	103
B	13	0	6	3	3	9	0	8	6	6	10	0	14	12	11
C	<u>269</u>	33	0	30	<u>150</u>	39	12	0	33	40	13	3	0	158	<u>230</u>
D	14	14	<u>120</u>	0	39	15	10	51	0	<u>67</u>	13	3	104	0	<u>214</u>
E	14	14	95	64	0	14	10	<u>127</u>	<u>79</u>	0	12	3	<u>163</u>	<u>214</u>	0

จากตารางที่ 3 และตารางที่ 4 พบว่า ปริมาณจราจรส่วนใหญ่เป็นปริมาณของการเดินทางผ่านทางแยกในทิศทาง E-C, C-E, D-E, E-D

2. ผลการสอบเทียบแบบจำลอง

จากตารางที่ 5 พบว่าปริมาณรถยนต์มีค่าความแตกต่างเฉลี่ยที่ ร้อยละ 2.96 และปริมาณรถจักรยานยนต์มีค่าความแตกต่างเฉลี่ยที่ ร้อยละ 3.95 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์กำหนดที่ ร้อยละ 5 ของปริมาณจราจรทั้งหมด เวลาในการเดินทางของรถยนต์และรถจักรยานยนต์มีค่าแตกต่างเฉลี่ยที่ 6 วินาที และ 3 วินาที ตามลำดับซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์กำหนดคือ 1 นาที หรือ 60 วินาที และความยาวแถวคอยสูงสุดมีค่าความแตกต่างเฉลี่ยที่ ร้อยละ 15 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์กำหนดที่ ร้อยละ 20 ดังนั้นผลการสอบเทียบแบบจำลองนี้มีความน่าเชื่อถือตามเกณฑ์การตรวจสอบค่าสถิติ

ตารางที่ 5 ผลการสอบเทียบแบบจำลองที่ค่าเฉลี่ยสูงสุด ของช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า 08:30-09:30 น.

ดัชนีชี้วัดแบบจำลอง	ความแตกต่างเฉลี่ย	เกณฑ์กำหนด	เกณฑ์ในการเปรียบเทียบ
ปริมาณรถยนต์ (PC), คัน	2.96 %	< 5 %	ผ่าน
ปริมาณรถจักรยานยนต์ (MC), คัน	3.95 %	< 5 %	ผ่าน
เวลาในการเดินทาง PC, วินาที	6	< 60	ผ่าน
เวลาในการเดินทาง MC, วินาที	3	< 60	ผ่าน
ความยาวแถวคอยสูงสุด, เมตร	15%	< 20%	ผ่าน

3. ผลการสอบทวนความถูกต้องของแบบจำลอง

จากตารางที่ 6 พบว่าปริมาณรถยนต์มีค่าความแตกต่างเฉลี่ยที่ ร้อยละ 1.91 และปริมาณรถจักรยานยนต์มีค่าความแตกต่างเฉลี่ยที่ ร้อยละ 1.64 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์กำหนดที่ ร้อยละ 5 ของปริมาณจราจรทั้งหมด เวลาในการเดินทางของรถยนต์และรถจักรยานยนต์มีค่าแตกต่างเฉลี่ยที่ 4 วินาที และ 3 วินาที ตามลำดับซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์กำหนดคือ 1 นาที หรือ 60 วินาที และความยาวแถวคอยสูงสุดมีค่าความแตกต่างเฉลี่ยที่ ร้อยละ 15 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์กำหนดที่ ร้อยละ 20 ดังนั้นผลการสอบทวนความถูกต้องของแบบจำลองนี้มีความน่าเชื่อถือตามเกณฑ์การตรวจสอบค่าสถิติ

ตารางที่ 6 ผลการสอบทวนความถูกต้องของแบบจำลองที่ค่าเฉลี่ยสูงสุด ของช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น 16:30-17:30 น.

