Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Vol. 7 No. 2 July – December, 2016

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบควบคุมจราจรบริเวณสามแยกบนทางหลวงสายหลัก กรณีสามแยกหน้าทางเข้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

พรฑิตา ถามะพันธ์[1*] และ รัฐพล ภู่บุบผาพันธ์[2]

บทคัดย่อ

บริเวณสามแยกหน้าทางเข้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเป็นทั้งแยกทางเข้าและจุดกลับรถ มีจุดตัดกระแสจราจรมากและทำให้มีความไม่คล่องตัวในการจราจร กระแสจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าจะมีปริมาณจราจรในทิศทางที่ต้องการเลี้ยวขวาเข้าสู่มหาวิทยาลัยจำนวนมาก และในอนาคตมีแนวโน้มที่ปริมาณจราจรจะเพิ่มมากขึ้น จนทำให้เกิดแถวคอยที่ล้นออกจากช่องรอเลี้ยว บนโครงข่ายถนน มีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร แบบสัญญาณไฟเป็นประเภทกำหนดเวลาคงที่ (Pre-time Traffic Signal) จึงทำให้ไม่สอดคล้องกับปริมาณจราจรในบางช่วงเวลา การศึกษาวิจัยนี้จึงทำการศึกษารูปแบบความเหมาะสมการปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟโดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ ปรับปรุงสัญญาณไฟในสภาพจราจรปัจจุบัน และปรับปรุงสัญญาณไฟหากมีการเพิ่มปริมาณจราจรในอนาคต โดยใช้รูปแบบการจำลอง 3 รูปแบบ คือ การจำลองติดตั้งสัญญาณไฟจราจรคงที่ที่เหมาะสมจากการคำนวณของปริมาณจราจรแต่ละช่วง (Multiple-time plan), การจำลองสัญญาณไฟแบบกึ่งกระตุ้น (Semi-actuated control) และแบบกระตุ้นเต็มที่ (Full-actuated control) ซึ่งใช้ตัวชี้วัดประสิทธิผล ได้แก่ เวลาเดินทางเฉลี่ย (วินาทีต่อคัน), ค่าความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที), เวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดเฉลี่ยต่อคัน (วินาทีต่อคัน) พบแนวโน้มของแบบจำลองการควบคุมสัญญาณไฟแบบกระตุ้มเต็มที่ (Full-actuated control) จะให้ผลที่ดีที่สุด เนื่องจากค่าแต่ละตัวชี้วัด มีค่าต่ำกว่าทุกแบบจำลอง จึงสรุปว่าแบบจำลองติดตั้งสัญญาณไฟกระตุ้นเต็มที่ (Full-actuated control) ทำให้การจัดการจราจรบริเวณทางแยกนี้มีประสิทธิภาพดีที่สุด

คำสำคัญ: โปรแกรมจำลองสภาพจราจร สัญญาณไฟจราจรแบบกระตุ้น ทางสามแยก

[1] นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร. 08-7865-3399 อีเมล: bowby12@hotmail.com

_17-0051(132-141)14.indd 132 1/18/60 BE 5:21 PM

The Study of Effectiveness Comparison of Traffic control system at T-Intersection on the Major Highway A Case Study at Suranaree University of Technology Entrance

Porntita Tamapan[1*] and Rathapol Phubupphapan[2]

Abstract

The T-intersection at the entrance of Suranaree University of Technology has a number of traffic conflicts. There is a large amount of right-turn traffic entering to the campus in the morning rush hours, and the right-turn demand is often larger than the capacity of the right-turn bay, causing queue overflows into through lane and interrupts the through traffic. The existing traffic signal is operated under a Pre-time control which may not be appropriate for time varying traffic demand pattern at this intersection. This research evaluates some control alternatives to improve traffic signal control at this intersection under two traffic scenarios: existing traffic demand and increased traffic demand (future scenario). Three control 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 considering average travel time, average delay time, and stopped delay as the performance indicators. The result shows that the full-actuated control tends to be superior to other controls due to it leads to better performance in most of the indicators.

Keywords: Traffic Simulation, Actuated Signal Control, T-intersection

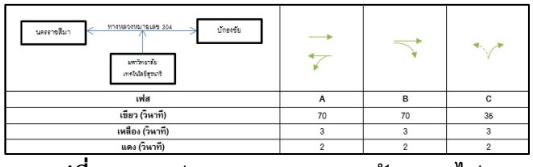
[1] Master Degree Student, School of Transportation Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

[2] Assistant Professor, School of Transportation Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

* Corresponding Author Tel. 08-7865-3399 E-mail: bowby12@hotmail.com

1. บทนำ

บริเวณทางแยกที่ศึกษาคือทางแยกหน้าประตู1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (แยกหนองปรู) เป็นทางแยกที่ตัดกันระหว่างถนนสายหลักคือทางหลวงหมายเลข 304 กับถนนสายรอง คือ ถนนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งเป็นทั้งแยกทางเข้าและจุดกลับรถ จึงทำให้เกิดความรุนแรงของอุบัติเหตุบ่อยครั้ง เนื่องจากมีจุดตัดกระแสจราจรมากและทำให้มีความไม่คล่องตัวในการจราจร ปัจจุบันบนโครงข่ายถนน มีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบสัญญาณไฟเป็นประเภทกำหนดเวลาคงที่ (Pre-time Traffic Signal) มีความยาวรอบสัญญาณไฟ (Cycle Length) และเฟสสัญญาณไฟ (Phases) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่1 แสดงเฟสและความยาวรอบสัญญาณไฟ

