Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Vol.9 No.1 January - April 2018

การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรภายใต้การแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวัน

อานนท์ จันทรตัง[1*] และ รัฐพล ภู่บุบผาพันธ์[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปัจจัยด้านการแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวันที่มีต่อประสิทธิภาพของรูปแบบสัญญาณไฟจราจร 2 รูปแบบได้แก่ สัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาคงที่และสัญญาณไฟจราจรแบบกึ่งตามปริมาณจราจร และพัฒนาเครื่องมือสำหรับช่วยในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรภายใต้การแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวัน โดยทำการศึกษากับทางแยกที่มีลักษณะเป็นสี่แยกเดี่ยวผ่านแบบจราจรบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพของสัญญาณไฟจราจรจะขึ้นอยู่กับระดับของการแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวัน โดยสัญญาณไฟแบบกึ่งตามปริมาณจราจรจะมีประสิทธิภาพดีกว่าในกรณีที่การแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวันสูง ส่วนสัญญาณไฟแบบกำหนดเวลาคงที่จะมีประสิทธิภาพดีกว่าในกรณีการแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวันต่ำ จากนั้นทำการพัฒนาเครื่องมือสำหรับช่วยในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมโดยใช้แบบจำลองการเลือกด้วยวิธีทางสถิติแบบ Binary Logistic Regression

คำสำคัญ: สัญญาณไฟจราจร, สัญญาณไฟจราจรแบบกึ่งตามปริมาณจราจร, สัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาคงที่, Binary Logistic Regression

[1] นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
[*] ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร. 08-8228-3331 อีเมล: tumz_rs104@hotmail.com

_18(112-120)13.indd 112 6/11/61 BE 9:24 AM

Development of a Decision-making Tool for Choosing Traffic Signal Controls under Within-day Traffic Variations

Anon Chantaratang[1*] and Rattaphol Pueboobpaphan[2]

Abstract

This research focused on the efficiency of traffic signal controls under within-day traffic variation factors between two traffic controls: fixed-time control and semi-actuated control, and to study the development of a decision-making tool for choosing traffic signal controls under within-day traffic variations. A study focused on isolated intersection and used traffic simulation computer software. The results of this study showed that the efficiency of traffic signal control depends on the degree of within-day traffic variation. It was also found that semi-actuated control is more efficient than fixed-time control in the case of high within-day traffic variation while fixed-time control is better when within-day variation is low. Afterwards, a decision-support tool for the selection between the two traffic signal controls was developed by using binary logistic regression.

Keywords: Traffic Signal, Semi-Actuated Traffic Signal, Fixed-Time Traffic Signal, Binary Logistic Regression

[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. 08-228-3331 e-mail: tumz_rs104@hotmail.com

_18(112-120)13.indd 113 6/11/61 BE 9:24 AM

1. บทนำ

ในการพิจารณาตัดสินใจเลือกรูปแบบหรือประเภทของสัญญาณไฟจราจรสำหรับทางแยกเดี่ยวนั้นควรพิจารณาเลือกรูปแบบสัญญาณไฟที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดและเหมาะสมกับคุณลักษณะของทางแยกนั้น โดยอาจทำการพิจารณาจากประสิทธิภาพในการลดความล่าช้าจากการหยุดที่บริเวณทางแยก อย่างไรก็ตามมีปัจจัยด้านสภาพจราจรและกายภาพหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของรูปแบบสัญญาณไฟจราจร เช่น ปริมาณจราจรบนถนนสายหลัก ปริมาณจราจรบนถนนสายรอง สัดส่วนของปริมาณรถเลี้ยว สัดส่วนของปริมาณรถขนาดใหญ่ ลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน เป็นต้น ซึ่งในอดีตโดยส่วนใหญ่แล้วการประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบสัญญาณไฟจราจรจะพิจารณาเปรียบเทียบกันในช่วงกรอบเวลาที่ไม่ยาวมากนักอย่างละหนึ่งชั่วโมง เช่น ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็นที่มีสภาพจราจรหนาแน่นและนอกชั่วโมงเร่งด่วนที่มีปริมาณจราจรเบาบางลงมา [1]

อย่างไรก็ตามการแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวันเป็นหนึ่งในปัจจัยที่อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของรูปแบบสัญญาณไฟจราจรอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณจราจรมีการแปรผันอยู่ตลอดเวลา ทั้งบนถนนสายหลักและถนนสายรอง ทำให้การประเมินประสิทธิภาพของสัญญาณไฟจราจรเพียงในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนหรือนอกชั่วโมงเร่งด่วนอาจจะไม่สะท้อนถึงประสิทธิภาพโดยรวมของแต่ละรูปแบบสัญญาณไฟจราจรตลอดทั้งวันได้ ดังนั้นจึงควรมีการคำนึงถึงการแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวันเพื่อใช้ในการออกแบบสัญญาณไฟจราจรให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

