



รายงานการวิจัย

การประยุกต์ใช้ระบบสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะบริเวณสามแยกบนทาง
หลวงสายหลักที่มีปริมาณจราจรไม่สม่ำเสมอ : กรณีศึกษา สามแยกประตู 1
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(Application of Intelligent traffic signal systems at three-leg
intersection on high-speed highway with variable traffic demand: A case
study of three-leg intersection at Entrance 1 of Suranaree University of
Technology)



ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว



รายงานการวิจัย

**การประยุกต์ใช้ระบบสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะบริเวณสามแยกบนทางหลวง
สายหลักที่มีปริมาณจราจรไม่สม่ำเสมอ : กรณีศึกษา สามแยกประตู 1
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี**

**(Application of Intelligent traffic signal systems at three-leg intersection
on high-speed highway with variable traffic demand: A case study of
three-leg intersection at Entrance 1 of Suranaree University of
Technology)**

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัฐพล ภู่มุขพาพันธ์
สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กันยายน 2557

กิตติกรรมประกาศ

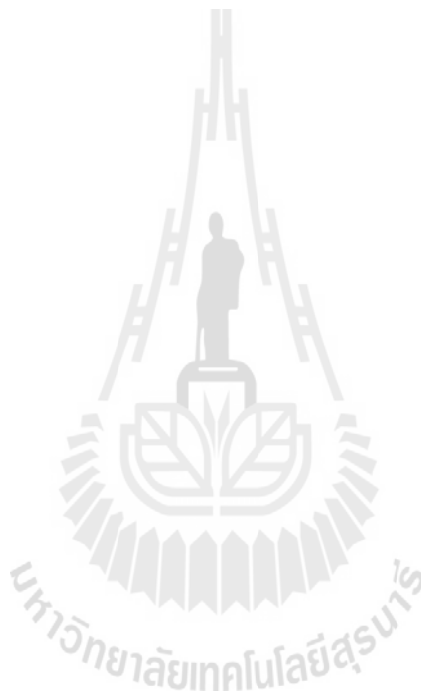
งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บุคคลต่างๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือจนทำให้ งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อาทิเช่น

นางสาว พรทิศา ถามะพันธ์ นักศึกษาปริญญาโท ที่ช่วยเหลือในการสำรวจข้อมูล และวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมจำลองสภาพจราจร

นางสาว วทันญา นามบุรี นักศึกษาปริญญาโท ที่ช่วยเหลือในการเขียนรายงานการวิจัย

ท้ายนี้ การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ

2555



รัฐพล ภูบพพาพันธ์ : การประยุกต์ใช้ระบบสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะบริเวณสามแยกบนทางหลวงสายหลักที่มีปริมาณจราจรไม่สม่ำเสมอ กรณีศึกษา สามแยกประตู 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (Application of Intelligent traffic signal systems at three-leg intersection on high-speed highway with variable traffic demand: A case study of three-leg intersection at Entrance 1 of Suranaree University of Technology)

จากการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบันส่งผลให้ปริมาณจราจรบนถนนเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากตามแนวเส้นทางหลวงสายหลักขนาดใหญ่ และปริมาณจราจรมีความแปรผันตามเวลาค่อนข้างสูงตามลักษณะการทำกิจกรรมในพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งมักจะพบปัญหาโดยเฉพาะบริเวณทางแยกซึ่งเป็นจุดที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุและเป็นจุดที่ก่อให้เกิดความล่าช้าในการเดินทางหากทำการติดตั้งระบบสัญญาณไฟจราจรไม่เหมาะสม งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาเพื่อประเมินประสิทธิภาพและหาแนวทางในการประยุกต์ใช้ระบบสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะ โดยเป็นกรณีศึกษาที่บริเวณสามแยกประตู 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยพิจารณาแนวทางในการปรับปรุงสามกรณี ได้แก่ การควบคุมสัญญาณไฟแบบตั้งเวลาคงที่หลายแผน (Multiple time plan), การควบคุมสัญญาณไฟแบบกึ่งกระตุ้น (Semi-actuated control) และการควบคุมสัญญาณไฟแบบกระตุ้นเต็มที่ (full-actuated control) จากนั้นนำไปจำลองในโปรแกรมจำลองสภาพจราจรแบบจุลภาค (Microscopic traffic simulation) โดยแยกพิจารณาปริมาณจราจรเป็นสองกรณี โดยกรณีแรกทำการศึกษาเปรียบเทียบระบบสัญญาณไฟในสภาพปริมาณจราจรในปัจจุบัน และกรณีที่สองทำการศึกษาในกรณีที่มีปริมาณจราจรเพิ่มขึ้นจากในปัจจุบัน ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพได้ใช้ตัวชี้วัดประสิทธิผลในหลายด้าน อาทิเช่น ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที/กิโลเมตร), เวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด (วินาที/กิโลเมตร), ความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์บริเวณทางแยก(กิโลเมตร/ชั่วโมง) เป็นต้น ผลการวิจัยพบว่าการควบคุมสัญญาณไฟแบบกระตุ้นเต็มที่ (full-actuated control) จะให้ค่าประสิทธิผลที่ดีกว่า ส่งผลให้การจัดการจราจรบริเวณทางแยกนี้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

RATTAPHOL PUEBOOBPAPHAN : APPLICATION OF INTELLIGENT TRAFFIC SIGNAL SYSTEMS AT THREE-LEG INTERSECTION ON HIGH-SPEED HIGHWAY WITH VARIABLE TRAFFIC DEMAND : A CASE STUDY OF THREE-LEG INTERSECTION AT ENTRANCE 1 OF SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

As a result of economic development, traffic volume has increased dramatically on major highways where volume was observed to have large variation depending on land-use characteristics and time of the day. This results in a higher risk of traffic accident and delay particularly at intersection with improper design and operation of traffic signal control. The purpose of this research is to evaluate the performance and effectiveness of applying intelligent traffic signal systems at three-leg intersection in front of Suranaree University of Technology. Three alternatives were considered in this study, namely Multiple time plan, Semi-actuated control, and Full-actuated control . Microscopic traffic simulation was employed as a tool to evaluate and compare the performance between different alternatives. The evaluation was performed under two different traffic demands: the existing demand and the increased traffic demand. Results from simulation show that the full-actuated control is more effective and provides better traffic flow performance compare to the others.



สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิจัย	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย / ทบทวนแนวความคิด /	
การจำลองพฤติกรรมจราจร โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ /	
และผลงานการวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
การรวบรวมข้อมูลสภาพจราจรและลักษณะเรขาคณิตของทางแยกที่ศึกษา.....	17
วิเคราะห์แนวทางและรูปแบบของระบบสัญญาณไฟอัจฉริยะ.....	22
จำลองสภาพจราจรใน โปรแกรมจำลองจราจรแบบจุลภาค.....	25
จำลองระบบสัญญาณไฟอัจฉริยะรูปแบบต่าง ๆ ในโปรแกรมจำลองจราจร.....	27
ทดสอบแบบจำลองหรือเปรียบเทียบแบบจำลอง.....	35
ทดสอบประสิทธิภาพของระบบสัญญาณไฟอัจฉริยะรูปแบบต่าง ๆ.....	35
บทที่ 4 ผลการศึกษาวิจัย	
ผลแบบจำลองโดยสรุป	37
สรุปผลที่ได้จากแบบจำลอง	49
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการวิเคราะห์แบบจำลองต่างๆ ก่อน และ	
หลัง การปรับปรุงรอบสัญญาณไฟ	49
ข้อเสนอแนะ	50

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	52
ประวัติผู้วิจัย	54



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เกณฑ์และตัวแปรในการปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration Criteria).....	13
ตารางที่ 3.1 จังหวะสัญญาณไฟจราจร ทางแยก(แยกหนองปรู).....	19
ตารางที่ 3.2 ลักษณะเรขาคณิตของทางแยก (แยกหนองปรู).....	22
ตารางที่ 3.3 จากสมการของเวปสเตอร์ จะได้ค่า ความยาวรอบสัญญาณไฟ คือ 111 วินาที.....	28
ตารางที่ 3.4 แบบสรุปผลของรอบสัญญาณไฟคงที่หลายแผน(Multiple-time plan) ตามแต่ละช่วงเวลา.....	29
ตารางที่ 3.5 พารามิเตอร์ของสัญญาณไฟจราจรแบบกึ่งกระตุ้น.....	30
ตารางที่ 3.6 พารามิเตอร์ของสัญญาณไฟจราจรแบบกระตุ้นเต็มที่.....	33
ตารางที่ 3.7 ค่าจากผลแบบจำลองเพื่อนำมาวิเคราะห์.....	36
ตารางที่ 4.1 แสดงผลแบบจำลอง กรณีปริมาณจราจรปัจจุบัน (Existing demand) สำรวจในปี 2556.....	38
ตารางที่ 4.2 แสดงผลแบบจำลอง กรณี เพิ่มปริมาณจราจรในอัตราเพิ่มขึ้น 10% ของปริมาณจราจรถนน เส้น 304 และทิศทางเลี้ยวขวาเข้า มทส จะเป็นอัตราเพิ่มขึ้น 3%.....	41



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 กรอบแนวความคิดของการวิจัย.....	5
รูปที่ 2.2 กระบวนการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจร.....	11
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการวิจัย.....	17
รูปที่ 3.2 ทางบริเวณทางแยกหน้าประตูมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี(แยกหนองปรุ).....	18
รูปที่ 3.3 ผลการสำรวจปริมาณจราจรวันธรรมดา (veh./hr.)	20
รูปที่ 3.4 ผลการสำรวจปริมาณจราจรวันหยุด (veh./hr.)	21
รูปที่ 3.5 อัตราการไหลของปริมาณจราจรในช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียว ที่มา : Garber และ Hoel, 1996.....	23
รูปที่ 3.6 หลักการควบคุมสัญญาณไฟตามปริมาณจราจร (Roess, Prassas และ MCS Shane, 2004).....	25
รูปที่ 3.7 แบบจำลองโครงข่ายทางแยก (แยกหนองปรุ).....	27
รูปที่ 3.8 จังหวะสัญญาณไฟในแบบจำลองของสภาพปัจจุบัน.....	28
รูปที่ 3.9 กำหนดค่าสัญญาณไฟของแบบจำลองกึ่งกระตุ้น.....	31
รูปที่ 3.10 ตำแหน่งการติดตั้ง ตัวตรวจนับในแบบจำลองสัญญาณไฟกึ่งกระตุ้น.....	32
รูปที่ 3.11 กำหนดค่าสัญญาณไฟของแบบจำลองกระตุ้นเต็มที่.....	34
รูปที่ 3.12 ตำแหน่งการติดตั้ง ตัวตรวจนับในแบบจำลองสัญญาณไฟกึ่งกระตุ้น.....	34
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลแบบจำลองของความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตร/ชั่วโมง) ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี Existing demand.....	44
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลแบบจำลองของความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตร/ชั่วโมง) ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี 2.....	44
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลแบบจำลองของเวลาเดินทางเฉลี่ย (วินาที/กิโลเมตร) ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี Existing demand.....	45
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลแบบจำลองของเวลาเดินทางเฉลี่ย (วินาที/กิโลเมตร) ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี 2.....	45
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลแบบจำลองของความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที/กิโลเมตร) ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี Existing demand.....	46
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลแบบจำลองของความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที/กิโลเมตร) ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี 2.....	46

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงผลแบบจำลองของเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด (วินาที/กิโลเมตร) ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี Existing demand.....	47
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงผลแบบจำลองของเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด (วินาที/กิโลเมตร) ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี 2.....	47
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงผลแบบจำลองของจำนวนครั้งที่หยุด ต่อรถหนึ่งคัน ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี Existing demand.....	48
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงผลแบบจำลองของจำนวนครั้งที่หยุดต่อรถหนึ่งคัน ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี 2.....	48



บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

จากการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบันส่งผลให้ปริมาณจราจรบนถนนเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก ทั้งในเขตตัวเมืองของจังหวัดต่าง ๆ และตามแนวเส้นทางหลวงสายหลักขนาดใหญ่ที่เชื่อมโยงระหว่างภูมิภาค และระหว่างจังหวัด เช่น ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 ซึ่งเป็นเส้นทางคมนาคมสายหลักที่ใช้เดินทางและขนส่งสินค้าระหว่างภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กับ ภาคตะวันออก และท่าเรือแหลมฉบัง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม จากลักษณะการใช้พื้นที่เพื่อกิจกรรมในด้านต่าง ๆ และการเจริญเติบโตของชุมชนทำให้มีการเชื่อมต่อจากถนนท้องถิ่นหรือถนนสายรองเข้ากับถนนสายหลัก และทำให้เกิดทางแยกบนถนนสายหลักขึ้น ก่อให้เกิดการตัดผ่านกันของกระแสจราจร และเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุบริเวณทางแยก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่เป็นทางแยกบนถนนสายหลักที่ยาวขนาบด้วยความเร็วสูงก็จะมีอันตรายเพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ ตัวอย่างทางแยกบนถนนสายหลักที่พบปัญหาเห็นได้ชัดเจนคือ ทางแยกประตู 1 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (มทส) ซึ่งเป็นสามแยกที่เชื่อมถนนทางเข้าของมทส กับ ทางหลวงหมายเลข 304 (นครราชสีมา-ปักธงชัย) และมีลักษณะเฉพาะที่เพิ่มอันตรายยิ่งขึ้นคือ แนวถนนบนทางสายหลักมีลักษณะเป็นทางโค้งก่อนที่จะถึงทางแยก ส่งผลให้ทางแยกดังกล่าวมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นบ่อยครั้ง นอกจากนี้ยังมีลักษณะเฉพาะในเรื่องของปริมาณจราจรที่ต้องการเลี้ยวเข้า - ออกจากถนนมหาวิทยาลัยซึ่งค่อนข้างหนาแน่นมากในช่วงเร่งด่วนเช้าและเย็น และในวันที่มีการจัดกิจกรรมพิเศษในพื้นที่มทส หรือบริเวณใกล้เคียง กอปรกับการที่มีโรงเรียนเอกชนขนาดใหญ่ที่เพิ่งเปิดดำเนินการบริเวณถนนทางเข้ามทส ทำให้สภาพจราจรมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเป็นอย่างมาก และมีลักษณะของปริมาณจราจรไม่สม่ำเสมอ โดยจะแปรผันตามวันและช่วงเวลา ดังนั้นการจัดการจราจรบริเวณแยกดังกล่าวจำเป็นต้องได้รับการศึกษา และออกแบบพิเศษโดยพิจารณาปัญหาเฉพาะลักษณะดังกล่าวด้วย

ทางเลือกหนึ่งของการจัดการจราจรบริเวณทางแยกที่นิยมใช้คือ การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรเพื่อควบคุมและลดการตัดกันของกระแสจราจร ทำให้รถที่ต้องการเลี้ยวสามารถทำการเลี้ยวได้สะดวก และปลอดภัยยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกบนถนนสายหลักนอกจากจะพิจารณาเรื่องความปลอดภัยเป็นประเด็นสำคัญแล้ว สิ่งหนึ่งที่จะต้องพิจารณาร่วมด้วยก็คือ ประสิทธิภาพในการให้บริการของแยกดังกล่าว โดยทั่วไปจะประเมินในแง่ของความล่าช้าของขบวน หรือ ระยะเวลาในการเดินทางของขบวน เป็นต้น ซึ่งบ่อยครั้งจะพบการตั้งระยะเวลาของสัญญาณไฟแดง-ไฟเขียวที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะในกรณีที่ดินสายรองมีปริมาณจราจรค่อนข้างน้อยและไม่สม่ำเสมอ บ่อยครั้งจะพบว่าขบวนบนถนนสายหลักต้องจอดรอติดไฟแดงโดยไม่จำเป็น ซึ่งหากมีการปรับเปลี่ยนเป็นระบบสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะ

ที่สามารถปรับเปลี่ยนระยะเวลาไฟแดง-ไฟเขียวให้เหมาะสมกับช่วงเวลาและปริมาณจราจรแล้วน่าจะช่วยลดการสูญเสียเวลาและพลังงานจากการติดไฟแดงโดยไม่จำเป็นได้ ซึ่งหากทุกทางแยกบนถนนสายหลักที่เป็นเส้นทางสัญจรและเส้นทางกระจาย และขนส่งสินค้าได้รับการปรับปรุงดังกล่าวจะสามารถช่วยลดต้นทุนการเดินทางและการกระจายสินค้าได้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งประเด็นเพื่อศึกษาถึงแนวทางและประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้ระบบสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะแบบต่าง ๆ บริเวณสามแยกบนทางหลวงสายหลักที่มีปริมาณจราจรไม่สม่ำเสมอ โดยพิจารณาเป็นกรณีศึกษาของสามแยกประตู 1 มทส โดยจะทำการศึกษาสภาพจราจรบริเวณทางแยกประตู 1 มทส และรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นทำการศึกษารูปแบบและแนวทางการประยุกต์ใช้ระบบสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะที่เป็นไปได้แบบต่าง ๆ รวมถึงการวิเคราะห์ประสิทธิภาพโดยมุ่งเน้นในประเด็นของการลดความล่าช้าบริเวณทางแยกและระยะเวลาในการเดินทางของขบวน เพื่อให้การจัดการระบบสัญญาณไฟจราจรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาแนวทางและประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้ระบบสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะบริเวณสามแยกประตู 1 มทส ซึ่งเป็นสามแยกที่มีปริมาณจราจรรถเลี้ยวเข้า-ออกจากถนนมหาวิทยาลัยไม่สม่ำเสมอ โดยมุ่งเน้นในการเพิ่มประสิทธิภาพในด้านของการลดความล่าช้าและระยะเวลาการเดินทางของขบวน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าวจึงกำหนดวัตถุประสงค์ดังนี้

2.1 เพื่อศึกษา รวบรวมข้อมูลลักษณะทางกายภาพและปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางในช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ผ่านบริเวณทางแยกประตู 1 มทส

2.2 เพื่อศึกษารวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้มาซึ่งแนวทางในการประยุกต์ใช้ระบบสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะที่เป็นไปได้เบื้องต้นและเหมาะสมกับสภาพจราจร

2.3 เพื่อสร้างแบบจำลองจราจรแบบจุลภาคในการจำลองสภาพจราจรบริเวณทางแยกประตู 1 มทส เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์สภาพจราจรและระบบสัญญาณไฟ

2.4 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแนวทางการประยุกต์ใช้ระบบสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะรูปแบบต่าง ๆ ที่รวบรวมได้ในเบื้องต้นในด้านของการลดความล่าช้าและระยะเวลาการเดินทางของขบวน

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

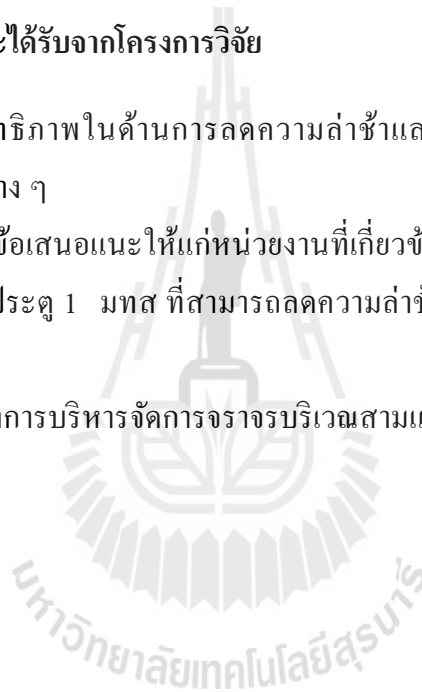
งานวิจัยนี้จำกัดขอบเขตของพื้นที่การศึกษาบริเวณแยกประตู 1 มทส โดยทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะแบบต่าง ๆ ที่เป็นไปได้และคาดว่าจะเหมาะสมสำหรับใช้ในวันและเวลาปกติในกรณีสภาพจราจรที่ไม่มีการจัดกิจกรรมพิเศษใน มทส หรือบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง นอกจากนี้ถึงแม้ว่าการพิจารณาทางเลือกของรูปแบบสัญญาณไฟจราจรจะคำนึงถึงด้านความปลอดภัยเป็นประเด็นสำคัญอยู่แล้ว แต่การประเมินประสิทธิภาพในการศึกษานี้จะจำกัดขอบเขตเพียงในเรื่องของความล่าช้าและระยะเวลาการเดินทางของขบวนเท่านั้น

4. ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิจัย

4.1.1 ทราบถึงประสิทธิภาพในด้านการลดความล่าช้าและระยะเวลาการเดินทางของระบบสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะรูปแบบต่าง ๆ

4.1.2 ได้แนวทางและข้อเสนอแนะให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้นำไปใช้ในการปรับปรุงระบบสัญญาณไฟจราจรบริเวณสามแยกประตู 1 มทส ที่สามารถลดความล่าช้าและระยะเวลาการเดินทางได้อย่างเหมาะสม

4.1.3 ทราบถึงแนวทางการบริหารจัดการจราจรบริเวณสามแยกประตู 1 มทส เพื่อรองรับปริมาณจราจรที่เปลี่ยนไปในอนาคต



บทที่ 2

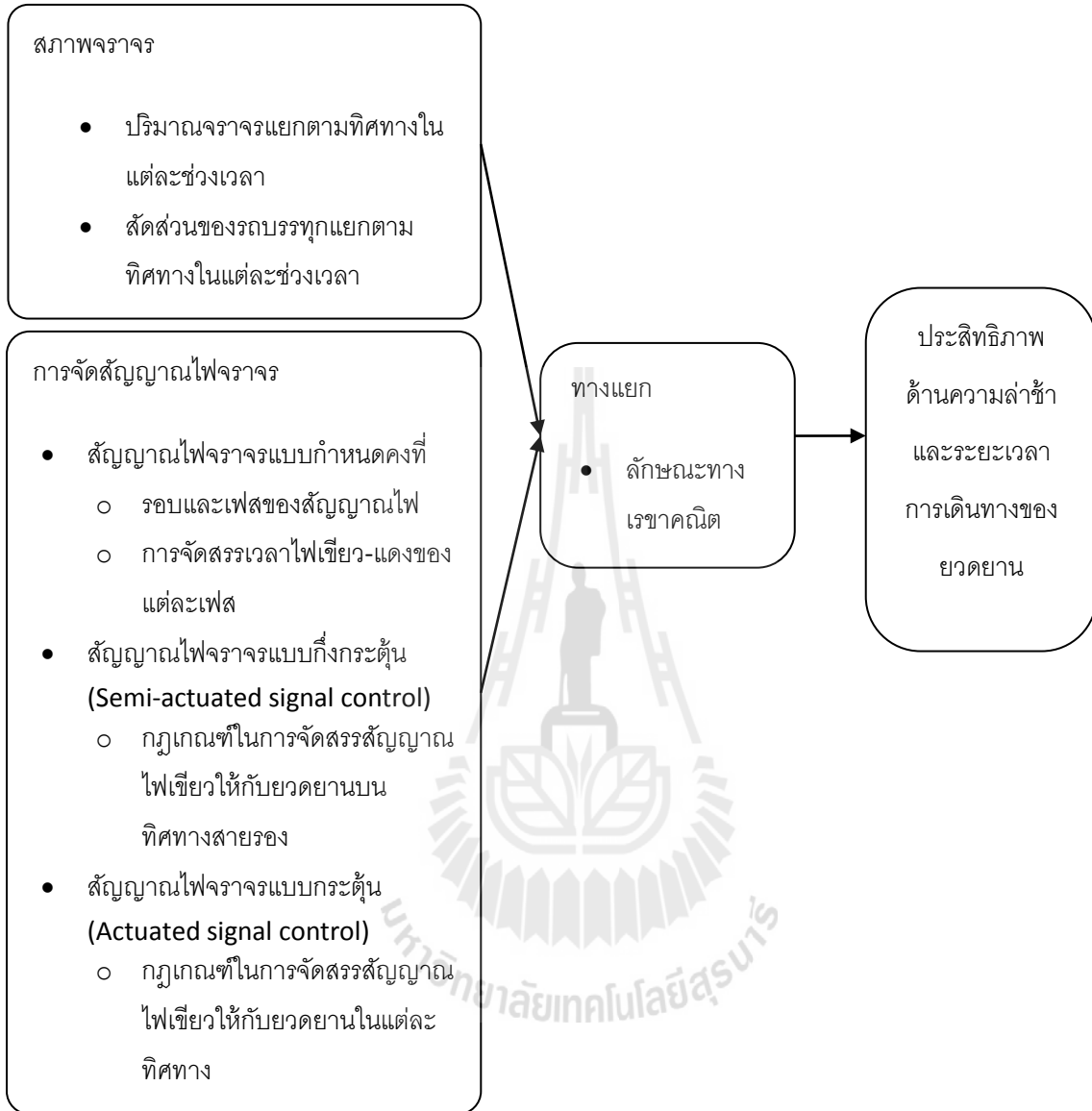
ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะบริเวณสามแยกบนทางหลวงสายหลักที่มีปริมาณจราจรไม่สม่ำเสมอ: กรณีศึกษา สามแยกประตู 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในบทนี้จะกล่าวถึงกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย (Conceptual Framework) การทบทวนแนวความคิด การจำลองพฤติกรรมจราจรโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีควบคุมสัญญาณไฟจราจรในอดีตที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน

1. กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย / ทบทวนแนวความคิด / การจำลองพฤติกรรมจราจรโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ / และผลงานการวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้จะกล่าวถึงแนวความคิดของโครงการวิจัย (Conceptual Framework) การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องแล้วจึงตามด้วยหลักฐานอ้างอิง

1.1 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย (Conceptual Framework) ประสิทธิภาพในด้านของความล่าช้าและระยะเวลาการเดินทางของขบวนที่ผ่านทางแยกนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง โดยสรุปเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ กลุ่มของสภาพจราจร และ กลุ่มของการจัดสัญญาณไฟจราจร นอกจากนั้นยังมีประเด็นในเรื่องของลักษณะทางเรขาคณิตของทางแยกที่อาจส่งผลด้วย อย่างไรก็ตามในกรณีที่เป็นการศึกษาที่ทางแยกเดี่ยวและไม่ได้มีแผนการปรับเปลี่ยนสภาพทางเรขาคณิตของทางแยกทำให้ปัจจัยในด้านนี้คงที่ ดังนั้นจึงเหลือเพียงปัจจัยในสองกลุ่มแรกเท่านั้น สำหรับกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัยนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กรอบแนวความคิดของการวิจัย

1.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสัญญาณไฟจราจร

1.2.1 การควบคุมจราจรที่ทางแยก

การควบคุมการจราจรที่ทางแยกที่มีประสิทธิภาพจะประกอบไปด้วย ป้ายจราจร (Traffic Signs) เครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง (Pavement Markings) การใช้กฎพื้นฐานของการขับขี่ (ไม่มีการควบคุม) เช่น ถ้ามีรถอื่นอยู่ก่อนแล้วให้รถที่อยู่ก่อนได้ไปก่อน แต่ถ้ามาถึงพร้อมกันและไม่มีรถอยู่ในทางแยกให้รถที่อยู่ด้านซ้ายไปก่อน (พรบ. จราจรทางบก 2522) การกำหนดสิทธิผ่าน (Right of way) เช่น ป้ายให้ทาง ป้ายหยุด เป็นต้น ตลอดจนการใช้สัญญาณไฟจราจร

ซึ่งการควบคุมจราจร โดยการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดการกระแสจราจรที่ตัดกันบริเวณทางแยกให้สามารถเดินทางผ่านไปได้อย่างปลอดภัย และมีประสิทธิภาพไม่เกิดความล่าช้าในการเดินทาง โดยแยกกระแสจราจรให้ใช้พื้นที่ร่วมกันบริเวณทางแยก คนละช่วงเวลา เทคโนโลยีได้ถูกนำมาพัฒนาระบบการควบคุมสัญญาณไฟจราจรอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการควบคุมสัญญาณไฟสามารถจำแนกได้ตามลักษณะขอวิธีการกำหนดสัญญาณไฟในแต่ละจังหวะ

1.2.2 ประเภทของสัญญาณไฟจราจร

1.2.2.1 การควบคุมแบบคงที่ (Fixed-time) จังหวะสัญญาณไฟจะถูกเลือกจากรูปแบบของจังหวะสัญญาณไฟจราจรที่ได้ออกแบบไว้ล่วงหน้า โดยใช้ข้อมูลที่เก็บมาก่อนในอดีต ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจราจร การควบคุมแบบคงที่ จะไม่สามารถปรับให้เหมาะสมกับสภาพการจราจร อย่างไรก็ตามในปัจจุบันสามารถประยุกต์การควบคุมแบบคงที่ โดยให้มีจังหวะของสัญญาณไฟจราจรคงที่ในช่วงหนึ่ง และแตกต่างกันออกไปในอีกช่วงหนึ่งของวันได้ เช่น แบ่งจังหวะสัญญาณไฟจราจรออกเป็น 3 ช่วงที่แตกต่างกัน ได้แก่ ช่วงเร่งด่วนเช้า ช่วงเร่งด่วนเย็น และนอกเวลาเร่งด่วน เป็นต้น วิธีที่นิยมใช้ในการออกแบบคือวิธีของเวบสเตอร์ (Webster, 1969) ซึ่งเหมาะสำหรับทางแยกเดี่ยวหรือทางแยกที่อยู่ห่างกันมาก การคำนวณตั้งอยู่บนสมมติฐานว่า ปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางแยกค่อนข้างคงที่และกระจายตัวเป็นแบบสุ่ม (stochastic) วัตถุประสงค์หลักของการควบคุม คือ ทำให้ความล่าช้าที่ทางแยกให้ต่ำที่สุด

1.2.2.2 การควบคุมแบบกระตุ้น (Actuated Control) การควบคุมแบบนี้ใช้การเชื่อมโยงระหว่างเครื่องตรวจจับปริมาณการจราจร (Detectors) และจังหวะสัญญาณไฟจราจร โดยปกติแล้วเฟสของจังหวะไฟจะเริ่มต้นจากค่าไฟเขียวต่ำสุด (Minimum Green) และจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อมีรถยนต์เคลื่อนมาที่เครื่องตรวจจับปริมาณการจราจร ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเฟสจะสั้นหรือยาวขึ้นอยู่กับปริมาณการจราจรว่ามีมากหรือน้อย โดยสามารถแบ่งการควบคุมแบบตอบสนองออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ (Roess, et al., 2011)

1.2.2.2.1 การควบคุมแบบกึ่งกระตุ้น (Semi-actuated control) ซึ่งจะเหมาะสมในกรณีที่ถนนสายรองที่มีปริมาณจราจรไม่มากตัดกันกับถนนสายหลัก ในกรณีนี้จะทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจนับปริมาณจราจรบนถนนสายรอง และจะให้สัญญาณไฟเขียวแก่สายหลักตลอดเวลา ยกเว้นแต่จะมีปริมาณจราจรบนถนนสายรองมากกระตุ้น จึงจะเปิดไฟเขียวให้ถนนสายรอง การควบคุมนี้มีข้อเสีย คือ ในบางเหตุการณ์ที่ปริมาณจราจรบนถนนสายรองมากจะทำให้ความล่าช้าบนถนนสายหลักสูงมาก การควบคุมแบบนี้จึงใช้ได้ดีเฉพาะกรณีที่ถนนสายรองมีปริมาณจราจรเบาบาง หรือเมื่อต้องการให้กลุ่มยานเคลื่อนที่ผ่านทางแยกบนถนนสายหลักที่มีปริมาณจราจรสูงในบางช่วงเวลาได้อย่างต่อเนื่อง เช่น ถนนสายหลักที่เชื่อมต่อกับทางเข้า-ออกที่พักรถโดยสาร สำนักงาน โรงเรียน เป็นต้น

1.2.2.2.2 การควบคุมแบบกระตุ้นเต็มที่ (Full actuated control) กรณีนี้จำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจนับปริมาณจราจรทุกขาของทางแยก ซึ่งจังหวะสัญญาณไฟจราจร รอบเวลา รวมถึงระยะเวลาไฟเขียวจะเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับปริมาณจราจรในแต่ละทิศทาง การควบคุมแบบนี้ควรใช้ควบคุมทางแยกเดี่ยวจะช่วยให้ความล่าช้าที่ทางแยกต่ำกว่าการควบคุมสัญญาณไฟจราจรคงที่ อย่างไรก็ตามถ้าปริมาณจราจรเข้าใกล้ความสามารถให้บริการจะทำให้ความล่าช้าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมากกว่าความล่าช้าจากการควบคุมสัญญาณไฟจราจรคงที่ (OECD, 1981)

1.2.2.2.3 การควบคุมแบบปริมาณจราจร-ความหนาแน่น (Volume-density control) มีลักษณะคล้ายกับการควบคุมแบบกระตุ้นเต็มที่ โดยมีคุณสมบัติเพิ่มเติมคือ สามารถปรับเปลี่ยนระยะเวลาไฟเขียวต่ำสุด (Minimum Green) และสามารถลดช่วงห่าง (Gap) ที่ใช้กระตุ้นในการต่อเวลาไฟเขียว โดยปรับให้ช่วงห่างมีค่าลดลงเรื่อย ๆ ถ้าระยะเวลาไฟเขียวสำหรับเฟสนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

1.3 การออกแบบสัญญาณไฟจราจร การออกแบบสัญญาณไฟจราจรมีด้วยกันหลายส่วน ได้แก่ รอบเวลาสัญญาณไฟ (Signal Cycle) เวลาล่าช้าของการเริ่มต้นและสุดท้าย (Start and End Lag Time) การสูญเสียเวลาของการเคลื่อนที่ (Movement Lost Time) การเคลื่อนที่วิกฤต (Critical Movement) เวลาสูญเสียเวลาของทางแยก (Intersection Lost Time) ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1.3.1 รอบเวลาสัญญาณไฟ (Signal Cycle) ถ้าดับเวลาจังหวะสัญญาณไฟช่วงเวลาที่ครบ 1 รอบของวงรอบ เรียกว่า รอบเวลาสัญญาณไฟ (c) ผลรวมของเวลาระหว่างไฟเขียวและเวลาแสดงไฟเขียวของทุกเฟส คือรอบเวลาสัญญาณไฟ (Cycle Time) สามารถคำนวณได้จากสมการ 2.1

$$c = \sum(I + G) \quad (2.1)$$

เมื่อ	C	คือ รอบเวลาสัญญาณไฟ (วินาที)
	I	คือ เวลาระหว่างไฟเขียว ได้แก่ เวลาแสดงไฟเหลือง และเวลาแสดงไฟแดงทุกด้าน (วินาที)
	G	คือ เวลาแสดงไฟเขียว (วินาที)

1.3.2 เวลาล่าช้าของการเริ่มต้นและสุดท้าย (Start and End Lag Time)

Start Lag(a) คือ ผลรวมของเวลาช่วง Intergreen บวกกับเวลาที่สูญเสียช่วงเริ่มต้น

End Lag(b) คือ เวลาล่าช้าของการสิ้นสุด

$$\text{Start Lag, } a = I + ee' \quad (2.2)$$

$$\text{End Lag, } b = ff' \quad (2.3)$$

เมื่อ	I	คือ เวลาระหว่างไฟเขียว (วินาที)
	ee'	คือ เวลาล่าช้าของการเริ่มต้น (วินาที)
	ff'	คือ เวลาล่าช้าการสิ้นสุด (วินาที)

สำหรับเวลาระหว่างไฟเขียวของการเคลื่อนที่ คือ เวลาระหว่างไฟเขียวสองเฟสที่กำลังจะเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ โดยช่วงประสิทธิภาพเขียวจะเริ่ม ($F_i + a$) และเวลาสิ้นสุด คือ ($F_k + b$) เมื่อ F_i และ F_k เป็นเวลาของการเปลี่ยนเฟส ซึ่งเริ่มต้นและหยุดตามลำดับ

1.3.3 การสูญเสียเปล่าของการเคลื่อนที่ (Movement Lost Time) การสูญเสียเปล่าของการเคลื่อนที่ (Movement Lost Time) คือ ผลต่างระหว่าง Start Lag Time กับ End Lag Time สามารถคำนวณได้ดังสมการ 2.4

$$\begin{aligned} l &= a - b \\ &= I + ee' - ff' \end{aligned} \quad (2.4)$$

เมื่อ	l	คือ เวลาสูญเสียเปล่าของการเคลื่อนที่ (วินาที)
	ee'	คือ เวลาล่าช้าของการเริ่มต้น (วินาที)
	ff'	คือ เวลาล่าช้าการสิ้นสุด (วินาที)

จากการสูญเสียเปล่าของการเคลื่อนที่ สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง Movement Lost Time กับ Display Green Time (G) และเวลาไฟเขียวประสิทธิภาพ (g) ได้ดังสมการ 2.5

$$g + l = G + I \quad (2.5)$$

1.3.4 การเคลื่อนที่วิกฤต (Critical Movement) เป็นการเคลื่อนที่ที่ใช้ในการคำนวณความจุและจังหวะสัญญาณไฟของทางแยกจากสมการ(2.1) การเคลื่อนที่วิกฤตได้อธิบายรอบสัญญาณไฟในรูปผลบวกเวลาไฟเขียวประสิทธิภาพและเวลาที่สูญเสียไฟของการเคลื่อนที่ ในขณะที่การเคลื่อนที่วิกฤตสามารถคำนวณได้จากสมการ 2.6

$$c = \sum(g + l) \quad (2.6)$$

เมื่อ c คือ รอบสัญญาณไฟ (วินาที)
 g คือ เวลาไฟเขียวประสิทธิภาพ สำหรับการเคลื่อนที่วิกฤต (วินาที)
 l คือ เวลาสูญเสียไฟของการเคลื่อนที่ สำหรับการเคลื่อนที่วิกฤต (วินาที)

1.3.5 เวลาสูญเสียของทางแยก (Intersection Lost Time) เวลาสูญเสียของทางแยก (L) สามารถคำนวณได้จากสมการ 2.7

$$L = \sum l \quad (2.7)$$

เมื่อ L คือ เวลาสูญเสียของทางแยก (วินาที)
 l คือ เวลาสูญเสียไฟของการเคลื่อนที่ สำหรับการเคลื่อนที่วิกฤต (วินาที)

1.3.6 การออกแบบรอบเวลาสัญญาณไฟที่เหมาะสม (Optimum Cycle Time) เป็นการออกแบบรอบสัญญาณไฟแบบคงที่ (Fixed-time) ที่ทำให้ความล่าช้าของรถที่วิ่งผ่านทางแยกน้อยที่สุด ซึ่งในทางปฏิบัติรอบสัญญาณไฟควรมีค่าต่ำสุด 50 วินาที และมีค่าสูงสุดไม่เกิน 120 วินาที เนื่องจากการมีรอบสัญญาณไฟที่สั้นเกินไปจะทำให้เกิดความไม่ปลอดภัย และการมีรอบสัญญาณไฟที่ยาวเกินไปจะทำให้เกิดความล่าช้าของรถที่วิ่งเข้าสู่ทางแยกสูง การคำนวณหารอบเวลาสัญญาณไฟที่เหมาะสมจะใช้สมการ Webster ดังสมการ 2.8