ซึ่งทำให้ไม่สอดคล้องกับการจราจรบางช่วงเวลา [1] ซึ่งการใช้เวลาไฟเขียวที่ค่อนข้างยาวนานจะเกิดภาวะอัตราการไหลที่ลดลง ทำให้ใช้ความจุของทางแยกไม่ได้เต็มที่และเพิ่มความล่าช้าให้ทิศทางอื่นโดยไม่จำเป็น ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 แสดงปัญหาสัญญาณไฟไม่สอดคล้องกับปริมาณจราจรบางช่วงเวลา

และในบางครั้งต้องอาศัยการกดเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรเพิ่มด้วยจากเจ้าหน้าที่ และการนำเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรมาควบคุมสัญญาณไฟจราจรไม่สามารถแก้ไขปัญหาสภาพจราจรติดขัด เพราะขาดความยั่งยืนและไม่สามารถควบคุมได้ตลอดเวลา การศึกษาวิจัยนี้จึงทำการศึกษารูปแบบความเหมาะสม การจัดการจราจรหน้าประตู1มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี บนทางหลวงหมายเลข 304 โดยศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบควบคุมจราจร ประยุกต์ใช้แบบจำลองจราจรในการหารูปแบบการจัดการจราจรที่เหมาะสมบริเวณทางแยกนี้ กับการใช้สัญญาณไฟจราจรแบบระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะซึ่งสามารถปรับระยะเวลาสัญญาณไฟเขียวและไฟแดงตามสภาพของการจราจร (Actuated Traffic Signal), สัญญาณไฟจราจรคงที่ที่เหมาะสมจากการคำนวณของปริมาณจราจรแต่ละช่วง (Multiple-time plan) ซึ่งจะเปรียบเทียบและประเมินประสิทธิผลของการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบเดิม (ที่กำหนดเวลาคงที่) กับรูปแบบการจัดการจราจรแบบใหม่ (ระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรอัจฉริยะ, สัญญาณไฟจราจรที่กำหนดเวลาคงที่หลายแผน) หากทราบถึงรูปแบบของการจัดการจราจรที่เหมาะสมบริเวณทางแยกนี้ จะช่วยแก้ปัญหาการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ลดระยะเวลาความล่าช้ารวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางให้ดียิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

บริเวณทางแยกที่ทำการศึกษา มีสัญญาณไฟจราจรที่ไม่สอดคล้องกับปริมาณจราจรในบางช่วงเวลา และกระแสจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าจะมีปริมาณจราจรในทิศทางที่ต้องการเลี้ยวขวาเข้าสู่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีจำนวนมาก ทำให้เกิดแถวคอยที่ล้นออกช่องรอเลี้ยว จึงเป็นจุดที่อันตรายจุดหนึ่งที่อาจเกิดอุบัติเหตุขึ้นได้และยังกีดขวางช่องทางจราจรในทิศตรงอีกด้วย ทางผู้วิจัยจึงศึกษาเปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพระบบควบคุมจราจรโดยอาศัยโปรแกรมแบบจำลองสภาพจราจร เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองจราจรในการหารูปแบบการจัดการจราจรที่เหมาะสมบริเวณทางแยกหน้าประตู 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี สุรนารี (แยกหนองปรู) ประกอบด้วย

2.1 จำลองสัญญาณไฟจราจร แบบคงที่หลายแผน (Multiple-time plan)

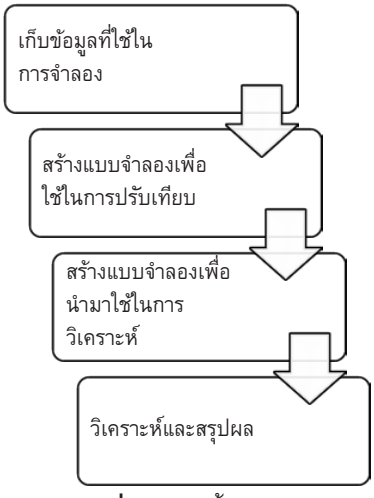
2.2 จำลองสัญญาณไฟจราจร แบบกึ่งกระตุ้น (semi-actuated control)

2.3 จำลองสัญญาณไฟจราจร แบบกระตุ้นเต็มที่ (full-actuated control)

โดยวิเคราะห์ตัวชี้วัดประสิทธิผลคือ เวลาเดินทางเฉลี่ย (วินาที/คัน), ความล่าช้าเฉลี่ย(วินาที/คัน) และเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด(วินาที/คัน) ในการศึกษาเทียบกับผลการจำลองของสภาพปัจจุบัน และกรณีเพิ่มปริมาณจราจรในอนาคต