งานวิจัยนี้จึงมุ่ง เน้นที่จะศึกษาถึงผลของปัจจัยด้านการแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวันต่อประสิทธิภาพของรูปแบบสัญญาณไฟจราจร 2 รูปแบบ ได้แก่ สัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาคงที่ (Fixed-Time Traffic Signal) และสัญญาณไฟจราจรแบบกึ่งตามปริมาณจราจร (Semi-Actuated Traffic Signal) และนำผลที่ได้มาพัฒนาเครื่องมือสำหรับช่วยในการตัดสินใจเลือกรูปแบบของสัญญาณไฟจราจรที่มีความเหมาะสมกับลักษณะการแปรผันของปริมาณจราจร ซึ่งจะช่วยให้ทำการตัดสินใจเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยด้านการแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวันต่อประสิทธิภาพของสัญญาณไฟจราจรแบบต่าง ๆ

2.2 พัฒนาเครื่องมือในการเลือกประเภทสัญญาณไฟจราจรสำหรับทางแยกเดี่ยว

3. ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยนี้เป็นการประเมินประสิทธิภาพระหว่างสัญญาณไฟจราจร 2 รูปแบบได้แก่สัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาคงที่ (Fixed-Time Traffic Signal) และสัญญาณไฟจราจรแบบกึ่งตามปริมาณจราจร (Semi-Actuated Traffic Signal) โดยทำการศึกษาบนทางแยกตัวอย่างได้แก่ แยกสีดา ตั้งอยู่ในตำบลสามเมือง อำเภอสีดา จังหวัดนครราชสีมา มีลักษณะเป็นสี่แยกเดี่ยว ตัดกันระหว่างถนนสายหลักที่มีขนาด 4 ช่องจราจร กับถนนสายรองที่มีขนาด 2 ช่องจราจร มีปริมาณจราจรสูงสุดอยู่ในช่วงเวลา 16.00-17.00 น. และในการศึกษานี้จะใช้แบบจำลองจราจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Aimsun สำหรับทดสอบและประเมินประสิทธิภาพระหว่างรูปแบบสัญญาณไฟจราจรทั้ง 2 รูปแบบ เพื่อนำผลที่ได้มาประยุกต์ใช้สร้างแบบจำลองการเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรด้วยวิธีทางสถิติแบบ Binary Logistic Regression

4. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาจะแบ่งออกเป็น ปัจจัยที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และปัจจัยที่จะพิจารณาเพิ่มเติม

4.1 ปัจจัยที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ที่ต้องการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรภายใต้การแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวัน ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นไปที่การพิจารณาเฉพาะปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพจราจรซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีปัจจัยหลายอย่างที่อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของสัญญาณไฟจราจร เช่น ปริมาณจราจรบนถนนสายหลักรวมทั้ง

สองขาในชั่วโมงเร่งด่วน ปริมาณจราจรบนถนนสายรองขาที่สูงที่สุดในชั่วโมงเร่งด่วน สัดส่วนการกระจายตัวของปริมาณรถเลี้ยว เปอร์เซ็นต์รถขนาดใหญ่ และอัตราส่วนของปริมาณจราจรบนถนนสายหลักต่อปริมาณจราจรบนถนนสายรอง เป็นต้น แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปปัจจัยจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประเภทข้อมูล	ข้อมูลที่ใช้	หน่วย
ปริมาณจราจรบนถนนสายหลักในชั่วโมงเร่งด่วน [2-4]	400-1600	คัน/ชั่วโมง
ปริมาณจราจรบนถนนสายรองในชั่วโมงเร่งด่วน [2-4]	50-500	คัน/ชั่วโมง
สัดส่วนการกระจายตัวของปริมาณรถเลี้ยว [4, 5]	10-40	เปอร์เซ็นต์
เปอร์เซ็นต์รถขนาดใหญ่ [4, 6]	0-20	เปอร์เซ็นต์
อัตราส่วนของปริมาณจราจรบนถนนสายหลักต่อปริมาณจราจรบนถนนสายรอง [7]	> 1.3 < 1.3	-

โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกปัจจัยจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาทั้งหมด 2 ตัว ได้แก่