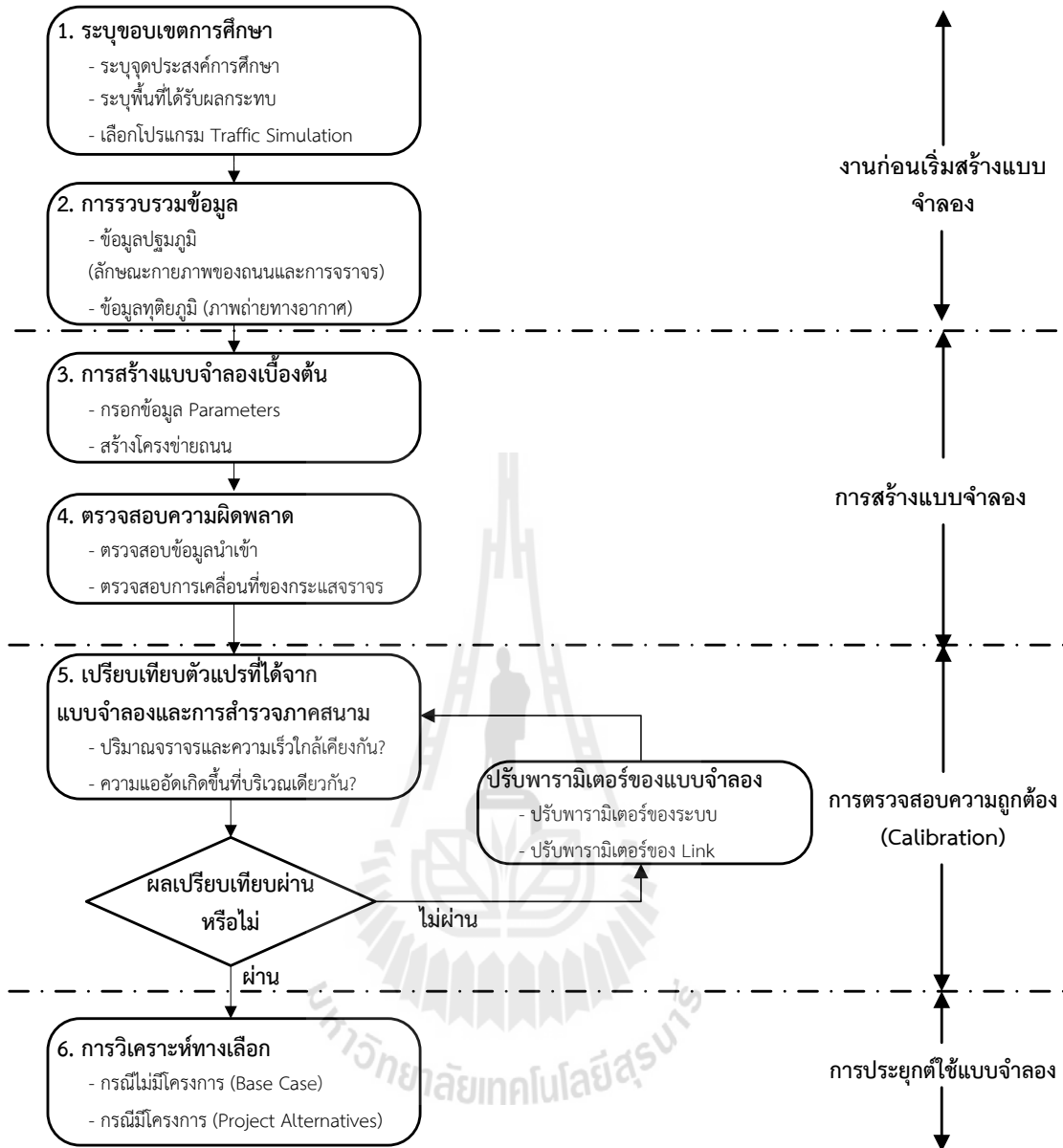
$$C = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^n y_i} \quad (2.8)$$

เมื่อ	C	คือ รอบเวลาสัญญาณไฟที่เหมาะสม
	L	คือ เวลาที่สูญเสียทั้งหมดใน 1 รอบสัญญาณไฟจราจร
	y_i	คือ อัตราส่วนของปริมาณจราจรต่ออัตราการไหลอิมตัว ของทิศทางการเคลื่อนที่ที่วิกฤติที่ จังหวะสัญญาณไฟจราจร
	n	คือ จำนวนจังหวะสัญญาณไฟ

1.4 การพัฒนาแบบจำลองการจราจรแบบจุลภาค

การศึกษาการควบคุมและเขียนโปรแกรมที่ใช้ควบคุมสัญญาณไฟจราจรในแบบจำลองจราจร ในครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้กระบวนการพัฒนาแบบจำลองการจราจร (Traffic Simulation) ที่เสนอโดย FHWA (Dowling et al., 2004A) ดังแสดงรูปที่ 2.2 ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้





แหล่งที่มา: ดัดแปลงจาก Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Software (Dowling et al., 2004A)

รูปที่ 2.2 กระบวนการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจร

1.5 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง หรือการปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration) คือ การปรับตัวแปรพารามิเตอร์ของแบบจำลองเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของแบบจำลองให้สามารถจำลองพฤติกรรมจราจรของผู้ขับขี่บนพื้นที่ศึกษา (Local driver behavior) และลักษณะสภาพการจราจร (Traffic performance characteristics) ได้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด การปรับเทียบแบบจำลองจะดำเนินการหลังจากกระบวนการตรวจสอบความผิดพลาดของการกรอกข้อมูล และสร้างโครงข่ายถนนเสร็จสิ้นแล้ว โดยโปรแกรมจำลองการจราจรที่มีขายทั่วไปถูกพัฒนาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถปรับตัวแปรพารามิเตอร์ได้ทุกตัวแปร เพื่อวัตถุประสงค์ในการปรับเทียบแบบจำลองให้ใกล้เคียงกับสภาพของพื้นที่ศึกษา ผู้พัฒนาโปรแกรมกำหนดค่าแนะนำเบื้องต้น (default values) สำหรับตัวแปรพารามิเตอร์เหล่านี้ แต่มีพื้นที่ศึกษาน้อยมากที่แบบจำลองสามารถจำลองผลได้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง โดยใช้ค่าแนะนำเบื้องต้นทั้งหมดที่โปรแกรมกำหนดมา ผู้วิเคราะห์ควรดำเนินการทดสอบปรับเทียบแบบจำลองเพื่อพิสูจน์ว่า แบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นสามารถจำลองสภาพการจราจร และพฤติกรรมจราจรของผู้ขับขี่บนพื้นที่ศึกษาได้ใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุด ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการปรับเทียบแบบจำลอง คือ การค้นหาเซตของตัวแปรพารามิเตอร์ที่สามารถจำลองสภาพจริงของพื้นที่ศึกษาได้ใกล้เคียงที่สุด (Dowling et al., 2004B) ข้อมูลที่นิยมใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง เช่น ปริมาณจราจรที่ทางแยก (Turning count) เวลาเดินทาง (Travel Time) ความล่าช้า (Delay) และแถวคอย (Queue) เป็นต้น โดยเวลาเดินทางสามารถสำรวจได้โดยวิธี Floating car runs ซึ่งวิธีจะดำเนินการโดยให้รถวิ่งตามกระแสดูจราจรบนพื้นที่ศึกษาระหว่างช่วงเวลาที่ทำกรวิเคราะห์เพื่อสำรวจหาเวลาที่ใช้เดินทางผ่านพื้นที่ศึกษา จำนวนครั้งของรถวิ่งที่ต้องการเพื่อคำนวณหาค่าเวลาเดินทางเฉลี่ยขึ้นกับความผันแปรของเวลาการเดินทางที่สำรวจได้ โดยทดสอบตามหลักสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนความล่าช้าที่ทางแยกสามารถสำรวจจาก ความล่าช้าของรถที่หยุด (Stopped Delay) ของแต่ละขาของทางแยก โดยนับจำนวนรถที่หยุดรอสัญญาณไฟบนแต่ละขาของทางแยกตามช่วงเวลา เช่น ทุกๆ 30 วินาที เป้าหมายการปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration Targets) ถูกกำหนดขึ้น เพื่อให้ผู้วิเคราะห์ใช้เป็นเป้าหมายในการปรับเทียบแบบจำลอง ผู้วิเคราะห์จะหยุดปรับปรุงแบบจำลองเมื่อผลของแบบจำลองผ่านเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยเกณฑ์เป้าหมายการปรับเทียบแบบจำลองเป็นค่ากำหนดขั้นต่ำสุดสำหรับการสร้างแบบจำลองการจราจร และตัวแปรเป้าหมายถูกกำหนดเปลี่ยนแปลงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา และข้อมูลที่สามารถรวบรวมได้ โดยในการศึกษานี้ได้พิจารณาใช้ ความยาวแถวคอยสูงสุด (Maximum queue length) เพื่อปรับเทียบแบบจำลอง และใช้เกณฑ์และตัวแปรในการปรับเทียบแบบจำลองที่เสนอโดย Wisconsin Department of Transport (Freeway System Operational Assessment, 2002) ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์และตัวแปรในการปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration Criteria)

เกณฑ์และตัวแปร	เป้าหมายการปรับเทียบ
<p>ปริมาณจราจรต่อชั่วโมง (เปรียบเทียบระหว่างผลจากแบบจำลองและการสำรวจภาคสนาม)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ปริมาณจราจรแต่ละ Link <ul style="list-style-type: none"> ○ ผลต่างไม่เกิน 15% สำหรับ 700 vph < ปริมาณจราจร < 2,700 vph ○ ผลต่างไม่เกิน 100 vph สำหรับ ปริมาณจราจร < 700 vph ○ ผลต่างไม่เกิน 400 vph สำหรับ ปริมาณจราจร > 2,700 vph ● รวมปริมาณจราจรทุก Links ● ค่า GEH* < 5 สำหรับ ปริมาณจราจรแต่ละ Link ● ค่า GEH* < 5 สำหรับ ปริมาณจราจรรวมทุก Links 	<ul style="list-style-type: none"> > 85% ของ links ทั้งหมด > 85% ของ links ทั้งหมด > 85% ของ links ทั้งหมด < 5% ของปริมาณจราจรรวมทุก Links > 85% ของ links ทั้งหมด GEH < 4 สำหรับปริมาณจราจรรวมทุก Links
<p>เวลาเดินทาง (เปรียบเทียบระหว่างผลจากแบบจำลองและการสำรวจภาคสนาม)</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ● เวลาเดินทางบนโครงข่ายถนนต่างกันไม่เกิน 15% (หรือไม่เกิน 1 นาที) 	<ul style="list-style-type: none"> > 85% ของเส้นทางทั้งหมด
<ul style="list-style-type: none"> ● การประเมินด้วยสายตา <ul style="list-style-type: none"> ○ ความเร็วแยกในแต่ละ link : กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Speed-Flow อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เมื่อประเมินด้วยสายตา 	<ul style="list-style-type: none"> ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของผู้ประเมิน
<ul style="list-style-type: none"> ● การประเมินด้วยสายตา <ul style="list-style-type: none"> ○ คอขวด : แถวคอยอยู่ในเกณฑ์ที่รับได้เมื่อประเมินด้วยสายตา 	<ul style="list-style-type: none"> ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของผู้ประเมิน

หมายเหตุ* ค่า GEH คำนวณจากสมการที่ 2.9

แหล่งที่มา: ดัดแปลงจาก Paramics Calibration & Validation Guidelines (Freeway System Operational Assessment, 2002)

$$GEH = \sqrt{\frac{(V - E)^2}{(E + V)/2}} \quad (2.9)$$

โดย E = ปริมาณจรรยาผลจากแบบจำลอง
 V = ปริมาณจรรยาที่สำรวจได้

จากเกณฑ์และตัวแปรในการเปรียบเทียบแบบจำลองของแถวคอยจะต้องประเมินด้วยสายตาดังนั้น เราจึงเสนอเกณฑ์ในการใช้เป็นตัวชี้วัด ผลค่าคลาดเคลื่อนร้อยละสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ซึ่งจะต้องคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10 %

1.6 ผลการศึกษาและวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้อง

พลเทพ (2553) เสนอวิธีการออกแบบสัญญาณไฟจราจรที่สามารถทำงานได้ดีทั้งในกรณีที่สภาพจราจรต่ำกว่าและสูงกว่าระดับสภาพจราจรอึมตัว โดยหลักการใหม่ที่ใช้จะพยายามป้องกันไม่ให้เกิดจุดติดสัญญาณไฟแดงจนกระทั่งเกิดแถวคอยที่ยาวจนสั้นไปถึงแยกที่อยู่ติดกัน ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงเปลี่ยนวิธีการจำลองแถวคอยจากเดิมใช้วิธีจำลองแถวคอยในแนวดิ่งเป็นวิธีการจำลองแถวคอยในแนวนอนแทน ซึ่งทำให้สามารถจำลองปรากฏการณ์การล้นข้ามทางแยกได้เป็นอย่างดี และเนื่องจากวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ การออกแบบระบบสัญญาณไฟสำหรับโครงข่ายถนนทำให้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบสัญญาณไฟซึ่งปกติแล้วในกรณีทางแยกเดี่ยวจะใช้ตัวชี้วัดในแง่ของความล่าช้าในการเดินทางเท่านั้น ผู้วิจัยจึงเพิ่มตัวชี้วัดในด้านอื่นที่สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบโครงข่ายมากขึ้นเข้าไปในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้แก่ การล้นข้ามทางแยก ความเท่าเทียมของความล่าช้า และการระบายรถยนต์ออกจากโครงข่ายจราจร ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าหลักการใหม่มีประสิทธิภาพดีกว่าในแง่ของการลดความเสี่ยงของการล้นข้ามทางแยก ซึ่งทำให้หลักการใหม่มีความเหมาะสมมากสำหรับการประยุกต์ใช้ในกรณีสภาพจราจรที่สูงกว่าระดับอึมตัว

สันติ (2552) ได้ทำการจำลองระบบสัญญาณไฟแบบตอบสนองในระดับห้องปฏิบัติการ โดยใช้หลักการตั้งค่าเวลาแบบง่ายโดยกำหนดขึ้นเองและไม่ได้อิงหลักของการออกแบบสัญญาณไฟจราจร โดยมีจุดมุ่งหมายหลักคือการทดสอบด้านเทคโนโลยีของระบบตรวจนับปริมาณจราจรเป็นหลัก ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบที่จำลองขึ้นพบว่ามีความเป็นไปได้ในการพัฒนาเป็นอุปกรณ์ต้นแบบในการนำไปใช้งานจริง

ทวี (2545) ทำการศึกษาและพัฒนาวิธีการควบคุมสัญญาณไฟจราจรภายใต้สภาพจราจรอึมตัว โดยทำการประเมินและเปรียบเทียบวิธีการหลาย ๆ วิธีทั้งแบบการควบคุมแบบคงที่ การควบคุมแบบตอบสนอง และการควบคุมแบบปรับเปลี่ยนในหลายรูปแบบ ซึ่งในการศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ในกรณีโครงข่ายถนนซึ่งได้นำปัญหาการล้นข้ามทางแยกเข้ามาพิจารณาด้วย ผลการศึกษพบว่าวิธีควบคุมที่มีการปรับเปลี่ยนตาม

ปริมาณจราจรจะให้ผลที่ดีกว่าวิธีควบคุมแบบคงที่ นอกจากนั้นประสิทธิภาพยังขึ้นอยู่กับวิธีการกำหนดวิธีในการจัดสรรระยะเวลาไฟเขียวด้วย

ปฏิภาณ (2549) ทำการศึกษาผลของการควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบกระตุ้นที่บริเวณทางแยกเดี่ยวแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น โดยทำการเปรียบเทียบผลของความล่าช้าของขบวนก่อนและหลังการติดตั้งสัญญาณไฟ โดยมีสมมติฐานของการศึกษาคือหลังจากการประยุกต์ใช้การควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบตอบสนองที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามปริมาณจราจรแล้วจะทำให้ความล่าช้าของขบวนลดลงได้ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าในภาพรวมความล่าช้าบนทางเอมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ความล่าช้าที่ขาทางแยกบนทางโทมีค่าลดลง อย่างไรก็ตามผลดังกล่าวเป็นการเปรียบเทียบในกรณีก่อนและหลังการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบตอบสนอง ซึ่งผู้วิจัยไม่ได้อธิบายชัดเจนถึงลักษณะการควบคุมจราจรในกรณีก่อนการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรว่าเป็นแบบใดระหว่างไม่มีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรใด ๆ ใดที่บริเวณทางแยก หรือมีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยกอยู่แล้วแต่เป็นแบบการควบคุมคงที่ ซึ่งถ้าเป็นกรณีที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจรใด ๆ ติดตั้งอยู่ก่อนก็น่าที่จะมีความเป็นไปได้ที่ขบวนบนทางเอจะมีค่าความล่าช้าเพิ่มขึ้นทั้งนี้เนื่องจากจำเป็นต้องจอดติดไฟแดงเพิ่มขึ้นจากเดิมอย่างแน่นอน

วีระชัย และคณะ (2554) ทำการศึกษาผลของการประยุกต์ใช้ระบบสัญญาณไฟจราจรแบบอัจฉริยะบริเวณช่วงหนึ่งของถนนมิตรภาพ โดยเริ่มตั้งแต่บริเวณแยกขอนแก่นไปจนกระทั่งถึงทางแยกหน้าห้างเทสโก้โลตัส รวมทั้งหมดจำนวน 3 ทางแยก ซึ่งพิจารณาเฉพาะกรณีนอกช่วงเวลาเร่งด่วนที่ไม่มีตำรวจจราจรมาควบคุมสัญญาณไฟจราจร โดยใช้หลักการเหลื่อม (offset) ของการให้สัญญาณไฟเขียวระหว่างแยกที่ติดกันโดยขึ้นกับความเร็วที่ตั้งไว้และระยะทางระหว่างทางแยก ซึ่งได้กำหนดความเร็วไว้ที่ 50 กม/ชม ผลการศึกษาพบว่ามีมากกว่า 90% ของผู้ขับขี่ที่ขับขี่ด้วยความเร็วประมาณ 50 กม/ชม จะได้สัญญาณไฟเขียวที่ทางแยกหน้าพอดี

ศิวกร อมตวีระกุล และคณะ (2556) ทำการศึกษาวิธีลดความล่าช้าที่ทางแยกเดี่ยวด้วยการปรับรอบสัญญาณไฟจราจร (กรณีศึกษา: แยกก้านธารทิพย์ ถ.พุทธบูชา) ซึ่งหนึ่งในสาเหตุของปัญหาการจราจรในปัจจุบัน คือ การจัดสัญญาณไฟจราจรไม่เหมาะสมกับปริมาณและรูปแบบของกระแสจราจรเนื่องจากปริมาณและรูปแบบการจราจรเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา แต่ไม่มีการบำรุงรักษาและปรับรอบสัญญาณไฟจราจรให้เหมาะสม ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการปรับรอบสัญญาณไฟจราจรบนทางแยกเดี่ยวด้วยแบบจำลองการจราจร และเสนอแนวทางการปรับรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมกับปริมาณจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การปรับรอบสัญญาณไฟจราจรสามารถลดความล่าช้าในการเดินทางได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับเวลาและค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง ผู้วิจัยเสนอว่าควรมีการพิจารณาปรับรอบสัญญาณไฟจราจรอย่างสม่ำเสมอเพื่อรักษาความสมดุลของกระแสจราจรที่เข้าสู่

ทางแยก อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในกรณีของชุดทางแยก ซึ่งควรมีการใช้มีสัญญาณไฟจราจรแบบประสานสัมพันธ์แบบอัตโนมัติ

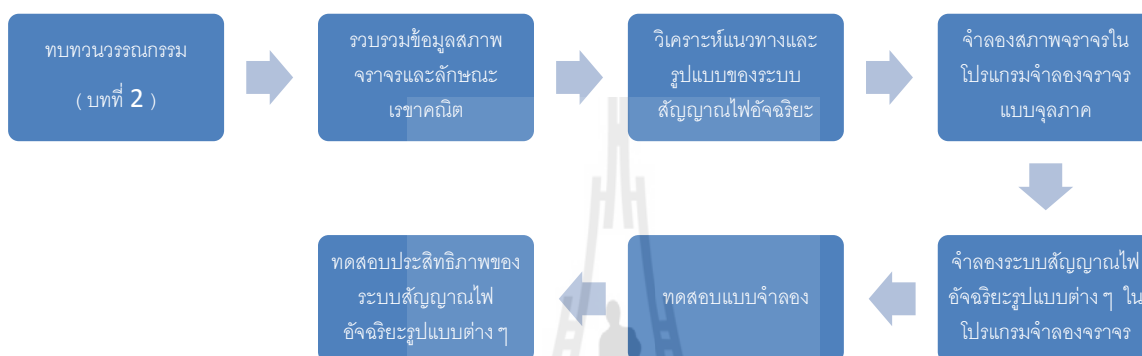
ชัยวัฒน์ ใหญ่บ่ก และคณะ (2556) ทำการศึกษาวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกบนถนนกาญจนาภิเษก ตั้งแต่ทางแยกสถานีขนส่งถึงทางแยกคอหงส์ ซึ่งการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาการจราจรและเพื่อวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกบนถนนกาญจนาภิเษก ตั้งแต่ทางแยกสถานีขนส่งอำเภอหาดใหญ่จนถึงทางแยกคอหงส์ โดยยกตัวอย่างกรณีศึกษาจำนวน 3 ทางแยก ประกอบด้วย แยกคลองเรียน แยกปทุมฉนวน และแยกหน้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คณะผู้วิจัยได้สำรวจข้อมูลปริมาณการจราจร ความเร็ว ความล่าช้า และเวลารอบสัญญาณไฟจราจร และตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของทั้งสามทางแยก จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำมาสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรของทางแยกในระดับจุลภาคด้วยโปรแกรม VISSIM และนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาวิเคราะห์สภาพการจราจรในปัจจุบันเปรียบเทียบกับสถานการณ์จำลองที่มีมาตรการจัดการจราจร ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำมาเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาการจราจรในบริเวณดังกล่าว ตลอดจนเป็นตัวอย่างของการปรับปรุงสภาพทางกายภาพของบริเวณทางแยกอื่นๆ ต่อไป