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในขั้นตอนของการศึกษานี้ จะดำเนินการเก็บข้อมูลทางภาคสนามด้วยกล้องวิดีโอ เพื่อใช้ข้อมูลมาสร้างแบบจำลอง โดยมีการปรับเทียบแบบจำลองเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพจริงมากที่สุด และวิเคราะห์ผลแบบจำลอง ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังแสดงในรูปที่ 3

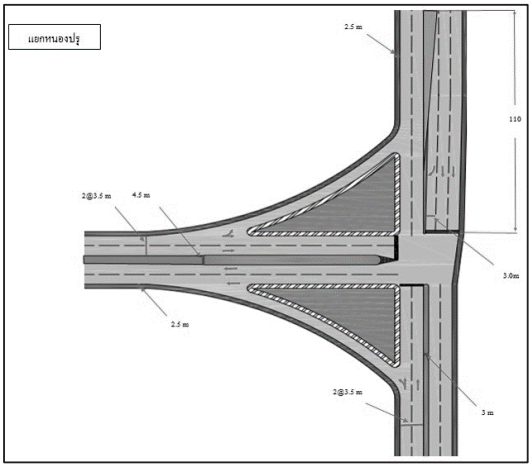


รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ลักษณะของทางแยกที่ศึกษา

บริเวณที่ทำการศึกษา คือ บริเวณทางแยกหน้าประตู 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (แยกหนองปรู) ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งเป็นทางสามแยก บนถนนกบินทร์บุรี–ปักธงชัย ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ ต.ปรุใหญ่ อ.เมืองนครราชสีมา จ.นครราชสีมา บริเวณแยกนี้เป็นจุดตัดทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 ซึ่งทางสายนี้เป็นทางเชื่อมระหว่างภาคตะวันออกสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อีสาน) บริเวณแยกทางเข้าหน้าประตูมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นทางแยก 3 ขา รูปตัวที ทั้ง 3 ทิศทางมีเกาะกลางและมีช่องจราจร 2 ช่องต่อทิศทาง, ความกว้างช่องจราจรถนนมหาวิทยาลัยฯ กว้าง 3.5 เมตร (ไม่รวมระยะไหล่ทาง) และความกว้างของช่องจราจร ทางหลวงหมายเลข 304 กว้าง 3 เมตร (ไม่รวมระยะไหล่ทาง) ดังแสดงในรูปที่ 5 มีการควบคุมทางแยกโดยใช้สัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาคงที่ (Fixed or Pre-time Control) ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 4 ภาพถ่ายทางอากาศทางแยกหน้าประตู 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (แยกหนองปรู)



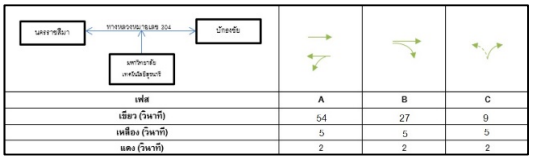
รูปที่ 5 แสดงลักษณะทางกายภาพของทางแยกที่ศึกษา

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการจำลอง

การเก็บข้อมูล ทำการศึกษาโดยใช้กล้องวีดีโอในการบันทึกสภาพการจราจรของการเคลื่อนตัวออกจากสัญญาณไฟจราจร โดยข้อมูลที่เก็บได้ทางภาคสนาม มีข้อมูลลักษณะทางกายภาพ, ข้อมูลแถวคอยสูงสุด (Maximum Queue Length) โดยจะทำการบันทึกแถวคอยสูงสุดที่เกิดขึ้นในแต่ละขาของทางแยก, ข้อมูลปริมาณจราจร โดยข้อมูลปริมาณจราจร (Volume) จะแบ่งตามแต่ละประเภท (Turning Movement Count, TMC) โดยจะทำการนับปริมาณจราจรที่มุ่งเข้าสู่ทางแยก แบ่งออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่ รถจักรยานยนต์, รถยนต์ส่วนบุคคล,

รถบรรทุก 4 ล้อ รถบรรทุก6ล้อ และรถบัสขนาดกลางและใหญ่ แยกตามทิศทางการเคลื่อนที่ ซึ่งการเก็บข้อมูลด้านจราจรนั้น แบ่งเป็นจำนวน 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า 2 ชม. (7:00-9:00 น.), ช่วงนอกเวลาเร่งด่วน (กลางวัน) 2 ชม. (11:00-13:00 น.) และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น 2 ชม. (15:00-17:00 น.) เป็นข้อมูลที่สำรวจในวันพฤหัสบดี ที่ 21 กุมภาพันธ์ 2556 และสำรวจ วันอาทิตย์ที่ 24 กุมภาพันธ์ 2556

ค่าเวลารอบสัญญาณไฟจราจร ได้มาจากการคำนวณจากสมการเวปสเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งงานวิจัยของกมล [2] ระบุไว้ว่าในการวิเคราะห์หาค่าเวลาสัญญาณไฟไม่ต้องนำปริมาณจราจรของรถจักรยานยนต์มาคิดร่วม แต่ในงานวิจัยนี้นำมาคิดร่วมโดยคำนวณค่าปริมาณจราจรให้เป็นหน่วยรถยนต์นั่ง (passenger car unit หรือ pcu)