ดัชนีชี้วัดแบบจำลอง	ความแตกต่างเฉลี่ย	เกณฑ์กำหนด	เกณฑ์ในการเปรียบเทียบ
ปริมาณรถยนต์ (PC), คัน	1.91 %	< 5 %	ผ่าน
ปริมาณรถจักรยานยนต์ (MC), คัน	1.64 %	< 5 %	ผ่าน
เวลาในการเดินทาง PC, วินาที	4	< 60	ผ่าน
เวลาในการเดินทาง MC, วินาที	3	< 60	ผ่าน
ความยาวแถวคอยสูงสุด, เมตร	15%	< 20%	ผ่าน



4. ผลการประเมินมาตรการที่เสนอ

จากตารางที่ 7 พบว่ามาตรการที่ 3 ปรับปรุงทางแยกเป็นวงเวียนให้ผลที่ดีที่สุด เมื่อเทียบกับสภาพปัจจุบัน โดยพิจารณาที่ตัวชี้วัดด้านความยาวแถวคอยสูงสุด มีค่าน้อยที่สุด ที่ 21 เมตร ลดลง -50% ด้านเวลาที่ใช้ในการเดินทางให้ค่าที่ 25.8 วินาที เนื่องจากระยะที่เพิ่มขึ้นจากการเดินทางทำให้เวลาในการเดินทางเพิ่มขึ้น ด้านเวลาความล่าช้าเฉลี่ยน้อยที่สุดที่ 3.50 วินาที ลดลง -44% ด้านระดับการให้บริการของทางแยก อยู่ในระดับ A ด้านการวิเคราะห์ความขัดแย้งเฉลี่ยน้อยที่สุด ที่ 459 ครั้ง ลดลง -41%

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบตัวชี้วัดประสิทธิผล เฉลี่ยทั้ง 3 ช่วงเวลา

ตัวชี้วัดประสิทธิผล	เปรียบเทียบตัวชี้วัดประสิทธิผลของทั้ง 5 ตัวชี้วัด ในแต่ละหน่วยของตัวชี้วัด							
	สภาพปัจจุบัน		มาตรการที่ 1		มาตรการที่ 2		มาตรการที่ 3	
	ค่าตัวชี้วัด	ผลต่าง%	ค่าตัวชี้วัด	ผลต่าง%	ค่าตัวชี้วัด	ผลต่าง%	ค่าตัวชี้วัด	ผลต่าง%
ความยาวแถวคอยสูงสุด, ม.	42	0%	52	24%	61	408%	21	-50%
เวลาในการเดินทาง, วินาที	24.3	0	27.0	16%	37.3	59%	25.8	9%
เวลาล่าช้า, วินาที/คัน	6.20	0%	6.30	6%	22.00	225%	3.5	-44%
ระดับการให้บริการ (LOS)	A		A		C		A	
จำนวนจุดขัดแย้ง, ครั้ง	257	0%	322	25%	400	56%	152	-41%

5. ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) เทียบกับสภาพปัจจุบัน

กรณีศึกษาเพิ่มเติม การเพิ่มปริมาณจราจรของช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น 16:30 – 17:30 น. จากปัจจุบัน ($v/c=0.85$) เป็น ปริมาณจราจรเพิ่มขึ้นอีก 10% ($v/c=0.93$) ปริมาณจราจรเพิ่มขึ้นอีก 20% ($v/c=1.01$) และ ปริมาณจราจรเพิ่มขึ้นอีก 30% ($v/c=1.10$) ซึ่งในการศึกษาเพิ่มเติมนี้ เป็นการทดลองเพื่อใช้เป็นค่าพิจารณาการจราจรในวันที่มีปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นมากผิดปกติ ยกตัวอย่างเช่น วันเปิดภาคการศึกษาใหม่ วันก่อนวันรับปริญญาบัตรผู้สำเร็จการศึกษา ผลการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 8 ถึง 10 ตามลำดับ

ตารางที่ 8 ผลการเปรียบเทียบทั้ง 5 ตัวชี้วัด เฉลี่ยทั้ง 3 ช่วงเวลา ปริมาณจราจรเพิ่มขึ้น 10% $v/c=0.93$