พรณรงค์ เลื่อนเพ็ชร และคณะ (2556) ทำการศึกษาระยะห่างที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจร บนทางพิเศษสำหรับการประยุกต์ใช้ในระบบจราจรอัจฉริยะ ซึ่งการศึกษานี้เป็นการประเมินระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรบนทางพิเศษที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในระบบจราจรอัจฉริยะ (ITS) จากผลการศึกษาพบว่าระยะห่างที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรอยู่ในช่วงระยะ 1,500 – 2,000 เมตร ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีความเหมาะสมในแง่ของประสิทธิภาพการรายงานผลข้อมูลสภาพจราจร (ค่าร้อยละความผิดพลาดไม่เกิน 15%) และงบประมาณที่เหมาะสมในการลงทุนติดตั้ง (อยู่ในช่วง 10-20 ล้านบาท) นอกจากนี้ การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรในช่วงระยะห่าง 1,000-2,000 เมตร ยังมีความเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้รายงานผลสภาพจราจรที่ความถี่ทุกๆ 5 นาที เนื่องจากสามารถคาดการณ์ความยาวแถวคอยที่เกิดขึ้นได้ภายในช่วงระยะการติดตั้งซึ่งจะช่วยให้ผู้ขับขี่สามารถรับทราบข้อมูลสภาพจราจรและเกิดพฤติกรรมวางแผนการเดินทางที่เหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงการจราจรที่ติดขัด โดยเฉพาะเมื่อรับทราบข้อมูลสภาพจราจรในระหว่างการเดินทาง (En-Route) และเป็นการกำหนดมาตรฐานในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรบนทางพิเศษที่คำนึงถึงประสิทธิภาพความแม่นยำในการรายงานผลข้อมูลสภาพจราจรเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ทาง และส่งเสริมให้การวางแผนการใช้งบประมาณภายในหน่วยงานเกิดประสิทธิภาพอย่างสูงสุด

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยประกอบไปด้วยขั้นตอนการดำเนินวิจัยทั้งหมด 7 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้



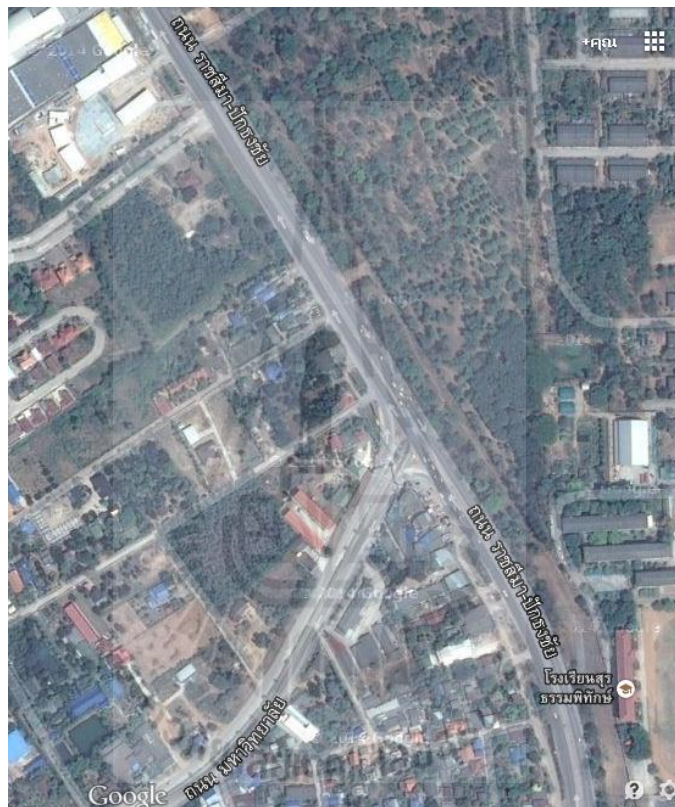
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการวิจัย

1. การรวบรวมข้อมูลสภาพจราจรและลักษณะเรขาคณิตของทางแยกที่ศึกษา

ในการรวบรวมข้อมูลสภาพจราจรและลักษณะเรขาคณิตของทางแยกที่ศึกษา จะทำโดยการเก็บข้อมูลปริมาณจราจรแยกตามทิศทางในหลาย ๆ ช่วงเวลาเพื่อให้ทราบถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจราจรในแต่ละช่วงเวลา โดยอย่างน้อยต้องทราบปริมาณจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า เร่งด่วนเย็น และนอกช่วงเวลาเร่งด่วนตอนกลางวัน นอกจากนั้นควรต้องเก็บข้อมูลจราจรสำหรับทั้งวันหยุดราชการและวันทำงานปกติด้วย แล้วจึงจะดำเนินการเก็บข้อมูลทางภาคสนามด้วยกล้องวิดีโอ เพื่อใช้ข้อมูลมาสร้างแบบจำลองโดยมีปรารภเปรียบเทียบแบบจำลองเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพจริงมากที่สุดและวิเคราะห์ผลแบบจำลอง ซึ่งในการศึกษา งานวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจข้อมูลภาคสนามที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง และการพิจารณาเลือกโปรแกรมที่นำมาใช้ในการจำลองจราจร โดยบริเวณที่ทำการศึกษาคือ ทางบริเวณทางแยกหน้าประตู 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (แยกหนองปรุ)

บริเวณแยกทางเข้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีนี้ เป็นสามแยกบนถนนกบินทร์บุรี-ปักธงชัย ซึ่งตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ ต. ปรุใหญ่ อ.เมืองนครราชสีมา จ.นครราชสีมา บริเวณแยกนี้เป็นจุดตัดของทางหลวง

หมายเลข 304 ซึ่งทางสายนี้ เป็นทางเชื่อมระหว่างภาคจากทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อีสาน) บริเวณแยกทางเข้าหน้าประตูมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นทางแยก 3 ขา รูปตัว T ทั้ง 3 ทิศทางมีเกาะกลางและมีช่องจราจร 2 ช่องต่อทิศทาง ความกว้างช่องจราจรถนนมหาวิทยาลัยฯ กว้าง 3.5 เมตร (ไม่รวมระยะไหล่ทาง) และความกว้างของช่องจราจรทางหลวงหมายเลข 304 กว้าง 3 เมตร (ไม่รวมระยะไหล่ทาง) มีการควบคุมทางแยกโดยใช้สัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาคงที่ (Fixed- or Pre-time Control) ดังแสดงในรูปภาพที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ทางบริเวณทางแยกหน้าประตูมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (แยกหนองปรุ)

1.1 ข้อมูลสภาพจราจร

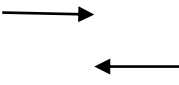

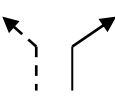
1.1.1 ข้อมูลแถวคอยสูงสุด ความยาวแถวคอยสูงสุดของแต่ละขาที่จอตรอสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก

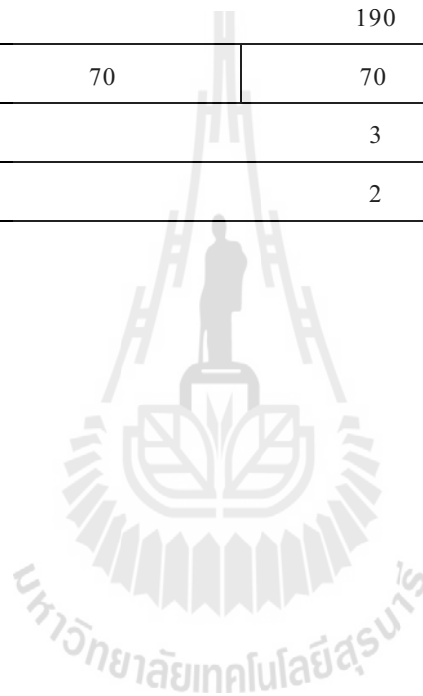
1.1.2 ข้อมูลปริมาณจราจร เป็นข้อมูลปริมาณจราจรแต่ละทิศทางที่ออกจากทางแยก โดยแยกประเภทของยานพาหนะ เวลาในการสำรวจปริมาณการจราจร ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า 07:00-9:00, ช่วงเวลา

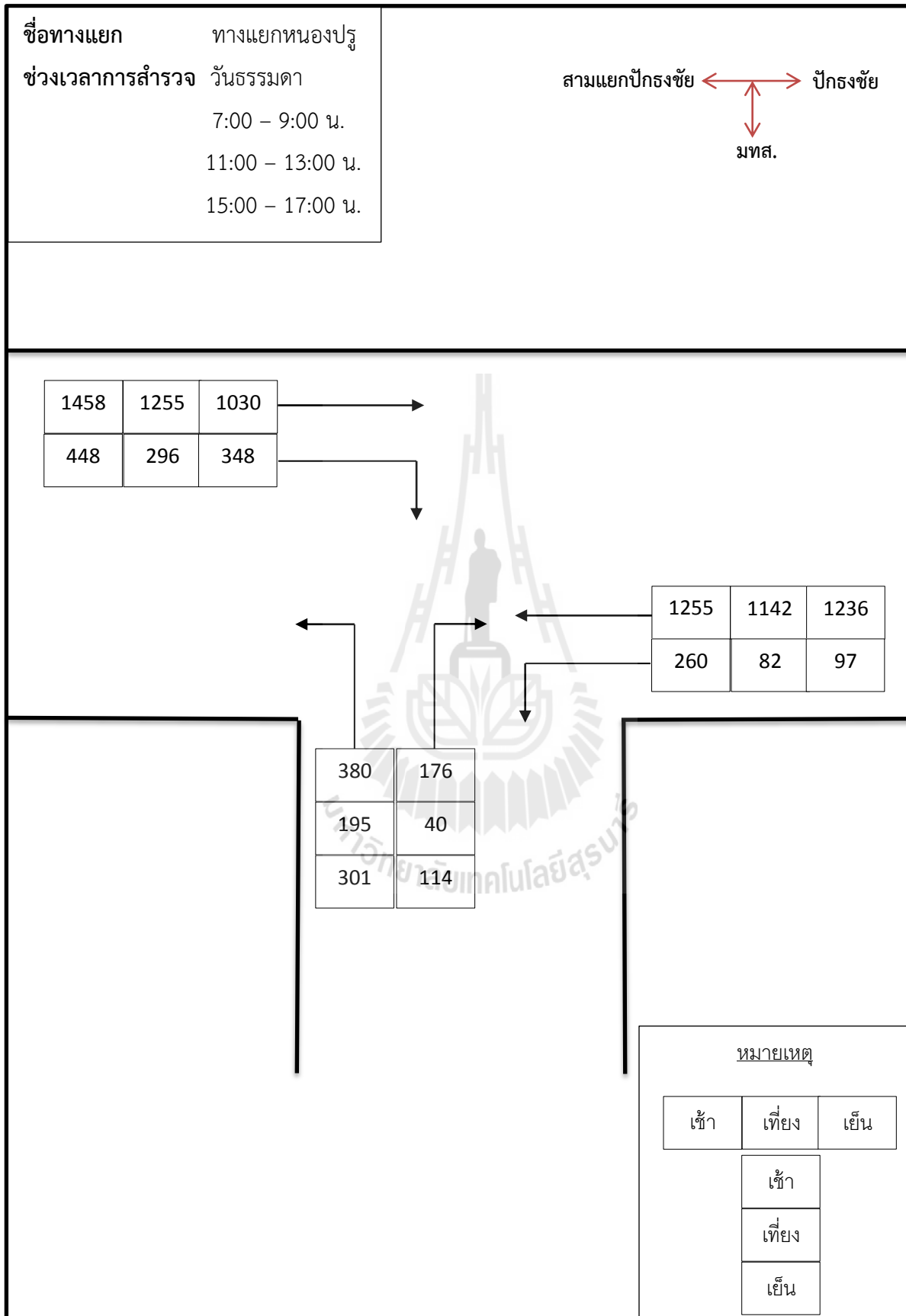
ไม่เร่งด่วน 11:00-13:00 และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น 15.00:17:00 ในวันที่ทำการศึกษาคือ วันพฤหัสบดีที่ 14 กุมภาพันธ์ 2556 และวันอาทิตย์ที่ 17 กุมภาพันธ์ 2556 ดังแสดงในรูปที่ 3.3 และ 3.4

1.1.3 ข้อมูลสัญญาณไฟจราจร ทางแยก(แยกหนองปรู) ดังแสดงในตารางที่ 3.1

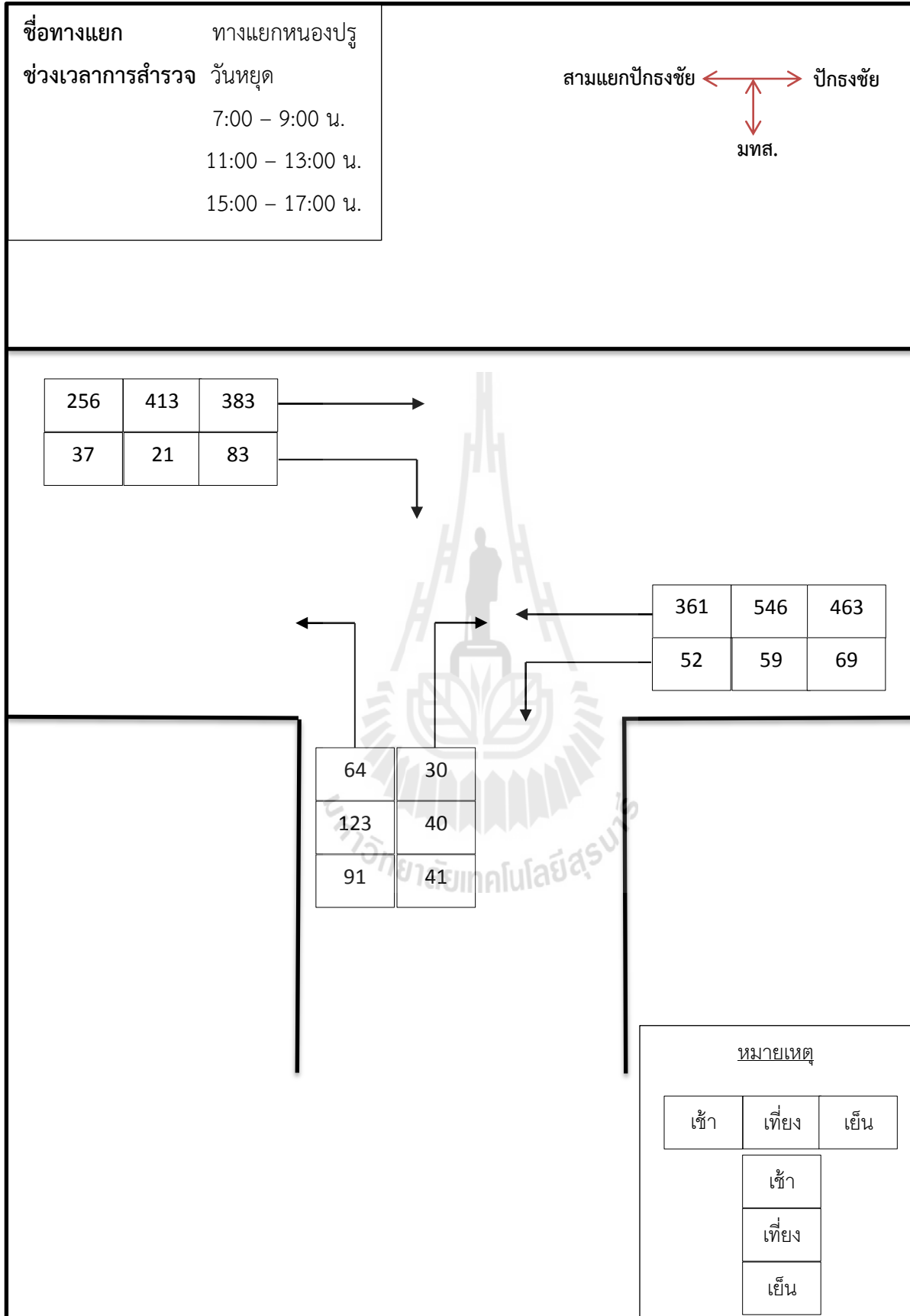
ตารางที่ 3.1 จังหวะสัญญาณไฟจราจร ทางแยก(แยกหนองปรู)

	A1	A2	B
ทิศทาง			
รอบสัญญาณไฟ (วินาที)	190		
เวลาไฟเขียว (วินาที)	70	70	35
เวลาไฟเหลือง (วินาที)	3		
ไฟแดงทุกขา (วินาที)	2		





รูปที่ 3.3 ผลการสำรวจปริมาณจราจรวันธรรมดา (veh./hr.)



รูปที่ 3.4 ผลการสำรวจปริมาณจราจรวันหยุด (veh./hr.)

1.2 ลักษณะเรขาคณิตของทางแยกที่ศึกษา

ข้อมูลลักษณะเรขาคณิตของทางแยกที่ศึกษา ได้แก่ จำนวนช่องจราจร ความกว้างของช่องจราจร การควบคุมสัญญาณไฟจราจรและจังหวะรอบสัญญาณไฟจราจร ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ลักษณะเรขาคณิตของทางแยก (แยกหนองปรู)

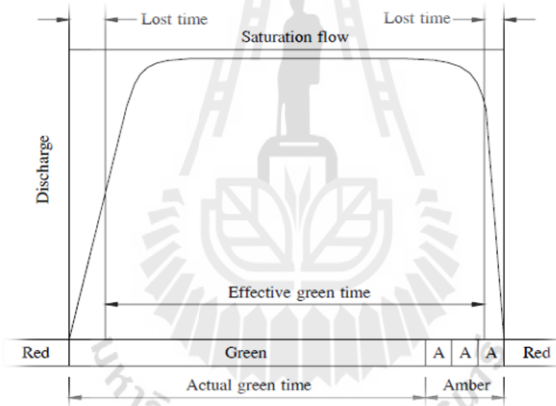
	ช่องจราจร		ความกว้างไหล่ทาง (เมตร)	
	จำนวนช่องจราจร	ความกว้าง (เมตร)	เหนือ/ตะวันออกของถนน	ใต้/ตะวันตกของถนน
ถนนสายหลัก หมายเลขทางหลวง 304	4	3	2.5	2.5
ถนนสายรอง ถนน มทส	4	3.5	2.5	2.5
	ความกว้างทางเท้า		ระยะช่องรอเลี้ยว	
	เหนือ/ตะวันออก ของถนน	ใต้/ตะวันตก ของถนน	ความกว้าง (เมตร)	ความยาว (เมตร)
ถนนสายหลัก หมายเลขทางหลวง 304	-	-	3	110
ถนนสายรอง ถนน มทส	-	-	-	-

2. วิเคราะห์แนวทางและรูปแบบของระบบสัญญาณไฟอัจฉริยะ

การวิเคราะห์แนวทางและรูปแบบของระบบสัญญาณไฟอัจฉริยะในงานวิจัยนี้ จะวิเคราะห์แนวทางและรูปแบบของระบบสัญญาณไฟโดยแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ การควบคุมสัญญาณไฟแบบตั้งเวลาที่หลายแผน (Multiple time plan) การควบคุมสัญญาณไฟแบบกึ่งกระตุ้น (Semi-actuated control) และ การควบคุมสัญญาณไฟแบบกระตุ้นเต็มที่ (Full actuated control) ดังแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การควบคุมสัญญาณไฟแบบตั้งเวลาคงที่หลายแผน (Multiple time plan)

การควบคุมสัญญาณไฟแบบตั้งเวลาคงที่หลายแผน (Multiple time plan หรือ Pre-time Control) จังหวะสัญญาณไฟจะถูกเลือกรูปแบบของจังหวะสัญญาณไฟจราจรที่ได้ออกแบบไว้ล่วงหน้า โดยใช้ข้อมูลที่เก็บมาก่อนในอดีต ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจราจร การควบคุมแบบคงที่ จะไม่สามารถปรับให้เหมาะสมกับสภาพการจราจร จึงควรจัดให้มีชุดการควบคุมสัญญาณไฟแบบคงที่มากกว่า 1 ชุด เพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณจราจรเฉลี่ยในแต่ละช่วงของวัน เช่น แบ่งเป็นชุดการควบคุมในช่วงเวลาเช้ากลางวัน เย็น และหลังเที่ยงคืน วิธีที่นิยมใช้กันแพร่หลายคือวิธีการคำนวณด้วย สมการของ เวปสเตอร์ (Webster, 1969) เหมาะสำหรับทางแยกเดี่ยวหรือทางแยกที่อยู่ห่างกันมาก ค่าจะตั้งอยู่บนสมมติฐานว่าปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางแยกค่อนข้างคงที่และกระจายตัวเป็นแบบสุ่ม (stochastic) วัตถุประสงค์หลักของการควบคุมคือทำให้ความล่าช้าที่ทางแยกให้ต่ำที่สุด (ปกาสิต จิรศักดิ์, 2549)