เฟส	A	B	C
เขียว (วินาที)	54	27	9
เหลือง (วินาที)	5	5	5
แดง (วินาที)	2	2	2

รูปที่ 6 แสดงรอบสัญญาณไฟคำนวณใหม่ตามปริมาณจราจรช่วงนอกเวลาเร่งด่วน (กลางวัน)

3.3 แบบจำลองที่ใช้ในการปรับเทียบ

แบบจำลองที่สร้างขึ้น จะต้องมีลักษณะเช่นเดียวกับทางแยกปัจจุบัน จึงจะนำมาใช้วิเคราะห์ได้ใช้เกณฑ์การพิจารณาดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์และตัวแปรในการปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration Criteria)

เกณฑ์และตัวแปร	เป้าหมายการปรับเทียบ
ปริมาณจราจรต่อชั่วโมง (เปรียบเทียบระหว่างผลจากแบบจำลองและการสำรวจภาคสนาม)	
● ปริมาณจราจรแต่ละ Link	
○ ผลต่างไม่เกิน 15% สำหรับ 700 vph < ปริมาณจราจร < 2,700 vph	> 85% ของ links ทั้งหมด
○ ผลต่างไม่เกิน 100 vph สำหรับ ปริมาณจราจร < 700 vph	> 85% ของ links ทั้งหมด
○ ผลต่างไม่เกิน 400 vph สำหรับ ปริมาณจราจร > 2,700 vph	> 85% ของ links ทั้งหมด

ตารางที่ 1 เกณฑ์และตัวแปรในการปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration Criteria) (ต่อ)

เกณฑ์และตัวแปร	เป้าหมายการปรับเทียบ
● รวมปริมาณจราจรทุก Links	< 5% ของปริมาณจราจรรวมทุก Links
● ค่า GEH* < 5 สำหรับ ปริมาณจราจรแต่ละ Link	> 85% ของ links ทั้งหมด
● ค่า GEH* < 4 สำหรับ ปริมาณจราจรรวมทุก Links	GEH < 4 สำหรับปริมาณจราจรรวมทุก Links
เวลาเดินทาง (เปรียบเทียบระหว่างผลจากแบบจำลองและการสำรวจภาคสนาม)	
● เวลาเดินทางบนโครงข่ายถนนต่างกันไม่เกิน 15% (หรือไม่เกิน 1 นาที)	> 85% ของเส้นทางทั้งหมด
● การประเมินด้วยสายตา ○ ความเร็วแยกในแต่ละ link : กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Speed-Flow อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เมื่อประเมินด้วยสายตา	ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของผู้ประเมิน
● การประเมินด้วยสายตา ○ คอขวด : แถวคอยอยู่ในเกณฑ์ที่รับได้เมื่อประเมินด้วยสายตา	ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของผู้ประเมิน

ที่มา Freeway System Operational Assessment, 2002

ซึ่งจะใช้ข้อมูลปริมาณจราจรที่ทางแยก (Turning count) และข้อมูลแถวคอยสูงสุด (Maximum queue length) ที่เก็บมาจากภาคสนาม 2 ชั่วโมง ในทิศทางตรงและเลี้ยวขวาในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยมี จากการเปลี่ยนและปรับค่าพารามิเตอร์ ค่าที่ใช้ในการปรับแก้พารามิเตอร์ มีทั้งหมด 3 ตัวแปร คือ 1. ระยะเวลาห่างที่น้อยที่สุดของรถ 2 คัน หน่วยเป็นวินาที (Minimum Headway) ตัวแปรที่ 2. ระยะทางห่างระหว่างรถ 2 คัน หน่วยเป็นเมตร (Min Distance veh) ที่ใช้ตัวแปรนี้เพราะในกรณีที่รถ 2 คันมีระยะเวลาและระยะทางห่างกัน จะมีผลทำให้เกิดความล่าช้าของระบบได้ และสามารถปรับแก้เพื่อตรวจสอบความถูกต้องที่เห็นสภาพจริงของแบบจำลองได้ง่ายที่สุด [3] จะใช้ค่าระยะเวลาห่างระหว่างที่ล้อหลังของรถที่วิ่งตามกันทับเส้นหยุด ตัวแปรที่ 3. ความเร็วเฉลี่ยสูงสุด (ความเร็วออกแบบ) หน่วยเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง (Max Desired speed) ตัวแปรนี้สามารถสำรวจความเร็วทางภาคสนามเพื่อมาใช้ปรับเทียบกับแบบจำลองได้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการปรับเทียบแบบจำลอง

ผลการปรับเทียบ
ปริมาณจราจรแต่ละ Link ไม่เกินเกณฑ์คิดเป็น 95%
ผลต่างของรวมปริมาณจราจรทุก < 5%
GEH. สำหรับปริมาณจราจรแต่ละ Link <5%
GEH. สำหรับปริมาณจราจรรวมทุก Links = 0.6
ความยาวแถวคอยสูงสุดใกล้เคียงกับที่สำรวจในภาคสนาม