(1) ปริมาณจราจรบนถนนสายหลักรวมทั้งสองขาในชั่วโมงเร่งด่วน มีหน่วยเป็น คันต่อชั่วโมง กำหนดค่าที่ใช้ทั้งหมด 5 กรณี ได้แก่ 400, 800, 1200, 1600 และ 2000 คันต่อชั่วโมง

(2) ปริมาณจราจรบนถนนสายรองขาที่สูงที่สุดในชั่วโมงเร่งด่วน มีหน่วยเป็น คันต่อชั่วโมง กำหนดค่าที่ใช้ทั้งหมด 5 กรณี ได้แก่ 50, 150, 250, 350 และ 450 คันต่อชั่วโมง

ซึ่งค่าที่กำหนดขึ้นมาของทั้ง 2 ปัจจัยจัดอยู่ในช่วงของข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยของ Feng-Bor, L. [2], Sampson, J.D. [3] และ Xuesong, Z., Albert, G., David, S. [4] โดยเหตุผลในการเลือกสองปัจจัยดังกล่าวมาใช้ในงานวิจัยนี้เนื่องจากเป็นข้อมูลที่ง่ายต่อการสำรวจข้อมูลเมื่อต้องการนำไปประยุกต์ใช้จริง และเป็นปัจจัยที่งานวิจัยต่าง ๆ นิยมเลือกใช้เพื่อเป็นตัวแทนสำหรับการแปรผันของปริมาณจราจร ส่วนปัจจัยด้านอื่น ๆ ที่มีในข้อมูลตัวอย่างทางแยกเช่น สัดส่วนการกระจายตัวของปริมาณรถเลี้ยว เปอร์เซ็นต์ปริมาณรถขนาดใหญ่ จะถูกกำหนดให้ใช้เป็นค่าคงที่ตามสัดส่วนปริมาณจราจรที่สำรวจได้จริง

4.2 ปัจจัยที่จะทำการพิจารณาเพิ่ม

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้มีการนำเสนอปัจจัยที่ใช้อธิบายลักษณะการแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวัน โดยจะเรียกว่าค่า Peak Day Factor (PDF) หมายถึงสัดส่วนระหว่างปริมาณจราจรรวมในระหว่างวันที่พิจารณาเทียบกับปริมาณจราจรรวมสูงสุดที่เป็นไปได้ในระหว่างวัน (แสดงดังสมการที่ 1) ซึ่งมีหลักการคล้ายกับค่า Peak Hour Factor (PHF) ที่อธิบายถึงสัดส่วนระหว่างปริมาณจราจรรวมในช่วงเวลา 1 ชั่วโมงเทียบกับปริมาณจราจรสูงสุดที่เป็นไปได้ใน 1 ชั่วโมง โดยค่า PDF สูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้จะมีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีที่มีปริมาณจราจรในระหว่างวันคงที่ทุกช่วงเวลา

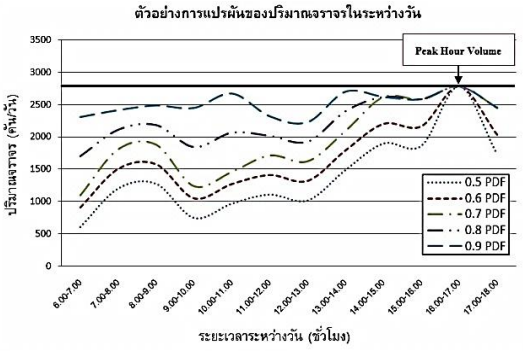
$$PDF = \frac{Daily\ \ Volume}{Max.\ Hour\ \ Volume \times N} \qquad (1)$$

โดยที่ *Daily Volume* คือ ปริมาณจราจรรวมในระหว่างวันที่พิจารณา (คัน/วัน)

Max. Hour Volume คือ ปริมาณจราจรของชั่วโมงที่สูงสุดในระหว่างวัน (คัน/ชั่วโมง)

N คือ จำนวนช่วงเวลาย่อยในระหว่างวัน (ชั่วโมง)

ในการศึกษานี้พิจารณาช่วงเวลาในระหว่างวันทั้งหมด 12 ชั่วโมงติดต่อกันตั้งแต่เวลา 6.00-18.00 น. และกำหนดรูปแบบการแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวันมีปริมาณจราจรช่วงชั่วโมงเร่งด่วน (Peak Hour Volume) อยู่ที่เวลา 16.00-17.00 น. โดยพิจารณาค่า PDF ทั้งหมด 5 กรณีได้แก่ 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 และ 0.9 เพื่อแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจราจรที่แปรผันในระหว่างวันได้อย่างชัดเจน ดังตัวอย่างการแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวัน 5 กรณีในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างการแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวัน 5 กรณี