รูปที่ 3.5 อัตราการไหลของปริมาณจราจรในช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียว ที่มา : Garber และ Hoel, 1996

รูปที่ 3.5 เป็นภาพแสดงอัตราการไหลอิมตัวและเวลาสูญเสียไปทั้งช่วงเริ่มต้นและสิ้นสุดสัญญาณไฟเขียวที่ปรากฏทั่วไป การไหลอิมตัวของจราจร (Saturation Flow Rates) และเวลาที่สูญเสีย (Lost Time) เป็นองค์ประกอบสำคัญในการวิเคราะห์เวลาสัญญาณไฟ โดยเวลาที่สูญเสียเป็นเวลาสูญเสียไปในช่วงเริ่มต้นของสัญญาณไฟเขียวก่อนที่ขบวนรถจะเริ่มเคลื่อนที่ผ่านทางแยก รวมถึงเวลาที่สูญเสียไปในช่วงสิ้นสุดสัญญาณไฟเขียว การไหลอิมตัวของจราจรเป็นอัตราการไหลสูงสุดของการจราจรที่จะสามารถผ่านทางนั้นได้ภายใต้สภาพการจราจร และทางที่เป็นอยู่ โดยสมมติว่าในช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียวขบวนรถที่อยู่ในแถวคอยเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไปการไหลอิมตัวของจราจรมักกล่าวเป็นคันท่อชั่วโมง เวลาไฟเขียว

ในกรณีไม่มีข้อมูลอัตราการไหลอ้อมตัวของการจราจร ต้องให้ใช้ค่าอัตราการไหลอ้อมตัวเท่ากับ 1800 1700 และ 1600 คันต่อชั่วโมง เวลาไฟเขียวสำหรับช่องทางตรงไป ช่องทางเลี้ยวซ้าย และช่องทางเลี้ยวขวา ตามลำดับ โดยปกติ ค่าสัญญาณมักใช้เท่ากับ 2 วินาที สำหรับกรณีทั่วไป (ปกาสิต จิรศักดิ์, 2549)

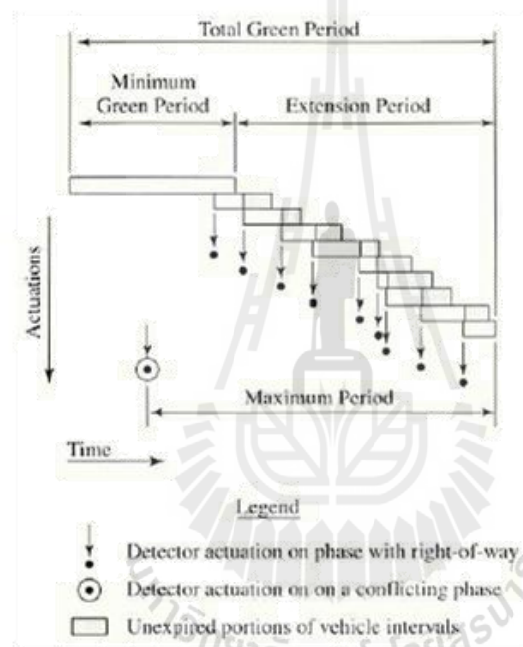
2.2 แบบกึ่งกระตุ้น

การควบคุมสัญญาณไฟกึ่งตามปริมาณจราจร (Semi-Traffic Actuate Signal) การควบคุมแบบนี้จะคล้ายกับการควบคุมแบบสัญญาณไฟกำหนดเวลาเปลี่ยนแปลงตามปริมาณจราจร ตรงที่จังหวะสัญญาณไฟจราจรจะแปรเปลี่ยนไปตามสภาพการจราจรที่วัดจากเครื่องตรวจนับปริมาณการจราจร จากนั้นก็คำนวณหาจังหวะสัญญาณไฟจราจรที่มีความเหมาะสมที่สุด โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจนับบนถนนสายรองเท่านั้น และให้สัญญาณไฟเขียวแก่ถนนสายหลักที่มีปริมาณจราจรมากเป็นหลัก โดยจะเปลี่ยนไปให้สัญญาณไฟเขียวแก่ถนนสายรองเมื่ออุปกรณ์ตรวจนับที่ติดตั้งไว้ตรวจพบปริมาณจราจร หรือเมื่อสัญญาณไฟเขียวบนถนนสายหลักสิ้นสุด การควบคุมนี้มีข้อเสียคือ ในบางเหตุการณ์ที่ปริมาณจราจรบนถนนสายรองมากจะทำให้ความล่าช้าบนถนนสายหลักสูงมาก การควบคุมแบบนี้จึงใช้ได้เฉพาะกรณีที่ถนนสายรองมีปริมาณจราจรเบาบาง หรือเมื่อต้องการให้กลุ่มยานเคลื่อนที่ผ่านทางแยกบนถนนสายหลักที่มีปริมาณจราจรสูงในช่วงเวลาใดอย่าง ต่อเนื่อง เช่นถนนสายหลักที่เชื่อมต่อกับทางเข้า-ออกที่พักรถสำนักงาน โรงเรียน เป็นต้น

2.3 แบบกระตุ้นเต็มที่

การควบคุมสัญญาณไฟจราจรตามปริมาณจราจรเต็มรูปแบบ (Fully Actuated Control) ภายใต้การควบคุมนี้จะทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจนับปริมาณจราจรทุกทิศทาง และจะทำการปรับเปลี่ยนช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียวตามปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางแยก การควบคุมแบบนี้ควรใช้ควบคุมทางแยกเดี่ยวจะช่วยให้ความล่าช้าที่ทางแยกต่ำกว่าการควบคุมสัญญาณไฟจราจรคงที่ อย่างไรก็ตามถ้าปริมาณจราจรเข้าใกล้ความสามารถให้บริการจะทำให้ความล่าช้าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมากกว่าความล่าช้าจากการควบคุมสัญญาณไฟจราจรคงที่ในขั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ตอนแรกของการควบคุมจะกำหนดช่วงเวลาไฟเขียวน้อยที่สุด (minimum green) โดยการคำนวณจากเวลาที่รถยนต์ทั้งหมดที่มีได้ระหว่างเส้นหยุดกับอุปกรณ์ตรวจนับใช้เคลื่อนที่ผ่านทางแยก ถ้าในระหว่างช่วงเวลาไฟเขียวน้อยที่สุดไม่มีการตรวจพบรถยนต์ และมีการขอสัญญาณไฟเขียวจากจังหวะสัญญาณไฟอื่นจะเป็นการสิ้นสุดจังหวะสัญญาณไฟปัจจุบัน แต่ถ้ามีการตรวจพบรถยนต์จะเพิ่มส่วนของช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียว (passage time หรือ unit-extension) ต่อจากเวลาที่ตรวจพบรถยนต์นั้น และถ้าในระหว่างเวลาของส่วนเพิ่มของช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียวมีการตรวจพบรถยนต์ก็จะเพิ่ม

ส่วนของช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียวอีกครั้งต่อจากเวลาที่ตรวจพบขบวนขณะนั้น ทำเช่นนี้ต่อเนื่องกันไปจนกระทั่งไม่มีการตรวจพบขบวน หรือเมื่อช่วงเวลาไฟเขียวถึงช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียวมากที่สุด (maximum green) และมีการขอสัญญาณไฟเขียวจากจังหวะสัญญาณไฟอื่นสัญญาณไฟเขียวปัจจุบันจะสิ้นสุด ดังรูปที่ 3.6 ดังนั้นช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียวที่เป็นไปได้จะอยู่ระหว่างช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียวน้อยที่สุด และช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียวมากที่สุด แต่บางครั้งช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียวอาจยาวนานกว่าช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียวมากที่สุด เมื่อไม่มีการขอสัญญาณไฟเขียวจากจังหวะสัญญาณไฟอื่น ส่วนเพิ่มของช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียวที่ใช้คือเวลาที่ขบวนใช้เดินทางจากอุปกรณ์ตรวจนับถึงเส้นหยุด



รูปที่ 3.6 หลักการควบคุมสัญญาณไฟตามปริมาณจราจร (Roess, Prassas และ MCSHane, 2004)

3. จำลองสภาพจราจรในโปรแกรมจำลองจราจรแบบจุลภาค

ในการศึกษางานวิจัยนี้ มีการพิจารณาปริมาณจราจรในสองกรณี คือ จะวิเคราะห์ทั้งปริมาณจราจรปัจจุบัน (Existing demand) และปริมาณจราจรในอนาคต ซึ่งในที่นี้จะกำหนดอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณจราจรถนนเส้น 304 เท่ากับ 10% ของปริมาณจราจรปัจจุบัน และกำหนดอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณจราจรทิศทางเลี้ยวขวาข้ามทาส เท่ากับ 3% ของปริมาณจราจรปัจจุบัน

ในการจำลองสภาพจราจรที่ต้องการทำการศึกษาวิจัยนี้ ประกอบด้วยข้อสมมติฐานที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง โครงข่ายที่ใช้ทดสอบการจัดเส้นทางการเดินทาง และวิธีควบคุมสัญญาณไฟจราจร ซึ่งมีการตั้งสมมติฐานดังนี้

3.1 การจำลองโครงข่ายถนนจะใช้ระบบการจับจีแบบชิดซ้าย เพื่อให้สอดคล้องกับการจราจรในประเทศไทย

3.2 การจราจรในทิศทางเลี้ยวขวาจัดให้อยู่ในจังหวะสัญญาณไฟที่ไม่ขัดแย้งกับการจราจรในทิศทางตรงข้าม (protected right-turn)

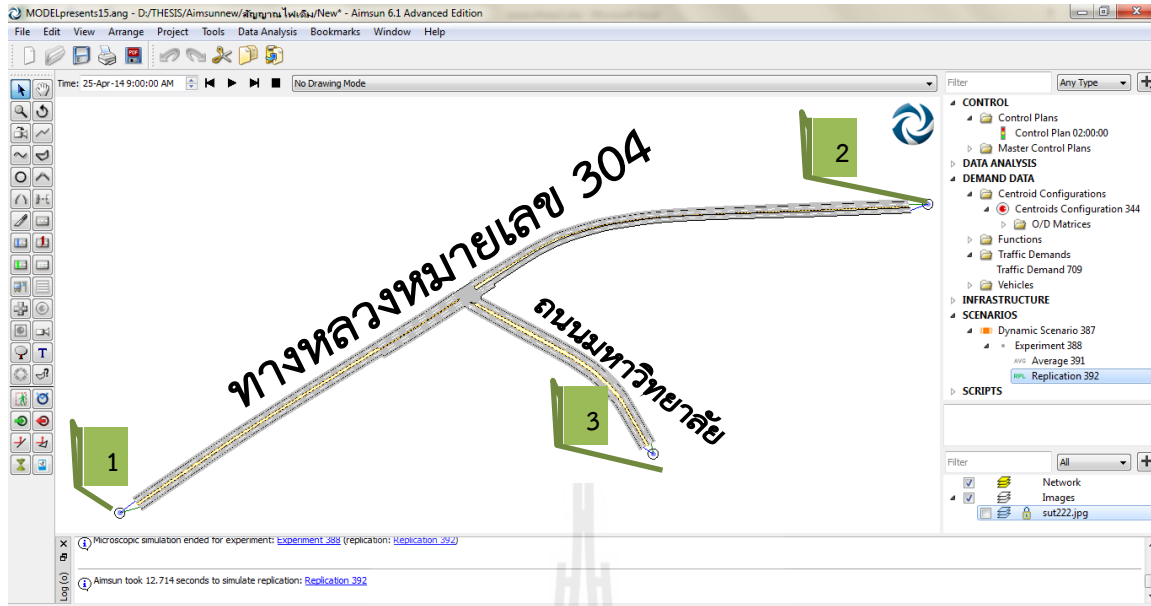
3.3 กำหนดให้ปริมาณจราจรในโครงข่ายถนนมาจากโซนภายนอก เท่านั้น

3.4 กำหนดให้ทิศทางจากทางหลวงหมายเลข 304 ที่ต้องการเลี้ยวขวาจากสามแยกปักธงชัยเข้ามาทิศ มีช่องจราจรพิเศษ (pocket lane) ความยาว 110 เมตร

3.5 ประเภทยานที่ใช้ในการจำลองสภาพจราจร คือ รถยนต์ส่วนบุคคล (car) และรถบรรทุก (truck)

3.6 ระบบหน่วยของมาตรวัดต่างๆจะใช้ระบบเมตริกซ์ (metric) คือ ระยะทางมีหน่วยเป็น เมตร ความเร็วมีหน่วยเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร่งมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที² ความหนาแน่นจราจรมีหน่วยเป็นคันต่อกิโลเมตร

3.7 ประเภทของถนนที่ใช้ในการศึกษา คือ ถนนสายหลักและสายรองในเมือง และผู้ขับขี่ส่วนมากมีความคุ้นเคยกับเส้นทางโครงข่ายถนนเป็นอย่างดี



รูปที่ 3.7 แบบจำลองโครงข่ายทางแยก (แยกหนองปรุ)

4. จำลองระบบสัญญาณไฟจราจรรูปแบบต่างๆ ในโปรแกรมจำลองจราจร

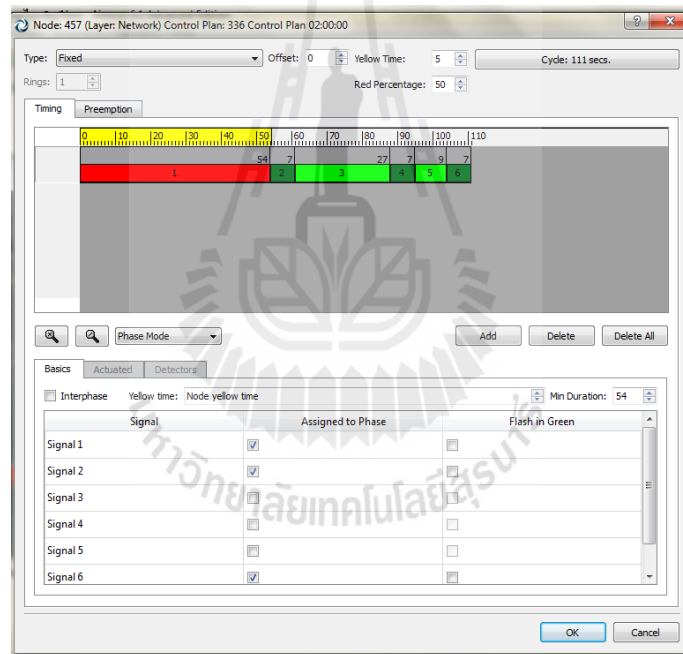
4.1 แบบตั้งเวลาที่หลายแผน (Multiple time plan)

จะทำการคำนวณรอบสัญญาณไฟจราจร จากสมการของ เวบสเตอร์ (Webster) ของแต่ละช่วงเวลา เพื่อมาจำลองตามช่วงเวลาและปริมาณจราจรนั้นๆ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่าง สำหรับช่วงเวลา 15.00-17.0 ในวันธรรมดา รอบสัญญาณไฟจราจรคงที่ จากการคำนวณสมการของเวบสเตอร์ จะได้ค่า ความยาวรอบสัญญาณไฟ คือ 111 วินาที และมีรายละเอียดเพิ่มเติม เช่น รอบสัญญาณไฟ (วินาที) เวลาไฟเขียว (วินาที) เวลาไฟเหลือง (วินาที) ไฟแดงทุกขา (วินาที) ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 จากสมการของเวปสเตอร์ จะได้ค่า ความยาวรอบสัญญาณไฟ คือ 111 วินาที

	A1	A2	B
ทิศทาง			
รอบสัญญาณไฟ (วินาที)	111		
เวลาไฟเขียว (วินาที)	54	27	9
เวลาไฟเหลือง (วินาที)	5		
ไฟแดงทุกขา (วินาที)	2		



รูปที่ 3.8 จังหวะสัญญาณไฟในแบบจำลองของสภาพปัจจุบัน

4.1.1 พารามิเตอร์เกี่ยวกับจังหวะสัญญาณไฟ

4.1.1.1 ring มี 1 ring

4.1.1.2 Basic phase มี 3 เฟส ได้แก่ หมายเลข 1 กำหนดสัญญาณไฟจราจรทิศทางจาก
 ปักธงชัยตรงไปกองบิน และจากกองบินตรงไปปักธงชัย หมายเลข 3 กำหนดสัญญาณไฟจราจรให้ทิศทางจาก

กองบินเลี้ยวขวาเข้ามาทส และสัญญาณไฟจราจรทิศทางจากกองบินตรงไปปึกธงชัย หมายเลข 5 กำหนดสัญญาณไฟจราจรทิศทางจาก มทส เลี้ยวขวาไปปึกธงชัยและจาก มทส เลี้ยวซ้ายไปกองบิน

4.1.1.3 Interphase มี 3 เฟส ได้แก่ หมายเลข 2, 4, 6

ซึ่งจากการคำนวณจังหวะสัญญาณไฟของสมการของ เวบสเตอร์(Webster) และได้ทำการปรับเปลี่ยนปริมาณจราจร สามารถสรุปผลของรอบสัญญาณไฟของที่หลายแผน(Multiple-time plan) ตามแต่ละช่วงเวลาได้ ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แบบสรุปผลของรอบสัญญาณไฟของที่หลายแผน(Multiple-time plan) ตามแต่ละช่วงเวลา

		phase A1	yellow	all- red	phase A2	yellow	all- red	phase B	yellow	all- red
วัน ธรรมดา	07.00-09.00	99	5	2	56	5	2	22	5	2
	11.00-13.00	40	5	2	19	5	2	3	5	2
	15.00-17.00	54	5	2	27	5	2	9	5	2
วันหยุด	07.00-09.00	22	5	2	7	5	2	4	5	2
	11.00-13.00	31	5	2	5	5	2	4	5	2
	15.00-17.00	27	5	2	9	5	2	5	5	2

4.2 แบบกึ่งกระตุ้น

4.2.1 พารามิเตอร์เกี่ยวกับจังหวะสัญญาณไฟ

4.2.1.1 ring มี 2 ring

4.2.1.2 Basic phase มี 5 เฟส ได้แก่ หมายเลข 1 กำหนดสัญญาณไฟจราจรให้ทิศทางจากกองบินเลี้ยวขวาเข้ามาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี หมายเลข 3 กำหนดสัญญาณไฟจราจรทิศทางจากปึกธงชัยตรงไปกองบิน และจากปึกธงชัยเลี้ยวซ้ายเข้า มทส หมายเลข 5 กำหนดสัญญาณไฟจราจรทิศทางจาก มทส เลี้ยวขวาไปปึกธงชัย หมายเลข 7 กำหนดสัญญาณไฟจราจรทิศทางกองบินตรงไปปึกธงชัย หมายเลข 9 กำหนดสัญญาณไฟจราจรทิศทาง มทส เลี้ยวซ้ายไปกองบิน