แบบจำลองทุกชุดมีค่า GEH < 5.0 แสดงว่าการตรวจสอบปริมาณจราจรที่ X ได้จากการประมวลผลในแบบจำลองที่ X มีความสอดคล้องอย่างดีกับผลการสำรวจจริงในภาคสนาม ส่วนการพิจารณาหาแบบจำลองที่มีความถูกต้องมากที่สุด วัดจากผลการเปรียบเทียบ ของค่า Root Mean Squared Error (RMSE) ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง Mean Squared Error (MSE) ค่า MSE ยิ่งน้อย หมายถึง การพยากรณ์ยิ่งแม่นยำ และค่าเฉลี่ยของร้อยละความผิดพลาดสมบูรณ์ Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ค่า MAPE ยิ่งน้อย หมายถึง การพยากรณ์ยิ่งแม่นยำ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

แบบจำลอง	MAPE%	RMSE	MSE
1	21.746	2.71	1.95
2	17.952	2.29	1.55
3	21.672	2.50	1.95
4	22.568	2.90	2.10
5	**15.415**	**1.79**	**1.30**
6	16.888	2.24	1.50
7	23.536	3.25	2.35
8	22.956	3.11	2.20
9	21.673	2.12	1.70
10	16.096	1.90	1.30
11	18.141	2.43	1.90
12	16.917	2.00	1.70

ซึ่งได้ค่าแบบจำลองที่ 5 ค่า Minimum Headway (secs) คือ 1.0, Max Desired speed of vehicle km/h) คือ 90, Min Distance vehicle (meters) คือ 1.0 ที่ปรับแก้แล้วในการนำพารามิเตอร์มาใช้ในการจำลองต่อไป

3.4 สร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองครั้งนี้ ใช้โปรแกรมจำลองสภาพจราจร AIMSUN [4] AIMSUN (Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-urban Networks) เพราะโปรแกรมนี้สามารถจัดหาได้ง่ายและมีใช้ในสาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โปรแกรมจำลองสภาพจราจรต้องเป็นโปรแกรมระดับจุลภาคและได้รับการยอมรับเพื่อให้สามารถจำลองพฤติกรรมการขับขี่ของยวดยานแต่ละคันที่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันได้ ทำให้สภาพจราจรที่จำลองขึ้นเสมือนจริงและสามารถจำลองการขับขี่ยวดยานชิดขวา (right hand rule) เพื่อให้การจำลองสามารถเข้าใจได้ง่าย มีความสอดคล้องกับการจราจรในประเทศไทย ซึ่งรูปแบบในการจำลองของโปรแกรมจำลองสภาพจราจรมี 3 รูปแบบ คือ จำลองสัญญาณไฟจราจร แบบคงที่หลายแผน (Multiple-time plan), จำลองสัญญาณไฟจราจร แบบกึ่งกระตุ้น (semi-actuated control) และจำลองสัญญาณไฟจราจร แบบกระตุ้นเต็มที่ (full-actuated control) ทั้ง 3 รูปแบบใช้การจากการคำนวนเวลารอบสัญญาณไฟของ [5] และ สมการของเวบสเตอร์ [6] (ซึ่งเหมาะสำหรับทางแยกเดี่ยวหรือทางแยกที่อยู่ห่างกันมาก การคำนวณตั้งอยู่บนสมมติฐานว่าปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางแยกค่อนข้างคงที่และกระจายตัวเป็นแบบสุ่ม (stochastic) [7] แต่วิธีควบคุมนี้ก็มีข้อจำกัด คือ เมื่อนำ มาใช้ในสภาพจราจรอิ่มตัวจะทำให้ ความล่าช้ารวมสูงขึ้นมากและทำให้โอกาสที่ความยาวแถวคอยกีดขวางทางแยกต้นทาง (upstream junction) สูงขึ้น โดยการสร้างแบบ จำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์จะอ้างอิงปริมาณจราจรที่เก็บจากภาคสนามในเดือนกุมภาพันธ์ ปี 2556 และใช้ปริมาณจราจรโดยการพยากรณ์ปริมาณจราจรที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

4. ผลการวิจัย

การวิเคราะห์สภาพการจราจรของโปรแกรมจำลองสภาพจราจรนี้ จะวิเคราะห์สภาพการจราจรแบบเป็นทางแยกเดี่ยว มีช่วงเวลาเร่งด่วน(วันทำงาน และช่วงนอกเวลาเร่งด่วน(วันหยุด) ใช้ตัวชี้วัดประสิทธิผลที่ในการวิดคราะห์ดังนี้ เวลาเดินทางเฉลี่ย (วินาที/คัน), ค่าความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที), เวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดเฉลี่ยต่อคัน (วินาทีต่อคัน)

4.1 ผลของแบบจำลองในสภาพปริมาณจราจรปัจจุบัน (Existing demand) ดังแสดงในตารางที่ 4,5 และ 6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ผลแบบจำลองของเวลาเดินทางเฉลี่ย (วินาที/คัน)

	วันทำงาน			วันหยุด		
	7.00-9.00	11.00-13.00	15.00-17.00	7.00-9.00	11.00-13.00	15.00-17.00
สัญญาณไฟปัจจุบัน	100.8	93.1	97.2	91.5	90.6	94.8
Pre-time	118.3	93.9	98.4	91.4	89.5	91.2
semi-actuated	110.5	87.7	97.1	84.2	79.8	85.2
full-actuated	91.9	81.7	87.8	78.7	76.8	79.8