5. การจำลองจราจร

เป็นการจำลองรูปแบบสัญญาณไฟจราจรบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Aimsun ทั้งหมด 250 กรณี โดยแบ่งออกเป็นรูปแบบการควบคุมสัญญาณไฟแบบกำหนดเวลาคงที่ 125 กรณี และรูปแบบสัญญาณไฟแบบกึ่งตามปริมาณจราจร 125 กรณี ซึ่งในแต่ละกรณีจะมีการแปรผันค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ จากข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาตามหัวข้อที่ 4 ตัวอย่างเช่น กรณีที่ 1 จำลองรูปแบบสัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาคงที่ โดยใช้ปัจจัยด้านปริมาณจราจรบนถนนสายหลักที่ 1 คือ 400 คัน/ชั่วโมง ใช้ปัจจัยด้านปริมาณจราจรบนถนนสายรองที่ 1 คือ 50 คัน/ชั่วโมง และปัจจัยด้าน PDF ที่ 1 คือ 0.5 ซึ่งเมื่อพิจารณาไล่เลียงจนครบทุกกรณีแล้วจะสามารถแปรผันกรณีได้รวมทั้งหมดจำนวน 5x5x5 = 125 กรณี ต่อ 1 รูปแบบสัญญาณไฟ สามารถสรุปกรณีทั้งหมดได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนกรณีในแบบจำลองจราจร

รูปแบบสัญญาณไฟจราจร	จำนวนปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา	จำนวนกรณีแบบจำลอง
Fixed-Time (แบบกำหนดเวลาคงที่)	ปริมาณจราจรบนถนนสายหลัก (5 กรณี) ปริมาณจราจรบนถนนสายรอง (5 กรณี) Peak Day Factor (5 กรณี)	125
Semi-Actuated (แบบกึ่งตามปริมาณจราจร)		125

โดยผลที่ได้จากแบบจำลองในแต่ละกรณีจะถูกนำมาวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างประสิทธิภาพของรูปแบบสัญญาณไฟจราจรทั้ง 2 รูปแบบโดยใช้ค่า ความล่าช้าเนื่องจากการหยุด (Stopped Delay) มาเป็นตัวชี้วัดเพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากปัจจัยด้านการแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวัน

6. ผลการศึกษา

6.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพสัญญาณไฟจราจรจากการแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวัน

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพสัญญาณไฟจราจรจากการแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวัน กำหนดให้แกน X แสดงค่าปริมาณจราจรบนถนนสายหลักรวมสองขาในชั่วโมงเร่งด่วน (Major) กับปริมาณจราจรบนถนนสายรองขาที่สูงที่สุดในชั่วโมงเร่งด่วน (Minor) และกำหนดให้แกน Y แสดงความล่าช้าเนื่องจากการหยุดโดยดูผลต่างระหว่างค่าเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดเฉลี่ยของแต่ละค่า PDF เทียบกับค่าเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดเฉลี่ยรวมที่ได้จากทุกค่าของ PDF ซึ่งพิจารณาจากการคำนวณดังสมการ

$$\Delta Delay = Delay_{PDF} - Delay_{PDF(Avg.)} \quad (2)$$

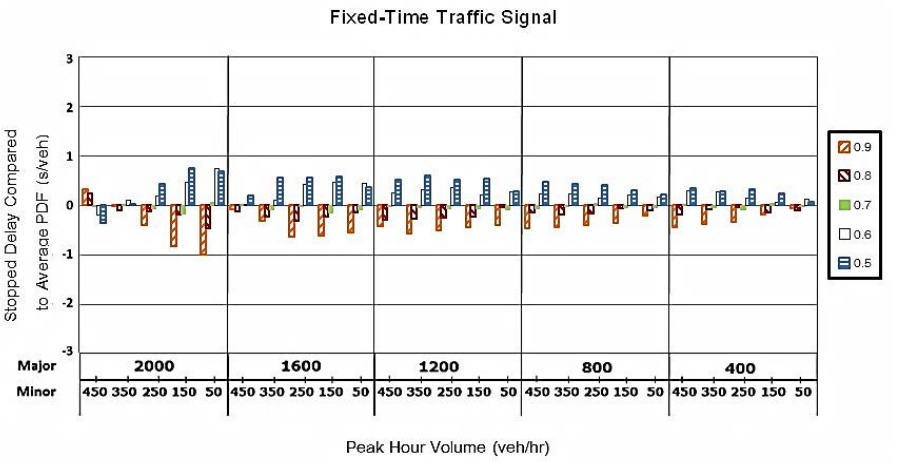
โดยที่ $\Delta Delay$ คือ ผลต่างระหว่างค่าเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดเฉลี่ยของแต่ละค่า PDF เทียบกับค่าเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดเฉลี่ยรวม (วินาทีต่อคัน)