ตัวชี้วัดประสิทธิผล	เปรียบเทียบตัวชี้วัดทั้ง 5 ตัวชี้วัด ที่ปริมาณจราจรเพิ่มขึ้น 10% $v/c=0.93$							
	สภาพปัจจุบัน		มาตรการที่ 1		มาตรการที่ 2		มาตรการที่ 3	
	ค่าตัวชี้วัด	ผลต่าง%	ค่าตัวชี้วัด	ผลต่าง%	ค่าตัวชี้วัด	ผลต่าง%	ค่าตัวชี้วัด	ผลต่าง%
ความยาวแถวคอยสูงสุด, ม.	42.5	0%	40	-6%	67.5	59%	26.75	-37%
เวลาในการเดินทาง, วินาที	27	0%	71	162%	51	88%	29	7%
เวลาล่าช้า, วินาที/คัน	9.80	0%	14.60	49%	46.20	371%	7.90	-19%
ระดับการให้บริการ (LOS)	A		B		E		A	
จำนวนจุดขัดแย้ง, ครั้ง	680	0%	701	3%	701	3%	474	-30%

ตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบทั้ง 5 ตัวชี้วัด เหลือทั้ง 3 ช่วงเวลา ปริมาณจราจรเพิ่มขึ้น 20% v/c=1.01

ตัวชี้วัดประสิทธิผล	เปรียบเทียบตัวชี้วัดทั้ง 5 ตัวชี้วัด ที่ปริมาณจราจรเพิ่มขึ้น 20% v/c=1.01							
	สภาพปัจจุบัน		มาตรการที่ 1		มาตรการที่ 2		มาตรการที่ 3	
	ค่าตัวชี้วัด	ผลต่าง%	ค่าตัวชี้วัด	ผลต่าง%	ค่าตัวชี้วัด	ผลต่าง%	ค่าตัวชี้วัด	ผลต่าง%
ความยาวแถวคอยสูงสุด, ม.	60.75	0%	56	-8%	70.5	16%	<u>31</u>	<u>-49%</u>
เวลาในการเดินทาง, วินาที	33	0%	<u>73</u>	120%	57	71%	<u>30</u>	<u>-9%</u>
เวลาล่าช้า, วินาที/คัน	17.70	0%	24.60	39%	57.50	225%	<u>5.10</u>	<u>-71%</u>
ระดับการให้บริการ (LOS)	B		C		F		<u>A</u>	
จำนวนจุดขัดแย้ง, ครั้ง	1032	0%	839	-19%	825	-20%	<u>808</u>	<u>-22%</u>

ตารางที่ 10 ผลการเปรียบเทียบทั้ง 5 ตัวชี้วัด เหลือทั้ง 3 ช่วงเวลา ปริมาณจราจรเพิ่มขึ้น 30% v/c=1.10

ตัวชี้วัดประสิทธิผล	เปรียบเทียบตัวชี้วัดทั้ง 5 ตัวชี้วัด ที่ปริมาณจราจรเพิ่มขึ้น 30% v/c=1.10							
	สภาพปัจจุบัน		มาตรการที่ 1		มาตรการที่ 2		มาตรการที่ 3	
	ค่าตัวชี้วัด	ผลต่าง%	ค่าตัวชี้วัด	ผลต่าง%	ค่าตัวชี้วัด	ผลต่าง%	ค่าตัวชี้วัด	ผลต่าง%
ความยาวแถวคอยสูงสุด, ม.	80	0%	72	50%	79	66%	<u>61</u>	<u>-24%</u>
เวลาในการเดินทาง, วินาที	42	0%	60	77%	63	126%	<u>38</u>	<u>-10%</u>
เวลาล่าช้า, วินาที/คัน	23.00	0%	33.80	47%	70.30	206%	<u>20.00</u>	<u>-13%</u>
ระดับการให้บริการ (LOS)	C		D		F		<u>B</u>	
จำนวนจุดขัดแย้ง, ครั้ง	1424	0%	<u>767</u>	-46%	701	-51%	<u>701</u>	<u>-51%</u>

จากตารางที่ 8 ถึง 10 ตามลำดับ พบว่ามาตรการที่ 3 ปรับปรุงทางแยกเป็นวงเวียนให้ผลที่ดีที่สุดแม้ปริมาณจราจรจะเพิ่มขึ้นจากปริมาณจราจรในปัจจุบัน เมื่อเทียบกับสภาพปัจจุบันโดยพิจารณาที่ตัวชี้วัดแต่ละตัวซึ่งยังให้ที่ดีกว่าทุก ๆ มาตรการ