ตารางที่ 5 ผลแบบจำลองของค่าความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที)

	วันทำงาน			วันหยุด		
	7.00-9.00	11.00-13.00	15.00-17.00	7.00-9.00	11.00-13.00	15.00-17.00
สัญญาณไฟปัจจุบัน	34.6	26.9	31.0	25.3	24.1	28.4
Pre-time	52.1	27.6	32.2	25.0	23.2	24.8
semi-actuated	44.3	21.5	30.9	17.8	13.5	18.8
full-actuated	25.7	15.4	21.6	12.2	10.6	13.4

ตารางที่ 6 ผลแบบจำลองของเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดเฉลี่ยต่อคัน (วินาทีต่อคัน)

	วันทำงาน			วันหยุด		
	7.00-9.00	11.00-13.00	15.00-17.00	7.00-9.00	11.00-13.00	15.00-17.00
สัญญาณไฟปัจจุบัน	30.8	23.7	27.6	22.9	21.7	25.9
Pre-time	47.6	24.4	28.8	22.5	20.7	22.3
semi-actuated	40.5	19.0	27.9	16.2	11.9	17.1
full-actuated	21.8	12.7	18.3	10.5	8.7	11.4

4.2 ผลของแบบจำลอง กรณีเพิ่มปริมาณจราจร demand1 เป็นการเพิ่มปริมาณจราจร ในอัตราเพิ่มขึ้น 10% ของปริมาณจราจรถนนเส้น 304 และทิศทางเลี้ยวขวาเข้า มทส จะเป็นอัตราเพิ่มขึ้น 3% ดังแสดงในตารางที่ 7,8 และ 9 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 ผลแบบจำลองของเวลาเดินทางเฉลี่ย (วินาที/คัน)

	วันทำงาน			วันหยุด		
	7.00-9.00	11.00-13.00	15.00-17.00	7.00-9.00	11.00-13.00	15.00-17.00
สัญญาณไฟปัจจุบัน	112	103	123	97	98	97
Pre-time	117	94	99	92	90	92
semi-actuated	109	87	97	83	80	84
full-actuated	94	82	88	78	77	79

ตารางที่ 8 ผลแบบจำลองของค่าความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที)

	วันทำงาน			วันหยุด		
	7.00-9.00	11.00-13.00	15.00-17.00	7.00-9.00	11.00-13.00	15.00-17.00
สัญญาณไฟปัจจุบัน	46.3	36.5	57.1	31.0	31.4	31.0
Pre-time	50.6	28.1	32.3	25.2	23.4	25.2
semi-actuated	42.7	21.2	30.3	16.9	13.3	17.7
full-actuated	27.6	15.4	22.1	12.0	10.5	12.7

ตารางที่ 9 ผลแบบจำลองของเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดเฉลี่ยต่อคัน (วินาทีต่อคัน)

	วันทำงาน			วันหยุด		
	7.00-9.00	11.00-13.00	15.00-17.00	7.00-9.00	11.00-13.00	15.00-17.00
สัญญาณไฟปัจจุบัน	41.6	32.7	52.6	28.1	28.4	28.1
Pre-time	46.0	24.7	28.8	22.7	20.8	22.6
semi-actuated	38.8	18.6	27.3	15.3	11.6	15.9
full-actuated	23.7	12.6	18.7	10.2	8.5	10.8

4.3 ผลของแบบจำลอง กรณีเพิ่มปริมาณจราจร (demand2) เป็นการเพิ่มปริมาณจราจร ในอัตราเพิ่มขึ้น 20% ของปริมาณจราจรถนนเส้น 304 และทิศทางเลี้ยวขวาเข้า มทส จะเป็นอัตราเพิ่มขึ้น 6% ดังแสดงในตารางที่ 10,11 และ 12 ตามลำดับ

ตารางที่ 10 ผลแบบจำลองของเวลาเดินทางเฉลี่ย (วินาที/คัน)

	วันทำงาน			วันหยุด		
	7.00-9.00	11.00-13.00	15.00-17.00	7.00-9.00	11.00-13.00	15.00-17.00
สัญญาณไฟปัจจุบัน	147	116	165	98	98	98
Pre-time	154	118	125	115	112	114
semi-actuated	113	88	97	83	79	84
full-actuated	95	82	89	78	76	79

ตารางที่ 11 ผลแบบจำลองของค่าความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที)

	วันทำงาน			วันหยุด		
	7.00-9.00	11.00-13.00	15.00-17.00	7.00-9.00	11.00-13.00	15.00-17.00
สัญญาณไฟปัจจุบัน	80.4	49.6	98.8	31.8	31.3	31.3
Pre-time	71.4	35.6	41.9	31.5	28.9	31.1
semi-actuated	46.7	21.5	31.1	17.0	12.7	17.3
full-actuated	29.0	16.1	23.1	11.8	10.2	12.7

ตารางที่ 12 ผลแบบจำลองของเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดเฉลี่ยต่อคัน (วินาทีต่อคัน)