$Delay_{PDF}$ คือ ค่าเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดเฉลี่ยของแต่ละค่า PDF (วินาทีต่อคัน)

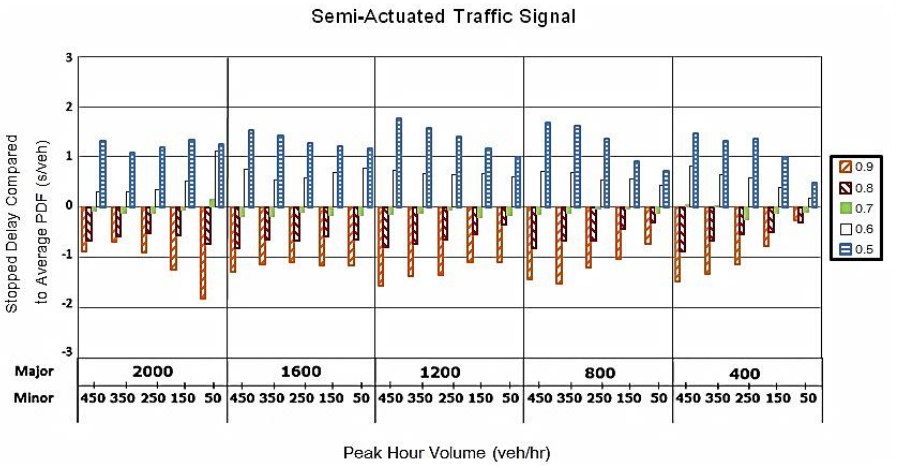
$Delay_{PDF(Avg.)}$ คือ ค่าเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดเฉลี่ยรวมที่ได้จากทุกค่าของ PDF (วินาทีต่อคัน)

ซึ่งหากแท่งกราฟแต่ละแท่งมีความสูงต่ำแตกต่างกันมากจะแสดงให้เห็นว่าสัญญาณไฟประเภทดังกล่าวสามารถตอบสนองต่อการแปรผันของปริมาณจราจรระหว่างวันได้ดี โดยแสดงแยกกราฟของสัญญาณไฟแต่ละประเภทดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3 สำหรับกรณีสัญญาณไฟแบบ Fixed และ Semi ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์พบว่าการแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวันมีผลกระทบต่อรูปแบบสัญญาณไฟแบบกำหนดเวลาคงที่เล็กน้อย เนื่องจากมีค่าความล่าช้าเนื่องจากการหยุดใกล้เคียงกันกับค่าเฉลี่ยมากไม่ว่าค่า PDF จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ส่วนรูปแบบสัญญาณไฟแบบกึ่งตามปริมาณจราจรมีค่าความล่าช้าเนื่องจากการหยุดแตกต่างจากค่าเฉลี่ยสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกรณี Fixed จึงได้รับผลจากการแปรผันของปริมาณจราจรมากกว่า จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของสัญญาณไฟแบบกึ่งตามปริมาณจราจรจะสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจราจรในระหว่างวันได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับสัญญาณไฟแบบกำหนดเวลาคงที่



รูปที่ 2 ผลต่างระหว่างเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของสัญญาณไฟแบบกำหนดเวลาคงที่



รูปที่ 3 ผลต่างระหว่างเวลาสูญเสียเนื่องจากการหยุดเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของสัญญาณไฟแบบกึ่งตามปริมาณจราจร

6.2 แบบจำลองการเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

สำหรับการประยุกต์ใช้วิธีทางสถิติแบบ Binary Logistic Regression ในการสร้างแบบจำลองการเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรระหว่างสัญญาณไฟแบบกำหนดเวลาคงที่และแบบกึ่งตามปริมาณจราจร สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ การกำหนดนิยามและรวบรวมตัวแปร และการวิเคราะห์ข้อมูล

6.2.1 การกำหนดนิยามและรวบรวมตัวแปร

ตัวแปรตาม (Y) หมายถึง ค่าตัวแปรหุ่น (Dummy Variable) ของกลุ่มตัวอย่าง โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ การเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟแบบกำหนดเวลาคงที่ และการเลือกรูปแบบติดตั้งสัญญาณไฟแบบกึ่งตามปริมาณจราจร ซึ่งได้มาจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพสัญญาณไฟจราจรในแต่ละสภาพจราจร โดยพิจารณาเลือกรูปแบบที่มีค่าความล่าช้าเนื่องจากการหยุดเฉลี่ยน้อยที่สุด สามารถกำหนดค่าตัวแปรตามได้ดังนี้