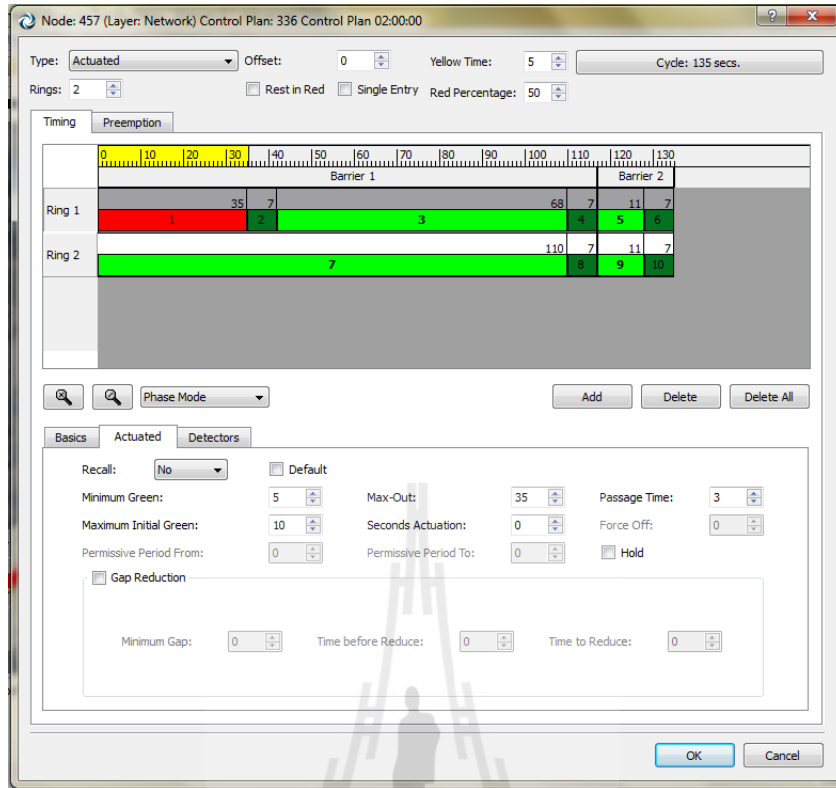
4.2.1.3 Interphase มี 5 เฟส ได้แก่ หมายเลข 2, 4, 6, 8 และ 10 โดยไม่ได้ระบุทิศทางเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการจำลองสัญญาณไฟเหลืองและแดงทุกขา

4.2.2 พารามิเตอร์เกี่ยวกับสัญญาณไฟแบบกึ่งกระตุ้น

ตารางที่ 3.5 พารามิเตอร์ของสัญญาณไฟจราจรแบบกึ่งกระตุ้น

Ring	1			2	
basic phase					
No.	1	3	5	7	9
interphase No.	2	4	6	8	10
Recall	no	Min	no	Min	no
Min Green	5	68	5	42	5
Max-out	35	68	11	110	11
Passage time	3	3	3	3	3
Dual entry		yes	yes	yes	yes
Hold		yes		yes	
Detector No.	1		5		

แบบกึ่งกระตุ้นจะนำค่า G_{min} ที่ได้จากการคำนวณ ไปใส่ในโปรแกรมจำลองเป็นช่อง Max-out ในถนนสายรอง Ring1 จะควบคุมสัญญาณไฟในถนนสายรอง หมายถึง ถ้าไม่มีรถมากกระตุ้นในสายรอง รถในทางสายหลักก็ยังคงวิ่งได้เรื่อยๆ (จะทำเครื่องหมายเลือกในปุ่ม hold ไว้ใน ring2 ที่ควบคุมสายหลัก เพื่อให้คงสัญญาณไฟเขียว) และตั้ง Recall เป็น คำสั่ง Min และ No หมายถึง เมื่อมีรถมากกระตุ้นในสายรองแล้ว จะกำหนดให้สัญญาณไฟเขียวในสายรองแต่จะไม่เกินค่า G_{min} ที่คำนวณได้ ที่ใส่ใน Max-out ที่เป็นค่ากำหนดไว้สูงสุดที่ให้สำหรับสายรอง



รูปที่ 3.9 กำหนดค่าสัญญาณไฟของแบบจำลองกิ่งกระตุ้น

4.2.3 การติดตั้งเครื่องตรวจนับ (detector)

การติดตั้ง detector จะทำการติดตั้งที่สายรองเท่านั้น และติดตั้งที่ช่องจราจรที่กำหนด สัญญาณไฟ ซึ่งตัว detector มีความยาว 4.5 เมตร ความกว้างเท่ากับความกว้างถนนแต่ละขา ติดตั้งตรงตำแหน่งเส้นหยุดที่ทางแยก เป็นชนิด ตรวจนับแบบ point ซึ่งจะเลือกคำสั่งใน detector : No ตัวตรวจนับนี้สามารถเก็บข้อมูล ความเร็ว ความหนาแน่น ระยะห่างระหว่างขบวน และนับจำนวนรถที่แล่นผ่านตัวตรวจนับได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ตำแหน่งการติดตั้ง ตัวตรวจนับในแบบจำลองสัญญาณไฟที่สี่กระตุ้น

4.3 แบบกระตุ้นเต็มที

4.3.1 พารามิเตอร์เกี่ยวกับจังหวะสัญญาณไฟ

4.3.1.1 ring มี 2 ring

4.3.1.2 Basic phase มี 5 เฟส ได้แก่ หมายเลข 1 กำหนดสัญญาณไฟจราจรทิศทางจาก มทส. เลี้ยวขวาไปป้อมธงชัย หมายเลข 3 กำหนดสัญญาณไฟจราจรให้ทิศทางจากกองบิน เลี้ยวขวาเข้ามหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี หมายเลข 5 กำหนดสัญญาณไฟจราจรทิศทางจากป้อมธงชัยตรงไปกองบิน และจากป้อมธงชัย เลี้ยวซ้ายเข้า มทส. หมายเลข 7 กำหนดสัญญาณไฟจราจรทิศทาง มทส. เลี้ยวซ้ายไปกองบิน หมายเลข 9 กำหนด สัญญาณไฟจราจรทิศทางกองบินตรงไปป้อมธงชัย

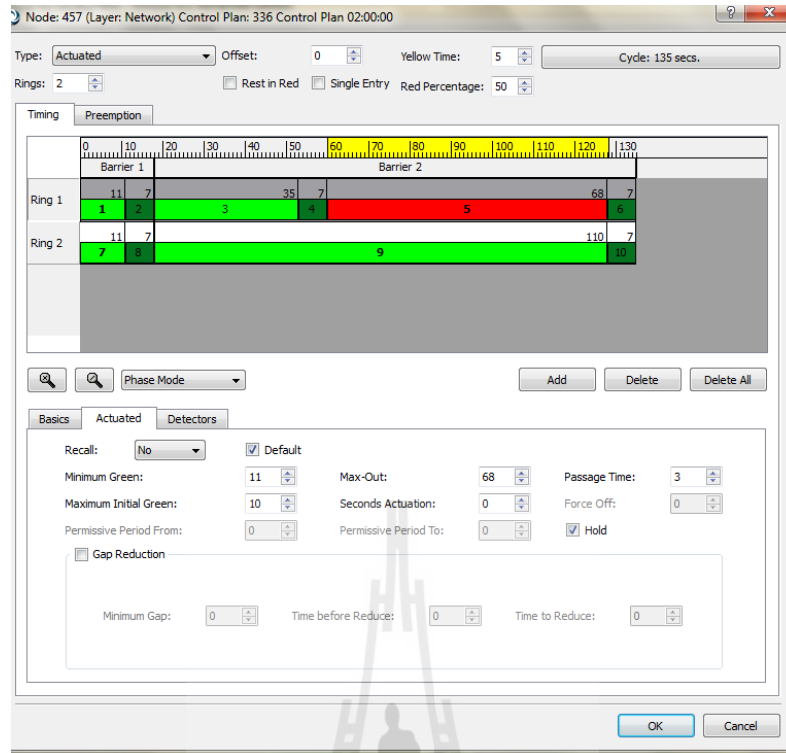
4.3.1.3 Interphase มี 5 เฟส ได้แก่ หมายเลข 2, 4, 6, 8 และ 10 โดยไม่ได้ระบุทิศทาง เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการจำลองสัญญาณไฟเหลืองและแดงทุกขา

4.3.2 พารามิเตอร์เกี่ยวกับสัญญาณไฟแบบกระตุ้นเต็มที

ตารางที่ 3.6 พารามิเตอร์ของสัญญาณไฟจราจรแบบกระตุ้นเต็มที่

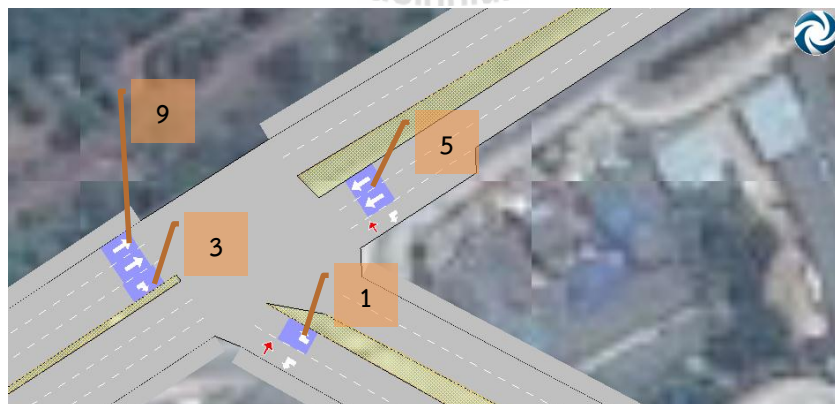
Ring	1			2	
basic phase					
No.	1	3	5	7	9
interphase No.	2	4	6	8	10
Recall	no	no	no	no	Min
Min Green	5	11	11	5	42
Max-out	11	35	68	11	110
Passage time	3	3	3	3	3
Dual entry	yes		yes	yes	yes
Hold			yes		yes
detectors no.	1	3	5		9

แบบกระตุ้นเต็มที่ รถในทางสายหลักยังคงวิ่งได้เรื่อยๆ (จะทำเครื่องหมายเลือกในปุ่ม hold ไว้ใน ring2 ที่ควบคุมสายหลัก เพื่อให้คงสัญญาณไฟเขียว) และตั้ง Recall เป็น ค่าตั้ง Min, ในถนนสายรอง Ring1 จะควบคุมสัญญาณไฟในถนนสายรอง ตั้ง Recall เป็น ค่าตั้ง No ค่าที่คำนวณได้ เป็นค่า Gmax ไปใส่ในโปรแกรมจำลองเป็นช่อง Max-out หมายถึง เมื่อมีรถมากกระตุ้นในสายรอง แล้วจะกำหนดให้สัญญาณไฟเขียวในสายรอง แต่จะไม่เกินค่า max-out ที่คำนวณได้ แล้วจึงปรับเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟเขียวในถนนสายหลัก เช่นเดิม โดยค่า minimum green จะกำหนดค่าเป็น 11 เนื่องจากค่าที่กำหนดขั้นต่ำในการให้รถในกระแสจราจรผ่านได้



รูปที่ 3.11 กำหนดค่าสัญญาณไฟของแบบจำลองกระตุ้นเต็มที

4.3.3 การติด detector จะทำการติดตั้งทุกขา และติดตั้งที่ช่องจราจรที่กำหนดสัญญาณไฟ ซึ่งตัว detector มีความยาว 4.5 เมตร ติดตั้งตรงตำแหน่งเส้นหยุดที่ทางแยกเป็นชนิดตรวจนับแบบ point ซึ่งจะเลือกคำสั่งใน detector : No ตัวตรวจนับนี้สามารถเก็บข้อมูล ความเร็ว ความหนาแน่นระยะห่างระหว่างขบวน และนับจำนวนรถที่แล่นผ่านตัวตรวจนับได้ เช่นเดียวกับแบบกึ่งกระตุ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ตำแหน่งการติดตั้ง ตัวตรวจนับในแบบจำลองสัญญาณไฟกึ่งกระตุ้น

5. ทดสอบแบบจำลองหรือเปรียบเทียบแบบจำลอง

โปรแกรมจำลองสภาพจราจรเป็นเครื่องมือที่มีความจำเป็นและมีประโยชน์อย่างมากในการวิเคราะห์ปัญหาจราจร แต่หากนำไปใช้อย่างไม่เหมาะสมหรือไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องของการจำลองอาจทำให้เกิดการจำลอง ตัวแปรคลาดเคลื่อนที่มีผลต่อการจำลองสภาพจราจร ในการวิจัยนี้เลือกตัวแปรที่มีผลต่อการจำลองสภาพ คือความยาวแถวคอยสูงสุด (Maximum queue length) ของถนนแต่ละสายที่เข้าสู่ทางแยก โดยใช้ตัวชี้วัด ผลค่าคลาดเคลื่อนร้อยละเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ดังแสดงในสมการที่ 3.1 ซึ่งจะต้องคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10 %

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| \times 100 \quad (3.1)$$

โดย X_t คือ ค่าที่ได้จากการสำรวจ
 F_t คือ ค่าที่ได้จากแบบจำลอง
 n คือ จำนวนของแบบจำลอง

5.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ปรับเปลี่ยน

ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดครdynต์ส่วนบุคคลเท่านั้นที่ทำการกำหนดเป็นตัวแปรที่ใช้เปรียบเทียบ

Minimum Headway (secs) ค่าที่ใช้ ค่าเฉลี่ย (mean) 0.75, 1, 1.5

Max Desired speed (km/h) ค่าที่ใช้ ค่าเฉลี่ย (mean) 90, 100

Min Distance vehicle (meters) ค่าที่ใช้ ค่าเฉลี่ย (mean) 1, 1.5

6. ทดสอบประสิทธิภาพของระบบสัญญาณไฟอัจฉริยะรูปแบบต่าง ๆ

การทดสอบประสิทธิภาพจะมีการประเมินประสิทธิภาพของทางเลือกการปรับปรุงระบบสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยกแบบต่าง ๆ เพื่อให้การควบคุมจราจรในแต่ละทางแยกมีความสอดคล้อง เหมาะสมกับสถานการณ์ โดยการประเมินประสิทธิภาพของทางเลือกคือ การประเมินประสิทธิภาพด้านการจราจร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

6.1 การประเมินประสิทธิภาพด้านการจราจร

การศึกษานี้จะใช้ข้อมูลปริมาณจราจรนำมาจำลองในโปรแกรมจำลองสภาพจราจร เพื่อทำการวิเคราะห์ และจะใช้ค่าจากผลแบบจำลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ค่าจากผลแบบจำลองเพื่อนำมาวิเคราะห์

speed	mean speed(km/h)	ความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
ttime	mean travel time(sec/km)	เวลาเดินทางเฉลี่ย (วินาที/กิโลเมตร)
dtime	mean delay time(sec/km)	ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที/กิโลเมตร)
stime	mean stop time(sec/km)	เวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด (วินาที/กิโลเมตร)
nstops	number of stops per veh.	จำนวนคันที่หยุด
travel	total number of km	จำนวนรถที่มีอยู่ในการเดินทาง ต่อ กิโลเมตร
traveltime	total travel time(sec)	เวลาเดินทางทั้งหมด(วินาที)

โดยตัวเลขแรกเริ่มของการนำผลแบบจำลองมาใช้วิเคราะห์ จะใช้การสร้างตัวเลขสุ่ม ที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมรถขับขี่ยวดยาน การเคลื่อนที่ตามกันของขบวนรถ การเปลี่ยนช่องจราจร การเลือกเส้นทาง การเดินทางและการปล่อยขบวนรถเข้าสู่โครงข่าย การศึกษานี้จะใช้วิธีจำลองสภาพจราจร 10 ครั้ง โดยใช้ค่า Random seed number ที่แตกต่างกัน แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยไปใช้วิเคราะห์ ช่วงเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (07.00-09.00) ช่วงเวลาไม่เร่งด่วน และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (15.00-17.00) ซึ่งในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้านั้น มีเจ้าหน้าที่มาควบคุมระบบสัญญาณไฟ ทำให้มีความแปรผันของข้อมูลจึงใช้ ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นเป็นหลักในการออกแบบสัญญาณไฟ

บทที่ 4

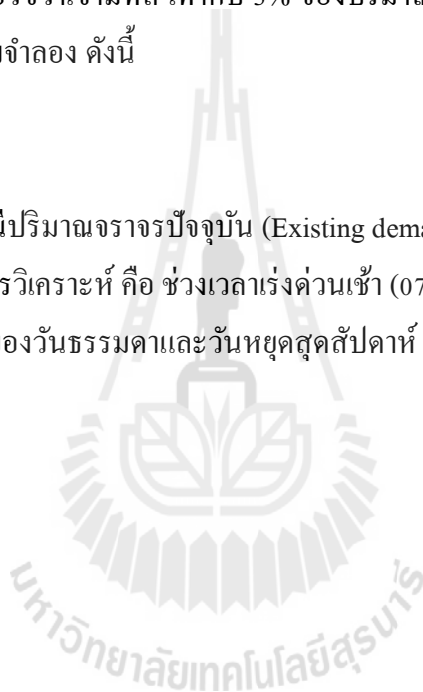
ผลการศึกษาวิจัย

จากการสำรวจข้อมูล ช่วงเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (07.00-09.00) ช่วงเวลาไม่เร่งด่วน และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (15.00-17.00) ของวันธรรมดาและวันหยุดสุดสัปดาห์ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ จะวิเคราะห์ทั้งปริมาณจราจรปัจจุบัน (Existing demand) และปริมาณจราจรในอนาคต ซึ่งในที่นี้จะกำหนด อัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณจราจรถนนเส้น 304 เท่ากับ 10% ของปริมาณจราจรปัจจุบัน และกำหนดอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณจราจรทิศทางเลี้ยวขวาเข้ามาทส เท่ากับ 3% ของปริมาณจราจรปัจจุบัน ซึ่งจากการวิเคราะห์ ข้อมูลในโปรแกรม ทำให้ได้ผลแบบจำลอง ดังนี้

1. ผลแบบจำลองโดยสรุป

1.1 ผลแบบจำลอง กรณีปริมาณจราจรปัจจุบัน (Existing demand)

ช่วงเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (07.00-09.00) ช่วงเวลาไม่เร่งด่วน และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (15.00-17.00) ของวันธรรมดาและวันหยุดสุดสัปดาห์ สํารวจในปี 2556 ดังแสดงในตาราง ที่ 4.1



ตารางที่ 4.1 แสดงผลแบบจำลอง กรณีปริมาณจราจรปัจจุบัน (Existing demand) ดำรงในปี 2556

signal control		พฤ7.00 - 9.00	พฤ11.00 - 13.00	พฤ15.00 - 17.00	อา.7.00 - 9.01	อา.11.00 - 13.01	อา.15.00 - 17.01
สัญญาณไฟ ปัจจุบัน	Speed (km/hr.)	40.9	43.3	42.0	44.3	44.4	43.5
	ttime (sec./km.)	100.8	93.1	97.2	91.5	90.6	94.8
	Dtime (sec./km.)	34.6	26.9	31.0	25.3	24.1	28.4
	Stime (sec./km.)	30.8	23.7	27.6	22.9	21.7	25.9
	Nstops (no./veh.)	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5
	Travel (km.)	7,233.8	5684.0	5795.3	1473.8	2190.7	2107.2
	Traveltime (sec.)	725,166.8	527651.9	561334.8	134613.5	198875.2	198955.1
Pre-time	Speed (km/hr.)	40.3	43.5	42.1	44.7	45.1	44.8
	ttime (sec./km.)	118.3	93.9	98.4	91.4	89.5	91.2
	Dtime (sec./km.)	52.1	27.6	32.2	25.0	23.2	24.8
	Stime (sec./km.)	47.6	24.4	28.8	22.5	20.7	22.3
	Nstops (no./veh.)	1.1	0.6	0.7	0.5	0.5	0.5

ตารางที่ 4.1 แสดงผลแบบจำลอง กรณีปริมาณจราจรปัจจุบัน (Existing demand) ตำรวจในปี 2556 (ต่อ)

signal control		พฤ7.00 - 9.00	พฤ11.00 - 13.00	พฤ15.00 - 17.00	อา.7.00 - 9.01	อา.11.00 - 13.01	อา.15.00 - 17.01
	Travel (km.)	7,240.7	5617.3	5692.3	1557.5	2319.0	2109.6
	Traveltime (Sec.)	825,221.1	519955.7	552066.8	140800.9	206049.5	190126.3
semi-actuated	Speed (km/hr.)	42.0	46.9	44.2	48.7	49.7	48.4
	ttime (sec./km.)	110.5	87.7	97.1	84.2	79.8	85.2
	Dtime (sec./km.)	44.3	21.5	30.9	17.8	13.5	18.8
	Stime (sec./km.)	40.5	19.0	27.9	16.2	11.9	17.1
	Nstops (no./veh.)	0.8	0.4	0.6	0.4	0.4	0.4
	Travel (km.)	7,257.0	5636.7	5704.6	1557.6	2318.2	2109.9
	Traveltime (sec.)	770,462.8	479636.6	536479.3	127130.3	180895.2	174145.8