	วันทำงาน			วันหยุด		
	7.00-9.00	11.00-13.00	15.00-17.00	7.00-9.00	11.00-13.00	15.00-17.00
สัญญาณไฟปัจจุบัน	74.6	45.2	93.0	28.8	28.2	28.3
Pre-time	65.2	31.2	37.3	28.4	25.7	27.9
semi-actuated	42.5	18.8	27.9	15.4	11.0	15.6
full-actuated	24.9	13.1	19.5	10.0	8.3	10.7

จากผลของแบบจำลองดังแสดงในตารางที่ 4,7 และ 10 จะพบว่าผลของเวลาเดินทางเฉลี่ย (วินาที/คัน) เวลาเดินทางยิ่งน้อยบอกถึงประสิทธิภาพของรอบสัญญาณไฟนั้นยิ่งดี ในแบบจำลองของสัญญาณไฟจราจรแบบกระตุ้นเต็มที่ (full-actuated) ให้ผลของเวลาเดินทางเฉลี่ยน้อยที่สุด ในทุกช่วงเวลาที่นำมาจำลอง เมื่อเพิ่มปริมาณจราจรจะยิ่งเห็นได้ชัดว่า ในแบบจำลองของสัญญาณไฟจราจรแบบกระตุ้นเต็มที่ (full-actuated) ได้ผลเวลาเดินทางน้อยที่สุดเช่นกัน

ผลความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที) ในปริมาณจราจรปัจจุบันและในแบบจำลองทุกแบบจำลองที่ทำการเพิ่มปริมาณจราจร ได้ผลความล่าช้าเฉลี่ยของแบบจำลองของสัญญาณไฟจราจรแบบกระตุ้นเต็มที่ (full-actuated) น้อยที่สุด ซึ่งความล่าช้าเฉลี่ยยิ่งน้อยบอกถึงประสิทธิภาพของรอบสัญญาณไฟนั้นยิ่งดี

ผลของเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด (วินาที/คัน) พบว่าแบบจำลองที่จำลองสัญญาณไฟแบบกระตุ้นเต็มที่ (full-actuated) มีค่าเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดน้อยที่สุด จึงสรุปว่าแบบจำลองที่จำลองสัญญาณไฟแบบกระตุ้นเต็มที่ (full-actuated) มีแนวโน้มของประสิทธิภาพของสัญญาณไฟจราจรที่ดีกว่าแบบจำลองสัญญาณไฟกรณีอื่นๆ จึงสรุปว่า เวลาเดินทางเฉลี่ย, ความล่าช้าเฉลี่ย และเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด ของสัญญาณไฟจราจรแบบกระตุ้นเต็มที่(Full actuated) ให้ค่าเวลาที่น้อยที่สุด บ่งบอกถึงประสิทธิภาพดีกว่าแบบจำลองอื่น [8] เพราะวัตถุประสงค์หลักของการควบคุมคือทำให้ความล่าช้าที่ทางแยกต่ำที่สุด ปริมาณจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนทั้งเช้าและเย็นมีปริมาณที่สูงกว่าช่วงเวลาไม่เร่งด่วน จึงมีผลให้สัญญาณไฟจราจรไม่สอดคล้อง ผลที่จำลองออกมาได้จึงยังให้ค่าเวลาเดินทางเฉลี่ย, ความล่าช้าเฉลี่ย และเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดเป็นค่าที่สูง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองสัญญาณไฟจราจรแบบกระตุ้น จะได้แบบสัญญาณไฟจราจรกระตุ้นเต็มที่ให้ค่าเหล่านี้ต่ำที่สุด เพราะมีตัวตรวจจับยานพาหนะ ใช้ควบคู่กับสัญญาณไฟจราจร จึงจะไม่สูญสียเวลารอคอย

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลแบบจำลองทั้งหมด มีเวลาเดินทางเฉลี่ย (วินาที/คัน), ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที), เวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด (วินาที/คัน) เป็นเวลาที่ยานพาหนะสูญเสียไปของการเดินทาง เนื่องจากเหตุผลที่ไม่สามารถควบคุมได้โดยผู้ควบคุมยานพาหนะ เวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด (วินาที/คัน) ยิ่งมีค่าที่น้อย ยิ่งทำให้ทราบถึงการจราจรที่คล่องตัวขึ้น และทุกๆแบบจำลองจะได้เวลาเดินทางเฉลี่ยที่ลดลง ความล่าช้าเฉลี่ยลดลง และเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดลดลง แสดงว่าทุกๆแบบจำลอง มีผลทำให้การจัดการจราจรเป็นไปในแนวที่ดี

ขึ้น ซึ่งจากแบบจำลองโดยดูรวมทุกช่วงเวลาไม่เร่งด่วนและช่วงเวลาเร่งด่วน จะพบว่าแบบจำลองสัญญาณไฟกระตุ้นเต็มที่ (full-actuated) จะทำให้เวลาเดินทางเฉลี่ย ความล่าช้าเฉลี่ย และเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด มีค่าน้อยที่สุดกว่าทุกแบบจำลอง และพบว่าในทุกๆ แบบจำลอง วันอาทิตย์ เวลา 11.00-13.00 จะมีเวลาเดินทางเฉลี่ย (วินาที/คัน) ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที) และ เวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด (วินาที/คัน) มีค่าน้อยที่สุดกว่าทุกช่วงเวลา