Y = 0 หมายถึง การเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟแบบกำหนดเวลาคงที่

Y = 1 หมายถึง การเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟแบบกึ่งตามปริมาณจราจร

โดยตัวแปรอิสระ (X) จะประกอบด้วยตัวแปรเชิงปริมาณที่ได้จากปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาได้แก่

MAJOR หมายถึง ปริมาณจราจรบนถนนสายหลักรวมสองขาในชั่วโมงเร่งด่วน

MINOR หมายถึง ปริมาณจราจรบนถนนสายรองขาที่สูงที่สุดในชั่วโมงเร่งด่วน

PDF หมายถึง Peak Day Factor

สำหรับการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก สมการพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบการวิเคราะห์จะเป็นสมการแสดงความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ (Probability of Event)

$$P = \frac{e^{Y}}{1 + e^{Y}} \quad (3)$$

เมื่อ P คือ ค่าความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ

โดยที่ $Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \ldots + \beta_n x_n$ (4)

เมื่อ β_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient)

x_i คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

เมื่อทำการวิเคราะห์ผ่านความสัมพันธ์แบบ Logistic Regression Analysis ด้วยโปรแกรม SPSS ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 ค่าสถิติ Negelkerke R Square

-2 Log Likelihood	Cox & Snell R Square	Negelkerke R Square
33.618	0.471	0.790

จากตารางที่ 3 ค่า -2 Log Likelihood มีค่าเข้าใกล้ 0บ่งบอกถึงสมการหรือแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีคุณภาพหรือกลมกลืนกับข้อมูลดี ค่า Cox & Snell R Square = 0.471 มีค่าไม่เข้าใกล้ 0 บ่งบอกถึงความกลมกลืนของแบบจำลองในแง่ของการเปรียบเทียบคุณภาพของแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับแบบจำลองที่แย่ที่สุดก็คือแบบจำลองว่าง (Null Model) ที่ไม่มีตัวแปรอิสระใด ๆ และค่า Negelkerke R Square = 0.790 บ่งบอกถึงตัวแปรต้นต่าง ๆ สามารถอธิบายความแปรผันของการเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรได้ร้อยละ 79

ตารางที่ 4 ผลการสร้างแบบจำลองในการเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟ

ตัวแปร	β	S.E.	Sig.
MAJOR	-0.005	0.001	0.001
MINOR	-0.023	0.006	0.000
PDF	-27.411	7.484	0.000
Constant	37.152	9.478	0.000

จะได้สมการ Logistic Regression ดังต่อไปนี้

Y = 37.152 - 0.005MAJOR - 0.023MINOR - 27.411PDF (5)

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4 พบว่าตัวแปรทำนายทุกตัวมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (α = 0.05) โดยสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

(1) ปริมาณจราจรบนถนนสายหลักรวมสองขาในชั่วโมงเร่งด่วน (MAJOR) พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบ (β = -0.005) แสดงว่าเมื่อปริมาณจราจรบนถนนสายหลักรวมสองขาในชั่วโมงเร่งด่วนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้โอกาสในการเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาคงที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

(2) ปริมาณจราจรบนถนนสายรองขาที่สูงที่สุดในชั่วโมงเร่งด่วน (MINOR) พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบ (β = -0.023) แสดงว่าเมื่อปริมาณจราจรบนถนนสายรองขาที่สูงที่สุดในชั่วโมงเร่งด่วนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้โอกาสในการเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาคงที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

(3) Peak Day Factor (PDF) พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบ (β = -27.411) แสดงว่าหาก PDF มีค่าเข้าใกล้ 1 (ปริมาณจราจรมีการแปรผันน้อย) มีแนวโน้มทำให้สัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาคงที่ (Y=0) มีประสิทธิภาพดีกว่า และเมื่อ PDF มีค่าเข้าใกล้ 0 (ปริมาณจราจรมีการแปรผันมาก) แล้วมีแนวโน้มทำให้สัญญาณไฟจราจรแบบกึ่งตามปริมาณจราจร (Y=1) มีประสิทธิภาพดีกว่า