ตารางที่ 4.1 แสดงผลแบบจำลอง กรณีปริมาณจราจรปัจจุบัน (Existing demand) ตำรวจในปี 2556 (ต่อ)

signal control		พฤ7.00 - 9.00	พฤ11.00 - 13.00	พฤ15.00 - 17.00	อา.7.00 - 9.01	อา.11.00 - 13.01	อา.15.00 - 17.01
Full-actuated	Speed (km/hr.)	43.1	47.2	44.7	49.0	49.5	48.4
	ttime (sec./km.)	91.9	81.7	87.8	78.7	76.8	79.8
	Dtime (sec./km.)	25.7	15.4	21.6	12.2	10.6	13.4
	Stime (sec./km.)	21.8	12.7	18.3	10.5	8.7	11.4
	Nstops (no./veh.)	0.7	0.5	0.6	0.4	0.4	0.4
	Travel (km.)	7,265.6	5638.7	5706.6	1557.7	2318.3	2109.7
	Traveltime (sec.)	658,299.2	453061.8	493481.7	120437.8	175931.4	165481.0

1.2 ผลแบบจำลอง กรณีเพิ่มปริมาณจราจรในอนาคต

ซึ่งในที่นี้จะกำหนดอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณจราจรถนนเส้น 304 เท่ากับ 10% ของปริมาณจราจรปัจจุบัน และกำหนดอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณจราจรทิศทางเลี้ยวขวาเข้ามทส เท่ากับ 3% ของปริมาณจราจรปัจจุบัน ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลแบบจำลอง กรณีเพิ่มปริมาณจราจร ในอัตราเพิ่มขึ้น 10% ของปริมาณจราจรถนน เส้น 304 และทิศทางเลี้ยวขวาเข้า มทส จะเป็นอัตราเพิ่มขึ้น 3%

signal control		พฤ7.00 - 9.00	พฤ11.00 - 13.00	พฤ15.00 - 17.00	อา.7.00 - 9.01	อา.11.00 - 13.01	อา.15.00 - 17.01
สัญญาณไฟปัจจุบัน	Speed (km/hr.)	37.8	40.2	36.9	42.4	42.2	42.4
	ttime (sec./km.)	112.5	102.8	123.3	97.4	97.7	97.4
	Dtime (sec./km.)	46.3	36.5	57.1	31.0	31.4	31.0
	Stime (sec./km.)	41.6	32.7	52.6	28.1	28.4	28.1
	Nstops (no./veh.)	0.9	0.7	0.9	0.6	0.6	0.6
	Travel (km.)	7,822.8	6083.9	6205.7	1687.5	2490.9	2297.0
	Traveltime (sec.)	874,926.8	622864.4	769198.1	164013.5	243416.0	223023.5

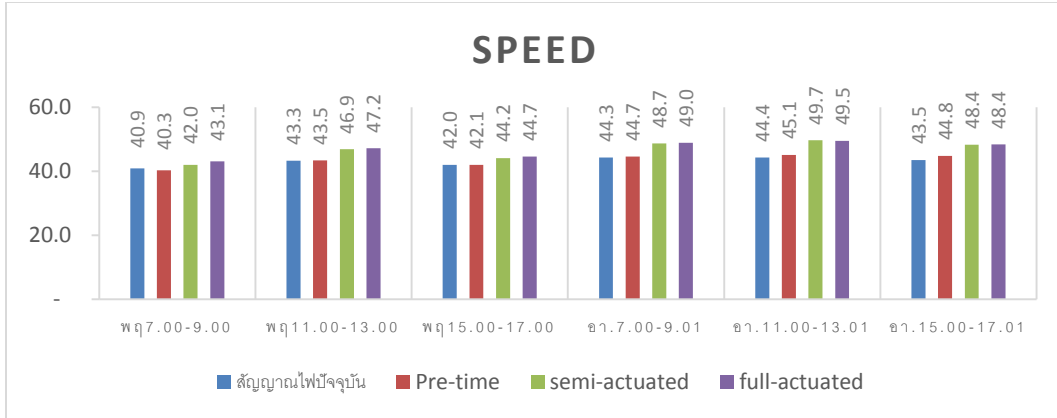
ตารางที่ 4.2 แสดงผลแบบจำลอง กรณี เพิ่มปริมาณจราจร ในอัตราเพิ่มขึ้น 10% ของปริมาณจราจรถนน เส้น
304 และทิศทางเดียวขวาเข้า มทส จะเป็นอัตราเพิ่มขึ้น 3% (ต่อ)

signal control		พฤ7.00 - 9.00	พฤ11.00 - 13.00	พฤ15.00 - 17.00	อา.7.00 - 9.01	อา.11.00 - 13.01	อา.15.00 - 17.01
Pre-time	Speed (km/hr.)	40.0	43.2	42.0	44.6	44.9	44.6
	ttime (sec./km.)	116.8	94.3	98.6	91.6	89.8	91.5
	Dtime (sec./km.)	50.6	28.1	32.3	25.2	23.4	25.2
	Stime (sec./km.)	46.0	24.7	28.8	22.7	20.8	22.6
	Nstops (no./veh.)	1.0	0.6	0.7	0.5	0.5	0.5
	Travel (km.)	7,794.1	6074.9	6185.7	1688.4	2491.4	2297.7
	Traveltime (sec.)	879,024.0	565154.4	600918.6	152941.8	222180.7	207890.8
semi-actuated	Speed (km/hr.)	41.8	46.9	44.1	48.8	49.7	48.6
	ttime (sec./km.)	108.9	87.4	96.5	83.3	79.6	84.0
	Dtime (sec./km.)	42.7	21.2	30.3	16.9	13.3	17.7
	Stime (sec./km.)	38.8	18.6	27.3	15.3	11.6	15.9

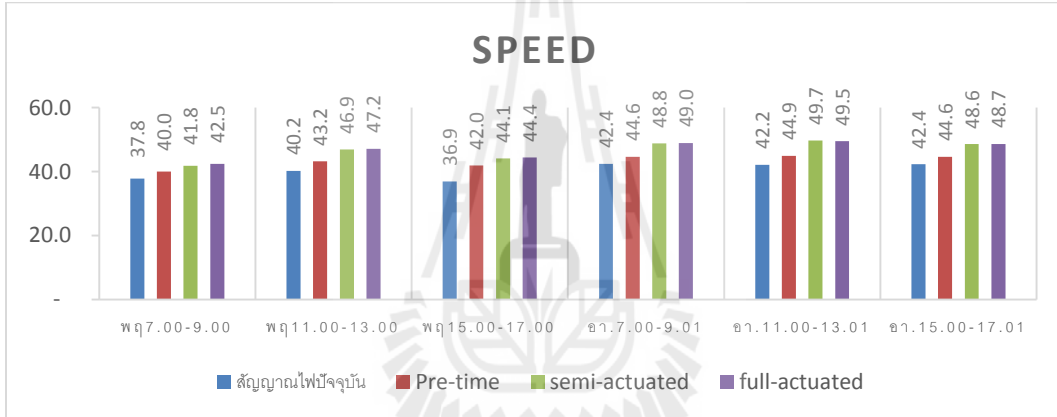
ตารางที่ 4.2 แสดงผลแบบจำลอง กรณี เพิ่มปริมาณจราจร ในอัตราเพิ่มขึ้น 10% ของปริมาณจราจรถนน เส้น
304 และทิศทางเดียวขวาเข้า มทส จะเป็นอัตราเพิ่มขึ้น 3% (ต่อ)

signal control		พท7.00 - 9.00	พท11.00 - 13.00	พท15.00 - 17.00	อา.7.00 - 9.01	อา.11.00 - 13.01	อา.15.00 - 17.01
	Nstops (no./veh.)	0.7	0.4	0.6	0.4	0.3	0.4
	Travel (km.)	7,820.3	6100.3	6200.9	1687.3	2489.9	2298.4
	Travelttime (sec.)	821,101.7	517601.5	580400.6	136477.6	193911.0	187472.6
full-actuated	Speed (km/hr.)	42.5	47.2	44.4	49.0	49.5	48.7
	ttime (sec./km.)	93.9	81.6	88.3	78.4	76.8	79.1
	Dtime (sec./km.)	27.6	15.4	22.1	12.0	10.5	12.7
	Stime (sec./km.)	23.7	12.6	18.7	10.2	8.5	10.8
	Nstops (no./veh.)	0.7	0.5	0.6	0.4	0.4	0.4
	Travel (km.)	7,824.7	6102.6	6200.9	1688.5	2490.9	2298.2
	Travelttime (sec.)	724,107.7	490621.2	539812.7	130277.4	188940.1	178825.6

จากตารางแสดงผลแบบจำลองทั้งกรณีปริมาณจราจรปัจจุบัน (Existing demand) และกรณีเพิ่มปริมาณจราจรในอนาคตนั้น สามารถสรุปผลภาพรวมของผลแบบจำลองในแต่ละพารามิเตอร์ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.1 - 4.10 ดังนี้

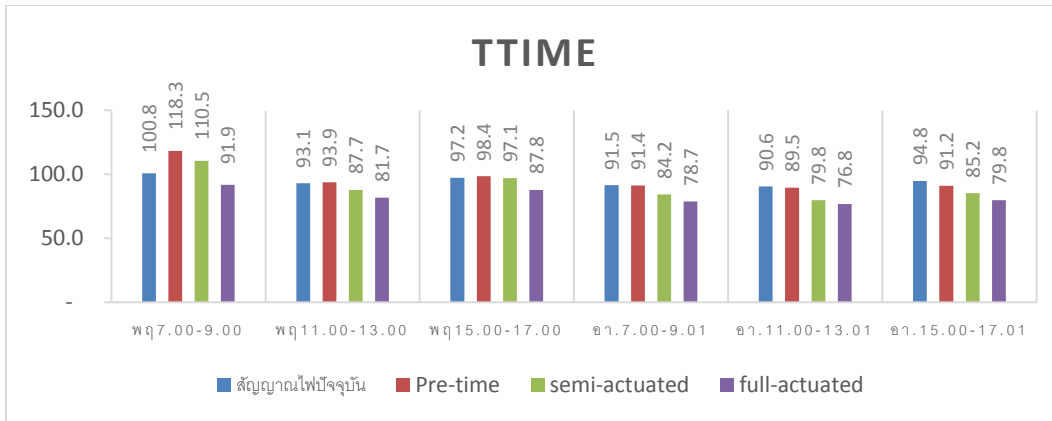


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลแบบจำลองของความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตร/ชั่วโมง) ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี Existing demand

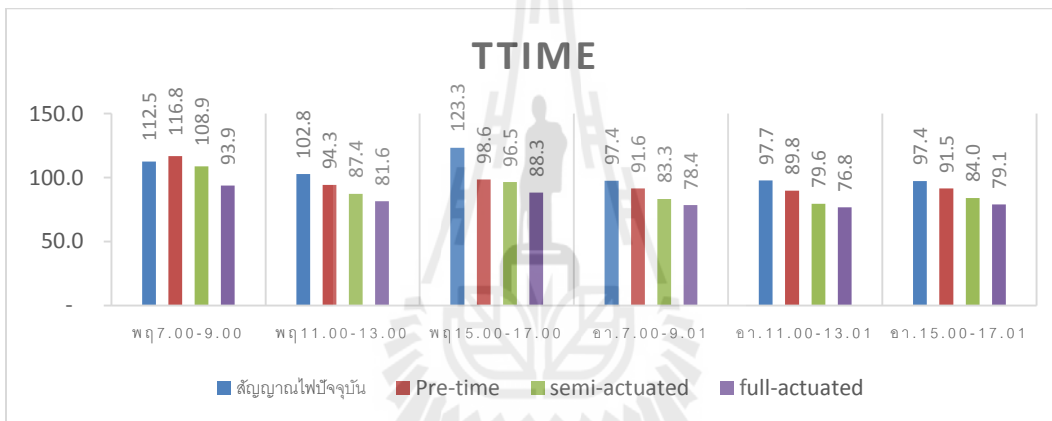


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลแบบจำลองของความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตร/ชั่วโมง) ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี 2

จากกราฟแสดงผลแบบจำลองความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตร/ชั่วโมง) ทั้งปริมาณจราจรปัจจุบัน (Existing demand) และการเพิ่มปริมาณจราจร สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองสัญญาณไฟแบบกระตุ้นเต็มที่ (Full actuated control) มีผลความเร็วเฉลี่ยมากที่สุด และเมื่อเทียบแบบจำลองสัญญาณไฟแบบกระตุ้นเต็มที่ (Full actuated control) จากทุกช่วงเวลาแล้วพบว่า ช่วงวันหยุดจะให้ผลความเร็วเฉลี่ยดีกว่าช่วงวันเร่งด่วน

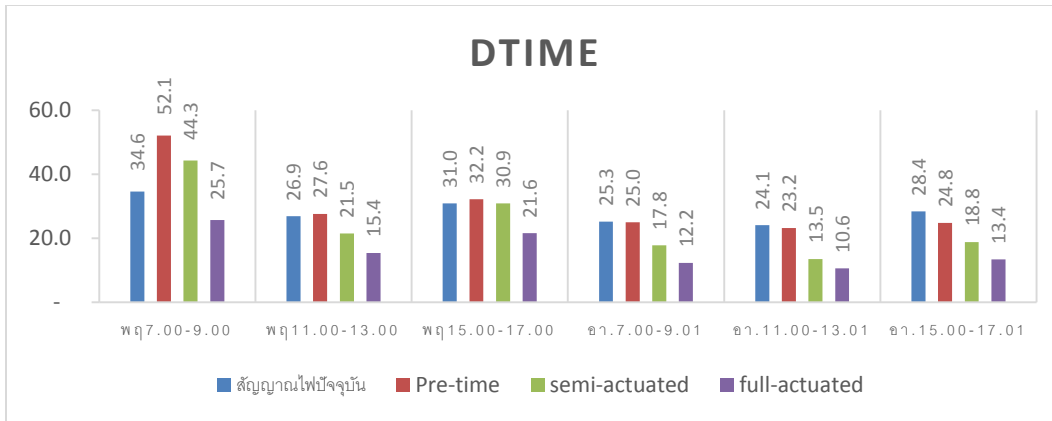


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลแบบจำลองของเวลาเดินทางเฉลี่ย (วินาที/กิโลเมตร) ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี Existing demand

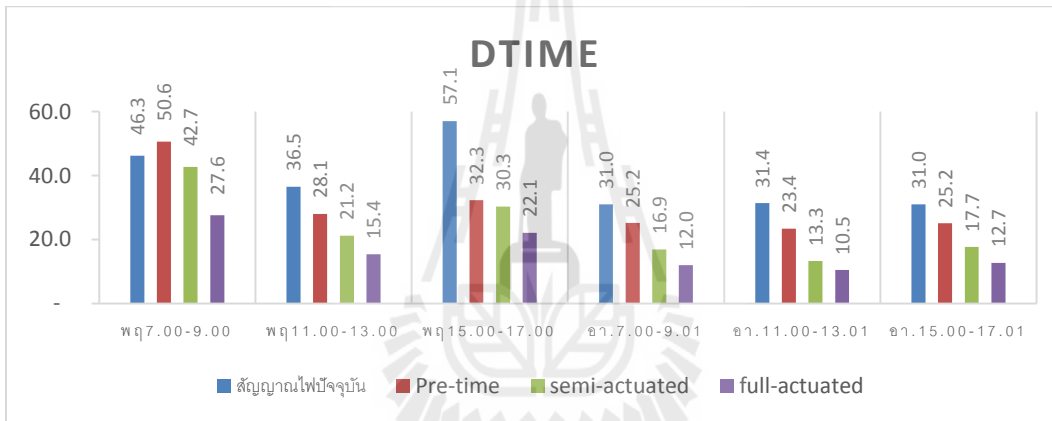


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลแบบจำลองของเวลาเดินทางเฉลี่ย (วินาที/กิโลเมตร) ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี 2

จากกราฟแสดงผลแบบจำลองเวลาเดินทางเฉลี่ย(วินาที/กิโลเมตร) ทั้งปริมาณจราจรปัจจุบัน (Existing demand) และการเพิ่มปริมาณจราจร สามารถสรุปได้ว่า ผลของแบบจำลองกระตุ้นเต็มที่ (Full actuated control) มีประสิทธิภาพดีกว่า คือ เวลาเดินทางเฉลี่ยน้อยที่สุดกว่าทุกแบบจำลอง และในช่วงเวลาเร่งด่วนบ่ายจะพบว่า เวลาเดินทางเฉลี่ยของสัญญาณไฟปัจจุบันมีค่าเวลาเดินทางเฉลี่ยที่มาก จึงทำให้ทราบว่า ประสิทธิภาพของสัญญาณไฟปัจจุบันไม่เหมาะสมเท่าที่ควร

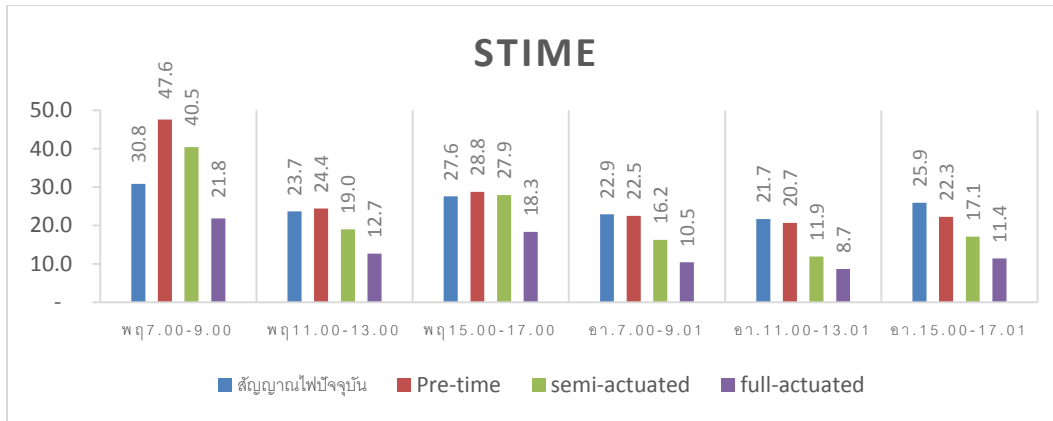


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลแบบจำลองของความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที/กิโลเมตร) ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี Existing demand

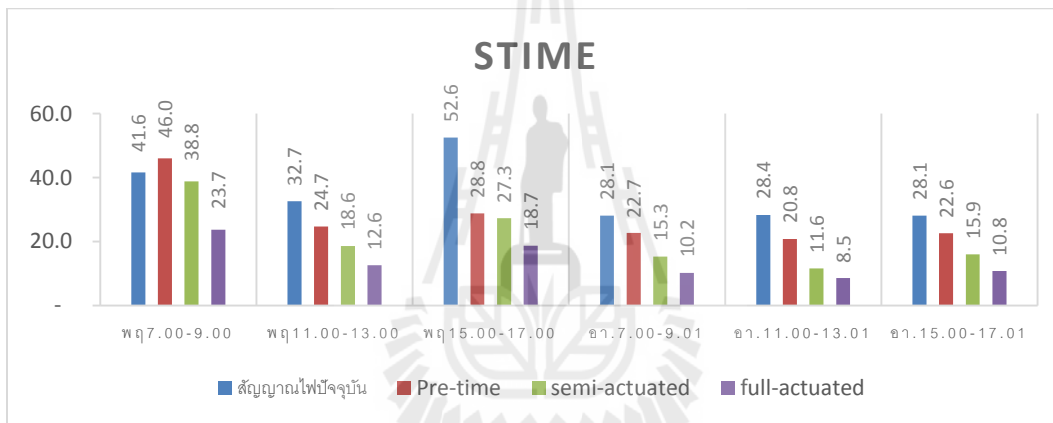


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลแบบจำลองของความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที/กิโลเมตร) ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี 2

จากกราฟแสดงผลแบบจำลองของความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที/กิโลเมตร) ทั้งปริมาณจราจรปัจจุบัน (Existing demand) และการเพิ่มปริมาณจราจร สามารถสรุปได้ว่า ผลของความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที/กิโลเมตร) ของแบบจำลองสัญญาณไฟกระตุ้นเต็มที่ (Full actuated control) นั้น ให้ผลที่ดีกว่าทุกแบบจำลอง คือ มีค่าความล่าช้าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในช่วงเวลาเร่งด่วน สัญญาณไฟปัจจุบันให้ผลของความล่าช้าที่มาก ส่งผลให้ประสิทธิภาพของสัญญาณไฟในปัจจุบันไม่เหมาะสม