จากผลแบบจำลองทั้งหมดด้วยโปรแกรมจำลองสภาพจราจรทางแยก เพื่อประยุกต์ใช้จัดการจราจรบริเวณสามแยกหน้าทางเข้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี แบ่งตามผลของตัวชี้วัด ได้แก่ เวลาเดินทางเฉลี่ย (วินาที/คัน), ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที), เวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุด (วินาที/คัน) ได้แบบจำลองที่เหมาะสมกับทางแยกนี้ คือ แบบจำลองติดตั้งสัญญาณไฟกระตุ้นเต็มที่ (full-actuated control)

6. ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลที่ใช้จำลองสภาพจราจรเป็นข้อมูลปริมาณจราจรที่มุ่งเข้าสู่ทางแยกหน้าประตู1มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (แยกหนองปรู) ที่สำรวจภาคสนามในเดือนกุมภาพันธ์ ปี 2556 ซึ่งมีการเก็บข้อมูลที่สมบูรณ์ แต่สภาพการจราจรนั้นย่อมมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นทุกๆ ปี การเก็บข้อมูลควรปรับปรุงให้มีความทันสมัยตลอดเวลาเพื่อการวิเคราะห์ ของสภาพการจราจรอย่างถูกต้องและเหมาะสม เพื่อพัฒนาระบบการควบคุมที่เหมาะสมต่อไป

[9] จากการศึกษาวิจัย พบว่าโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรควรใช้โปรแกรมที่มีการนำเทคโนโลยีและอุปกรณ์ควบคุมการจราจรที่ทันสมัย มาพัฒนาควบคุมจราจรอย่างเหมาะสม เพราะระดับการวิเคราะห์ที่สูงขึ้นเพื่อให้เกิดความถูกต้องของการแสดงผลลัพธ์ข้อมูล เช่น โปรแกรมพารามิค (Paramic) และ โปรแกรมทรานซิส (Transyt) เป็นต้น และการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เกี่ยวกับเรื่องควบคุมการเชื่อมต่อสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก และจุดตัดถนน เช่น การจัดการระบบควบคุมและปฏิบัติงานด้านจราจร เพื่อใช้พัฒนาระบบการควบคุมสภาพการจราจรให้เหมาะสมกับสภาพการจราจร จะสามารถช่วยลดการสูญเสียเวลา การเผาผลาญเชื้อเพลิง และลดปริมาณมลพิษได้มากกว่านี้

การวิจัยนี้ ไม่ได้คำนึงถึงด้านเศรษฐศาสตร์ หากมีการอ้างอิงค่าใช้จ่าย กับแบบจำลอง อาจมีผลในการวิเคราะห์การตัดสินใจเลือกแบบจำลองอื่น ในการจัดการจราจรต่อไป

7. ประโยชน์ที่ได้รับ

7.1 รูปแบบการจัดการจราจรที่เหมาะสม และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่สามารถแสดงผลเป็นกราฟฟิคได้

7.2 ทราบถึงประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการจราจร ที่จะนำมาปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมที่สุดกับบริเวณทางแยกนี้

7.3 รูปแบบการควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมกับบริเวณทางแยกนี้ใน อนาคตของการเพิ่มปริมาณจราจร

7.4 การศึกษานี้จะให้ประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้และเป็นแบบอย่างในการแก้ไขแยกอื่นๆ ที่คล้ายกัน

8. เอกสารอ้างอิง

[1] อรอนงค์ แสงผ่อง. (2553). การศึกษาความยาวจังหวะสัญญาณไฟเขียวที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากความจุที่สูยเสียช่วงเริ่มและจบจังหวะสัญญาณไฟ สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[2] กมล ปุ่นศิริ. (2542). การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SIDRA ในการวิเคราะห์สัญญาณไฟจราจรในเมืองหาดใหญ่และเมืองอุบลราชธานี. สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (ขนส่ง) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[3] นันทนา บัวคง. (2548). การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการไหลอิ่มตัว ณ ทางแยกสัญญาณไฟจราจรในกรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.

[4] Manual Aimsun 6.1 TSS-Transport Simulation System. (2010). Users Manual, Microsimulator and Mesosimulator.

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

[6] ปฏิภาณ แก้ววิเชียร. (2549). การศึกษาการควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยกเดี่ยวกรณีศึกษาจังหวัดขอนแก่น. สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[7] ทวี วิชัยเมธาวี. (2545). การพัฒนาวิธีควบคุมสัญญาณไฟจราจรในสภาพจราจรอิ่มตัว. สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[8] ปกาสิต จิรศักดิ์. (2549). การศึกษาพฤติกรรมการขับขี่ ณ ทางแยกสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.

[9] ศิวกิจ เสรีรัตนสกุล. (2550). การพัฒนาระบบควบคุมการจราจรที่เหมาะสม กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา. สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.