ผลการประเมินประสิทธิภาพระหว่างรูปแบบสัญญาณไฟจราจรทั้ง 2 รูปแบบจำนวน 125 กรณี ได้ผลจากแบบจำลองจราจรสอดคล้องกับผลที่ได้จากสมการทำนายคิดเป็นร้อยละ 94.4 และไม่สอดคล้องคิดเป็นร้อยละ 5.60 แสดงดังตารางที่ 5

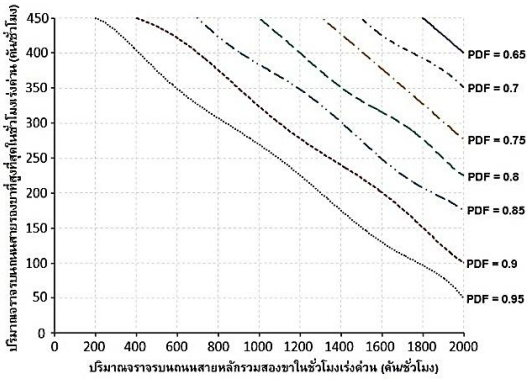
ตารางที่ 5 รูปแบบสัญญาณไฟที่เหมาะสมที่ได้จากแบบลองจราจรเทียบกับผลที่ได้จากการทำนาย

จำนวนรูปแบบที่เหมาะสมจากการทำนาย	จำนวนรูปแบบที่เหมาะสมจาก Simulation	
	Fixed-Time	Semi-Actuated
Fixed-Time	17	3
Semi-Actuated	4	101

6.3 การสร้างเครื่องมือสำหรับช่วยในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

จากผลการวิเคราะห์จะพบว่าการเลือกรูปแบบสัญญาณไฟจราจรจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ทำการศึกษาทั้งสามปัจจัย โดยสัญญาณไฟแบบกำหนดเวลาคงที่มีแนวโน้มมีประสิทธิภาพดีกว่าในกรณีที่มีปริมาณจราจรหนาแน่นและสม่ำเสมอตลอดทั้งวัน แต่หากสภาพจราจรมีความแปรผันสูงก็ควรเลือกสัญญาณไฟจราจรแบบกึ่งตามปริมาณจราจร อย่างไรก็ตามเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้ งานวิจัยนี้จึงได้ทำการสร้างเครื่องมือสำหรับช่วยในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรทั้งสองรูปแบบโดยใช้ผลจากแบบจำลองการถดถอยโลจิสติก (Binary Logistic Regression) และกำหนดให้ใช้ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.5 เป็นตัวแบ่งระหว่างการเลือกสัญญาณไฟจราจรแต่ละรูปแบบ โดยหากค่าความน่าจะเป็นมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (Prob. $\leq$ 0.5) แสดงว่าควรตัดสินใจเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาคงที่ (ในกรณีที่โอกาสในการเลือกมีค่าเท่ากัน *Prob.= 0.5* ควรตัดสินใจเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบกำหนด เวลาคงที่ด้วยเหตุผลด้านเศรษฐศาสตร์) และหากค่าความน่าจะเป็นมีค่ามากกว่า 0.5 แสดงว่าควรตัดสินใจเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบกึ่งตามปริมาณจราจร โดยสามารถสร้างเครื่องมือดังกล่าวได้ผ่านวิธีการสร้างกราฟโดยกำหนดให้แกน Y เป็นปริมาณจราจรบนถนนสายรองขาที่สูงที่สุดในชั่วโมงเร่งด่วน หน่วยเป็น คันต่อชั่วโมง และแกน X เป็นปริมาณจราจรบนถนนสายหลักรวมสองขาในชั่วโมงเร่งด่วน หน่วยเป็น คันต่อชั่วโมง และจะมีเส้นกราฟซึ่งแสดงค่า PDF ต่าง ๆ เป็นตัวแบ่งระหว่างการตัดสินใจเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟ ดังแสดงในรูปที่ 4

สำหรับเงื่อนไขและวิธีการใช้กราฟผู้ใช้จะต้องทราบข้อมูลปริมาณจราจรในระหว่างวัน เพื่อคำนวณหาค่า PDF รวมทั้งปริมาณจราจรบนถนนสายหลักรวมสองขาในชั่วโมงเร่งด่วน (คันต่อชั่วโมง) และปริมาณจราจรบนถนนสายรองขาที่สูงที่สุดในชั่วโมงเร่งด่วน (คันต่อชั่วโมง) โดยวิธีการใช้เริ่มจากการพิจารณาค่า PDF ของข้อมูลเพื่อเลือกเส้นกราฟที่จะเหมาะสม จากนั้นพิจารณาปริมาณจราจรบนถนนสายหลักรวมสองขาในชั่วโมงเร่งด่วน และปริมาณจราจรบนถนนสายรองขาที่สูงที่สุดในชั่วโมงเร่งด่วนโดยการกำหนดจุดลงบนกราฟ ซึ่งหากจุดดังกล่าวอยู่บริเวณใต้เส้น PDF ที่พิจารณาแสดงว่าควรเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟแบบกึ่งตามปริมาณจราจร และหากจุดอยู่บริเวณเหนือเส้น PDF ที่พิจารณาแสดงว่าควรเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟแบบกำหนดเวลาคงที่



รูปที่ 4 แสดงกราฟเครื่องมือสำหรับช่วยในการเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

7. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาผลของปัจจัยด้านการแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวันต่อประสิทธิภาพของรูปแบบสัญญาณไฟจราจร 2 รูปแบบผ่านแบบจำลองจราจรโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Aimsun และพัฒนาเครื่องมือสำหรับใช้ในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรภายใต้การแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวัน สามารถสรุปผลได้ดังนี้

7.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพสัญญาณไฟจราจรจากการแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวันสามารถสรุปได้ว่า สัญญาณไฟแบบกึ่งตามปริมาณจราจรสามารถตอบสนองต่อการแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวันได้ดีกว่าสัญญาณไฟแบบกำหนดเวลาคงที่ ดังนั้นจึงสรุปได้อีกนัยหนึ่งว่าปัจจัยด้านการแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวันจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของรูปแบบสัญญาณไฟจราจร

7.2 จากการพัฒนาเครื่องมือสำหรับใช้ในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรภายใต้การแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวัน ระหว่างรูปแบบสัญญาณไฟแบบกำหนดเวลาคงที่ และสัญญาณไฟจราจรแบบกึ่งตามปริมาณจราจร โดยสามารถสร้างเครื่องมือ

ออกมาได้ในรูปของกราฟจากการประยุกต์นำสมการ Binary Logistic Regression มาใช้หาค่า Probability เพื่อสร้างเส้นแบ่งระหว่างการตัดสินใจเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

8. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ต้องการสร้างเครื่องมือสำหรับช่วยในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรภายใต้การแปรผันของปริมาณจราจรในระหว่างวัน ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะพิจาณาเฉพาะปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพจราจรและการแปรผันของปริมาณจราจร ดังนั้นผลที่ได้จึงอาจสะท้อนถึงประสิทธิภาพของรูปแบบสัญญาณไฟจราจรได้เฉพาะในบางกรณี โดยยังมีปัจจัยอีกหลายด้านซึ่งสามารถศึกษาประกอบการพิจารณาร่วมด้วย เช่น ลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน ปริมาณสัดส่วนรถเลี้ยว ปริมาณรถขนาดใหญ่ เป็นต้น เพื่อความถูกต้องและแม่นยำของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง

ทั้งนี้หากมีการพิจารณาศึกษาปัจจัยด้านอื่น ๆ เพิ่มเติมอาจมีผลต่อการวิเคราะห์ประสิทธิภาพรูปแบบสัญญาณไฟแบบต่าง ๆ จึงควรต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมและพัฒนาเครื่องมือต่อไป โดยสามารถใช้แนวทางในการศึกษาเช่นเดียวกับในการศึกษานี้ได้

9. เอกสารอ้างอิง

[1] Rattaphol Pueboobpaphan. (2014). 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. Nakhon Ratchasima : Suranaree University of Technology.

[2] Feng-Bor, L. (1991). "Knowledge base on semi-actuated traffic-signal control." Journal of Transportation Engineering. Vol. 117 No. 4 : 398-417.

[3] Sampson, J.D. (1999). "Queue-based traffic-signal warrant : the 4Q/6Q warrant." Institute of Transportation Engineers Journal. Vol. 69 No. 4 : 30-36.

[4] Xuesong, Z., Albert, G., David, S. (2010). "Evaluation of design standards of four-hour-volume traffic signal warrant." Journal of The Transportation Research Forum. Vol. 49 No. 3 : 7-19.

[5] Dražen, C. (2004). "An analysis of intersection traffic signal warrant." Promet-Traffic-Traffico. Vol. 17 No. 1 : 25-32.

[6] Paul, J. C., H. Gene, H. Jr. (1998). Evaluation of potential traffic signal warrant considerations. Texas : Texas Transportation Institute.

[7] Alexander, S., Robort, T. B., and Brian, R. G. (1998). Development and application of control strategies for signalized intersection in coordinated systems. Washington, D.C. : Transportation Research Record.