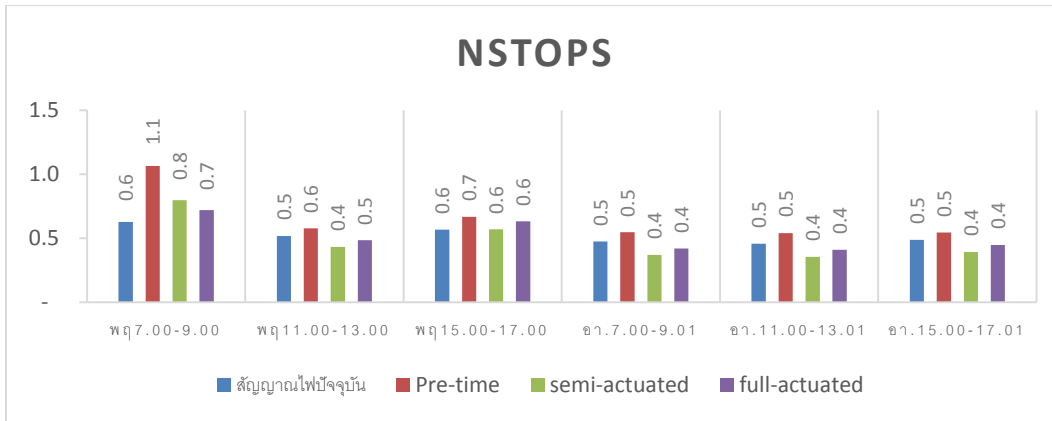


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงผลแบบจำลองของเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด (วินาที/กิโลเมตร) ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี Existing demand

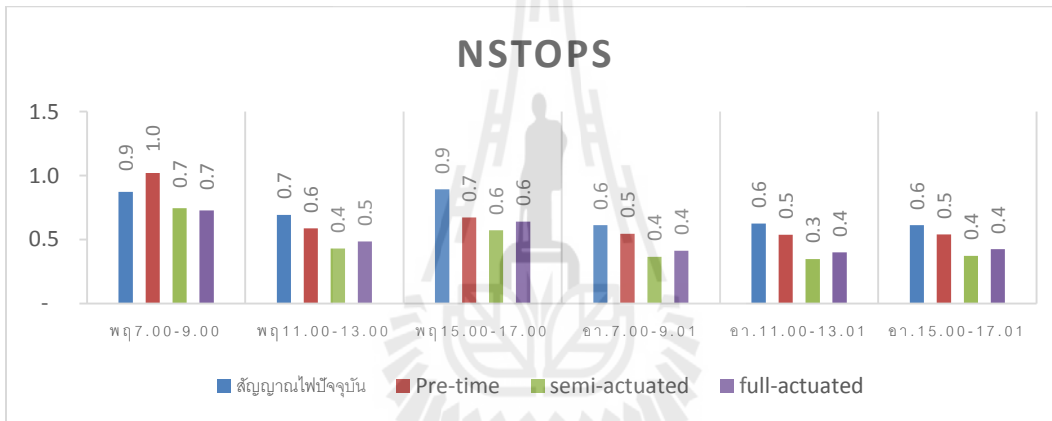


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงผลแบบจำลองของเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด (วินาที/กิโลเมตร) ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี 2

จากกราฟแสดงผลแบบจำลองเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด (วินาที/กิโลเมตร) ทั้งปริมาณจราจรปัจจุบัน(Existing demand) และการเพิ่มปริมาณจราจร สามารถสรุปได้ว่า ผลของแบบจำลองกระตุ้นเต็มที่ (Full actuated control) ให้ผลของเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดน้อยที่สุด ของทุกๆช่วงเวลา ซึ่งในช่วงเวลาเร่งด่วนจะพบว่า เวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดของสัญญาณไฟปัจจุบันยังคงมากกว่าทุกๆแบบจำลอง



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงผลแบบจำลองของจำนวนครั้งที่หยุดต่อรถหนึ่งคัน ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี Existing demand



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงผลแบบจำลองของจำนวนครั้งที่หยุดต่อรถหนึ่งคัน ในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวิธีจำลอง กรณี 2

จากกราฟแสดงผลแบบจำลองจำนวนครั้งที่หยุดต่อรถหนึ่งคัน ทั้งปริมาณจราจรปัจจุบัน (Existing demand) และการเพิ่มปริมาณจราจร สามารถสรุปได้ว่า ความแตกต่างของจำนวนครั้งที่หยุดต่อรถหนึ่งคันนั้นไม่แตกต่างกันมากนัก แต่โดยรวมแล้วสัญญาณไฟแบบกึ่งกระตุ้น (Semi-actuated control) และแบบกระตุ้นเต็มที่ (Full actuated control) จะมีค่าจำนวนครั้งที่หยุดต่อรถหนึ่งคันน้อยที่สุด ซึ่งถือว่าเป็นระบบควบคุมสัญญาณไฟที่มีประสิทธิภาพดีกว่าแบบจำลองอื่นๆ

2. สรุปผลที่ได้จากแบบจำลอง

จากข้อมูลผลแบบจำลองทั้งหมดที่ได้ สามารถสรุปผลแบบโดยรวมได้ว่า

ความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตร/ชั่วโมง) ของผลแบบจำลองที่ได้นั้น มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งผลแบบจำลองที่ได้ผลประสิทธิภาพดีที่สุด คือได้แบบจำลองจราจรสัญญาณไฟแบบกระตุ้นเต็มที่

เวลาเดินทางเฉลี่ย (วินาที/กิโลเมตร), ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที/กิโลเมตร), เวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด (วินาที/กิโลเมตร) เป็นเวลาที่ยานพาหนะสูญเสียไปในการเดินทาง เนื่องจากไม่สามารถควบคุมได้โดยผู้ควบคุมยานพาหนะ ซึ่งหากเวลาที่สูญเสียเนื่องจากการหยุด (วินาที/กิโลเมตร) มีค่าน้อยลง จะทำให้การจราจรคล่องตัวขึ้น และทุกๆแบบจำลองจะได้เวลาเดินทางเฉลี่ยที่ลดลง ความล่าช้าเฉลี่ยลดลง และเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดลดลง มีผลทำให้การจัดการจราจรเป็นไปในแนวที่ดีขึ้น ซึ่งจากผลแบบจำลองโดยรวม ทั้งช่วงเวลารุ่งควน และช่วงเวลาไม่รุ่งควน จะพบว่าแบบจำลองสัญญาณไฟกระตุ้นเต็มที่(full-actuated) จะทำให้เวลาเดินทางเฉลี่ย ความล่าช้าเฉลี่ย และเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด มีค่าน้อยที่สุดกว่าทุกแบบจำลอง และพบว่าในทุกๆแบบจำลอง วันอาทิตย์ เวลา 11.00-13.00 จะมีเวลาเดินทางเฉลี่ย ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที/กิโลเมตร) และ เวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด (วินาที/กิโลเมตร) มีค่าน้อยที่สุดกว่าทุกช่วงเวลา

จำนวนครั้งที่หยุดต่อรถหนึ่งคัน มีผลเกี่ยวเนื่องกับเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด เพราะหากจำนวนครั้งที่หยุดน้อย ก็จะทำให้ ทั้งเวลาที่สูญเสีย ความล่าช้า และเวลาเดินทางรวม จะลดน้อยลงด้วย ซึ่งพบว่าในแบบจำลองกึ่งกระตุ้นให้ค่าที่น้อยที่สุด กล่าวคือ สัญญาณไฟจราจรแบบกึ่งกระตุ้น(semi-actuated) มีประสิทธิภาพที่ทำให้รถมีการหยุดที่น้อยกว่าสัญญาณไฟจราจรแบบอื่นๆที่จำลอง

ผลจากแบบจำลองทั้งหมดสามารถสรุปผลโดยรวมได้ว่า แบบจำลองสัญญาณไฟกระตุ้นเต็มที่(full-actuated) จะให้ผลประสิทธิภาพตัวชี้วัดที่ดีกว่าแบบจำลองสัญญาณไฟแบบอื่นๆ เพราะสามารถใช้ความเร็วได้มาก ส่งผลให้ความล่าช้าเฉลี่ย, เวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด และจำนวนครั้งที่หยุดต่อรถหนึ่งคัน มีค่าลดน้อยลง และผลแบบจำลองที่ได้จากโปรแกรมแสดงให้เห็นว่าสมเหตุสมผลตามหลักความเป็นจริง

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ในการสรุปผลการวิจัยนี้ประกอบไปด้วย ผลการวิเคราะห์สภาพจราจรในปัจจุบันของแบบจำลองต่างๆ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Aimsun ก่อนการปรับปรุงรอบสัญญาณไฟ (ข้อมูลจังหวะสัญญาณไฟจราจรของทางแยกที่สำคัญ ทางบริเวณทางแยกหน้าประตูมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (แยกหนองปรุ) และหลังการปรับปรุงรอบสัญญาณไฟ (รอบสัญญาณไฟไฟเขียว ที่จำลองได้จากโปรแกรม รวมถึงจำลองผลจากปริมาณจราจรที่อาจเพิ่มขึ้นในอนาคต) ดังแสดงรายละเอียดดังนี้

1. สรุปผลการวิเคราะห์แบบจำลองต่างๆ ก่อน และ หลัง การปรับปรุงรอบสัญญาณไฟ

ความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตร/ชั่วโมง) ของทั้งปริมาณจราจรปัจจุบัน(Existing demand) และการเพิ่มปริมาณจราจร นั้นพบว่า แบบจำลองสัญญาณไฟแบบกระตุ้นเต็มที่(Full actuated control) มีผลความเร็วเฉลี่ยมากที่สุด และเมื่อเทียบแบบจำลองสัญญาณไฟแบบกระตุ้นเต็มที่(Full actuated control) จากทุกช่วงเวลาแล้วพบว่า ช่วงวันหยุดจะให้ผลความเร็วเฉลี่ยดีกว่าช่วงวันเร่งด่วน

เวลาเดินทางเฉลี่ย(วินาที/กิโลเมตร) ของทั้งปริมาณจราจรปัจจุบัน(Existing demand) และการเพิ่มปริมาณจราจร นั้นพบว่า ผลของแบบจำลองกระตุ้นเต็มที่(Full actuated control) มีประสิทธิภาพดีกว่า คือ เวลาเดินทางเฉลี่ยน้อยที่สุดกว่าทุกแบบจำลอง และในช่วงเวลาเร่งด่วนบ่าจะพบว่า เวลาเดินทางเฉลี่ยของสัญญาณไฟปัจจุบันมีค่าเวลาเดินทางเฉลี่ยที่มาก จึงทำให้ทราบว่า ประสิทธิภาพของสัญญาณไฟปัจจุบันไม่เหมาะสมเท่าที่ควร

ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที/กิโลเมตร) ของทั้งปริมาณจราจรปัจจุบัน(Existing demand) และการเพิ่มปริมาณจราจร นั้นพบว่า ผลของความล่าช้าเฉลี่ย(วินาที/กิโลเมตร) ของแบบจำลองสัญญาณไฟกระตุ้นเต็มที่(Full actuated control) นั้น ให้ผลที่ดีกว่าทุกแบบจำลอง คือ มีค่าความล่าช้าเฉลี่ยน้อยที่สุด และในช่วงเวลาเร่งด่วน สัญญาณไฟปัจจุบันให้ผลของความล่าช้าที่มาก ส่งผลให้ประสิทธิภาพของสัญญาณไฟในปัจจุบันไม่เหมาะสม

เวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด (วินาที/กิโลเมตร) ของทั้งปริมาณจราจรปัจจุบัน(Existing demand) และการเพิ่มปริมาณจราจร นั้นพบว่า ผลของแบบจำลองกระตุ้นเต็มที่(Full actuated control) ให้ผลของเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดน้อยที่สุดของทุกๆช่วงเวลา ซึ่งในช่วงเวลาเร่งด่วนจะพบว่า เวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดของสัญญาณไฟปัจจุบันยังคงมากกว่าทุกๆแบบจำลอง

จำนวนครั้งที่หยุดต่อรถหนึ่งคัน ของทั้งปริมาณจราจรปัจจุบัน(Existing demand) และการเพิ่มปริมาณจราจร นั้นพบว่า ความแตกต่างของจำนวนครั้งที่หยุดต่อรถหนึ่งคันนั้นไม่แตกต่างกันมากนัก แต่โดยรวมแล้วสัญญาณไฟแบบกึ่งกระตุ้น(Semi-actuated control) และแบบกระตุ้นเต็มที่ (Full actuated control) จะมีค่าจำนวนครั้งที่หยุดต่อรถหนึ่งคันน้อยสุด ซึ่งถือว่าเป็นระบบควบคุมสัญญาณไฟที่มีประสิทธิภาพดีกว่าแบบจำลองอื่นๆ

ผลจากแบบจำลองทั้งหมดสามารถสรุปผลโดยรวมได้ว่า แบบจำลองสัญญาณไฟกระตุ้นเต็มที่ (full-actuated) จะให้ผลประสิทธิภาพตัวชี้วัดที่ดีกว่าแบบจำลองสัญญาณไฟแบบอื่นๆ เพราะสามารถใช้ความเร็วได้มาก ส่งผลให้ความล่าช้าเฉลี่ย, เวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด, จำนวนครั้งที่หยุดต่อรถหนึ่งคัน มีค่าลดน้อยลง และผลแบบจำลองที่ได้จากโปรแกรมแสดงให้เห็นว่าสมเหตุสมผลตามหลักความเป็นจริง

2. ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลที่ใช้สำรวจปริมาณจราจรเป็นข้อมูลปี 2556 ซึ่งมีการเก็บข้อมูลที่สมบูรณ์ แต่สภาพการจราจร ย่อมมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี การเก็บข้อมูลควรปรับปรุงให้มีความทันสมัย (update) ตลอดเวลา เพื่อการวิเคราะห์สภาพการจราจรอย่างถูกต้อง และเหมาะสมเพื่อพัฒนาระบบการควบคุมที่เหมาะสมต่อไป

จากการศึกษาวิจัยพบว่า โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรควรใช้โปรแกรมที่มีการนำเทคโนโลยีอุปกรณ์ควบคุมการจราจรที่ทันสมัยมาพัฒนาควบคุมจราจรที่เหมาะสม ระดับการวิเคราะห์สูงขึ้น เพื่อความถูกต้องของการแสดงผลลัพธ์ข้อมูล เช่น โปรแกรม Paramics และTRANSYT เป็นต้น และการนำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์เกี่ยวกับเรื่องควบคุมการเชื่อมต่อสัญญาณไฟจราจรที่บริเวณทางแยก และจุดตัดถนน เช่น การจัดการระบบควบคุมและปฏิบัติงานด้านจราจร เพื่อพัฒนาระบบการควบคุมสภาพการจราจรให้เหมาะสมกับสภาพการจราจร จะสามารถช่วยลดจำนวนอุบัติเหตุ ปริมาณมลพิษและการเผาผลาญเชื้อเพลิงที่สูญเสีย และลดการสูญเสียเวลาไปได้มากกว่านี้

การวิจัยนี้ ไม่ได้คำนึงถึงด้านเศรษฐศาสตร์ หากมีการอ้างอิงค่าใช้จ่าย กับ แบบจำลอง อาจมีผลในการวิเคราะห์การตัดสินใจเลือกแบบจำลองอื่น ในการจัดการจราจรต่อไป

บรรณานุกรม

พลเทพ เลิศวารวิษ. (2553). การออกแบบสัญญาณไฟจราจรบนทางหลวง. รายงานฉบับที่ วพ. 283 สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง. กรมทางหลวง.

สันติ นันทจันทร์. (2552). ชุดจำลองสัญญาณไฟจราจรและนับจำนวนรถยนต์. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ทวี วิชัยเมธาวิ. (2545). การพัฒนาวิธีควบคุมสัญญาณไฟจราจรในสภาพจราจรอึมครึม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปฎิภาณ แก้ววิเชียร. (2549). การศึกษาการควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยกเดี่ยว กรณีศึกษาจังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วีรชัย และคณะ. (2554). โครงการสาธิตการประยุกต์ใช้ระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะเพื่อลดการใช้พลังงานในภาคขนส่ง. รายงานฉบับสมบูรณ์. ศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สิวกอ อมตวีระกุล และคณะ. (2556). ศึกษาวิธีลดความล่าช้าที่ทางแยกเดี่ยวด้วยการปรับรอบสัญญาณไฟจราจร (กรณีศึกษา: แยกก้านนัรชาติพิภย์ ถ.พุทธบูชา). การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ชัยวัฒน์ ไหญ่บกก และคณะ. (2556). ศึกษาวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกบนถนนกาญจนวณิชตั้งแต่ทางแยกสถานีขนส่งถึงทางแยกคองหงส์. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พรณรงค์ เลื่อนเพ็ชร และคณะ. (2556). ศึกษาระยะห่างที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรบนทางพิเศษสำหรับการประยุกต์ใช้ในระบบจราจรอัจฉริยะ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19. กองวิจัยและพัฒนาวิศวกรรมระบบทางพิเศษ. การทางพิเศษแห่งประเทศไทย.

Webster, F. V. 1969. Traffic signal settings. Road Research Technical Paper No. 39. London: Department of Scientific and Industrial Research Road Research Laboratory.

Roess, R.P., Prassa, E.S., McShane, W.R. (2011) Traffic Engineering, 4th Edition, Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), (1981) Traffic Control in Saturated Conditions, Paris: Road Research.

FHWA (2009) Intersection Safety Issue Briefs, 3th Edition URL: <http://safety.fhwa.dot.gov/intersection/resources/>, Accessed on June 201

Jeannotte K, Chandra A, Alexiadis V, and Skabardonis A, “Traffic Analysis Toolbox Volume II: Decision Support Methodology for Selecting Traffic Analysis Tools”, Report No. FHWA-HRT-04-039, Contract or Grant No. DTFH61-01-C-00181, FHWA, 2004.

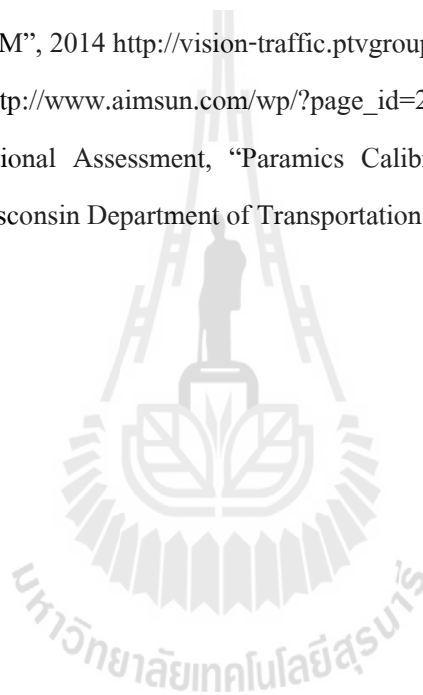
Dowling R, Skabardonis A, and Alexiadis V, “Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Software”, Report No. FHWA-HRT-04-040, Contract or Grant No. DTFH61-01-C-00181, FHWA, 2004A.

Richard Dowling, Alexander Skabardonis, John Halkias, Gene McHale, and Grant Zammit, “Guidelines for Calibration of Microsimulation Models Framework and Applications”, In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1876, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2004B, pp. 1–9.

PTV Group, “PTV VISSIM”, 2014 <http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-us/products/ptv-vissim/>

TSS, “AIMSUN”, 2014 http://www.aimsun.com/wp/?page_id=21

Freeway System Operational Assessment, “Paramics Calibration & Validation Guidelines”, Technical Report I-33 (Draft), Wisconsin Department of Transportation, District 2, Milwaukee, June 2002.



ประวัติผู้วิจัย

นาย รัฐพล ภูบุบผาพันธ์ ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมโยธา เกียรตินิยมอันดับ 2 มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปีการศึกษา 2542 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทด้านวิศวกรรมขนส่งจากสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (Asian Institute of Technology) ในปีการศึกษา 2545 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกในสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและผังเมืองจากมหาวิทยาลัยฮอกไกโด (Hokkaido University) ประเทศญี่ปุ่นในปีการศึกษา 2549

จากประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายใน และภายนอกประเทศ ซึ่งเป็นทั้งผู้อำนวยการ แผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอโครงการวิจัย เช่น หัวหน้าโครงการวิจัย Cooperative Adaptive Cruise Control based on WiFi communication between vehicles and infrastructure (Connect & Drive Project), High Tech Automotive System, January 2009 – January 2011 โครงการวิจัยและพัฒนาวิธีการพยากรณ์ระยะเวลาในการเดินทางบนทางหลวง บริษัทไอเอ็มเอ็มเอส จำกัด ก.ค. 2554 – พ.ค. 2555 เป็นต้น

สถานที่ที่สามารถติดต่อได้ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
จ. นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 044-224593 โทรสาร 044-224608 E-mail rattaphol@sut.ac.th