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคของแต่ละมาตรการเทียบสภาพการจราจรปัจจุบัน ด้วยตัวชี้วัด ทั้ง 5 ตัวชี้วัด พร้อมทั้งการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ผลที่ได้คือ มาตรการที่ 3 ปรับปรุงทางแยกเป็นวงเวียนให้ผลที่ดีที่สุด โดยเป็นมาตรการที่ช่วยแก้ไขปัญหาด้านจราจร ลดโอกาสการเกิดความขัดแย้งที่ทางแยก ลดเวลาสูญเสียเนื่องจากความล่าช้าลดลง เมื่อเทียบกับสภาพการจราจรปัจจุบัน

จากผลการศึกษา มาตรการที่ 3 ปรับปรุงทางแยกเป็นวงเวียน เป็นมาตรการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการดำเนินการปรับปรุงกลุ่มทางแยกของพื้นที่ศึกษา ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น บริเวณลานจอดรถยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ถึงบริเวณคณะสาธารณสุขศาสตร์ เป็นการจัดการการจราจรในเขตเมืองที่ต้องการจำกัดความเร็วเป็นสำคัญ

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป ควรศึกษาผลกระทบกับโครงข่ายถนนที่กว้างขึ้นและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของแต่ละมาตรการควบคู่กันด้วย



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ดำเนินการสำเร็จลุล่วงด้วยดีด้วยคำแนะนำจาก รศ.ชินะวัฒน์ มุกตพันธ์ รองคณะบดีฝ่ายบริหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ รศ.เฉลิมชัย พาวพัฒนา หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา อ.สุริยะ ผลพูน รวมไปถึงอาจารย์และเจ้าหน้าที่ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

1. Security and Traffic office “Recorded duty reports of all security officers shifting. Accident case in Khon Kaen” University during 2010 - 2014, Khon Kaen University Thai.
2. Sustainable Infrastructure Research and Development Center (SIRDC), Khon Kaen University. 2012. complete report Project study and preparation of baseline emissions from Transportation sector in the pilot provinces and education guidelines for promotion. Greenhouse Gas Emission Reduction Activities, Department of Civil Engineering Faculty of Engineering Khon Kaen University Thai.
3. James Cox, OD Matrix Creator With Route Choice Program, Department for Transport, Energy & Infrastructure, South Australia. 2014.
4. Gopal R, Patil, Jayant P. Sangole ‘Behavior of two-wheelers at limited priority uncontrolled T-intersections’, Accident Analysis & Prevention, 2015.
5. Akhilesh Kumar Maurya, Harsh J, Amin, Arvind Kumar, ‘Estimation of Critical Gap for Through Movement at Four Leg Uncontrolled Intersection’ Transportation Research Procedia 17: 2016. 203–212.
6. Thepkaew A, Kornpraseart N, Pichayapunt P. ‘Analysis of Driving Behavior of Vehicles Entering Roundabouts under Mixed Traffic Conditions in Urban Area.’, Proceedings of The 20th National Convention on Civil Engineering 8-10 July 2015, Chonburi, Thai.
7. A guide to documenting vissim-based microscopic traffic simulation models., Research Report, Agreement T4118, Task 09, Traffic Simulation Lab.
8. Vincenzo G, Vaiana R, Iuele T. ‘Comparison between Simulated and Experimental Crossing Speed Profiles on Roundabout with Different Geometric Features’, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 111: 2014.
9. Wisconsin DOT, Microsimulation Guidelines http://www.wisdot.info/microsimulation/index.php?title=Model_Calibration: Wisconsin Department of Transportation. 2014.
10. Webster and Cobbe, Traffic signals, Transportation and Road Research Laboratory (TRRL), England. 1966.
11. Kanitpong K. Guide to Design a Roundabout to Enhance Safety at intersection., Thailand Accident Research Center, Asian Institute of Technology. 2015. Thai.
12. Federal Highway Administration (FHWA) ‘Surrogate Safety Assessment Model (SSAM), Research, Development, and Technology, Turner-Fairbank Highway Research Center, US. Department of Transportation, 2008.