

การศึกษาค่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นและระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวบริเวณทางแยกสัญญาณไฟที่มีและ ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลังประกอบสัญญาณไฟ

Study on the Start-Up Lost Time and Saturation Headway at the Signalized Intersection With and Without Countdown Display

พรเทพ พวงประโคน^{1,*} พงศกร ปัญญา² แนววิทย์ บุญทา³ และ ชุกรอน เช็งสามะ⁴

^{1,2,3,4} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพฯ

*Corresponding author; E-mail address: puangprakhon@gmail.com

บทคัดย่อ

เวลาสูญเสียเริ่มต้นและระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวของการจราจรบริเวณทางแยกสัญญาณไฟเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการออกแบบช่องจราจรและรอบสัญญาณไฟ นอกจากนี้ยังสามารถสะท้อนพฤติกรรมการขับขี่ที่แตกต่างกันในแต่ละท้องที่และปัจจัยประสิทธิภาพในการจัดการทางแยก การทราบค่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นและระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวที่ต้องทำให้สามารถออกแบบรอบสัญญาณไฟได้เหมาะสมและจัดการทางแยกได้อย่างมีประสิทธิภาพ บทความนี้ทำการศึกษาเวลาสูญเสียเริ่มต้นและระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวบริเวณทางแยกสัญญาณไฟที่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลังประกอบสัญญาณไฟซึ่งได้รับการใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยทำการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างทางแยกที่มีและไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลังจำนวนประเภทละ 3 ทางแยก ในเขตกรุงเทพมหานคร ผลการศึกษาพบว่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นเฉลี่ยของแต่ละทางแยกมีค่าระหว่าง 1.99 ถึง 4.50 วินาที เวลาสูญเสียเริ่มต้นเฉลี่ยบริเวณทางแยกที่มีและไม่มีการนับเวลาถอยหลังเท่ากับ 3.54 และ 3.28 วินาที ตามลำดับแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวเฉลี่ยของแต่ละทางแยกมีค่าระหว่าง 2.36 ถึง 2.75 วินาที ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวเฉลี่ยบริเวณทางแยกที่มีและไม่มีการนับเวลาถอยหลังเท่ากับ 2.58 และ 2.50 วินาที ตามลำดับแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ผลการทดสอบสมมุติฐานเปรียบเทียบระหว่างพฤติกรรมจราจรในและนอกช่วงเวลาเร่งด่วน พบว่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นและระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน

คำสำคัญ: เวลาสูญเสียเริ่มต้น, อัตราการไหลอ้อมตัว, สัญญาณไฟ, นับเวลาถอยหลัง

Abstract

Start-up lost time and saturation headway are the key parameters in designing the lane configuration and traffic signal control of signalized intersection. It could depict the behavior of different drivers in different locations and also indicates the traffic management performance of each intersection. By knowing the correct start-up lost time and saturation headway, the signal control can be designed appropriately, which leads to the efficient intersection management. In this paper, based on the field survey data from 3 countdown signalized intersections and 3 non-countdown signalized intersections in Bangkok area, a comparative analysis of the start-up lost time and saturation headway has been made. The analysis showed that the average start-up lost time of each intersection was ranging between 1.99 to 4.50 seconds; the average start-up lost time of the signalized intersections with and without countdown displays were not statically significant different with the value of 3.54 and 3.28 seconds, respectively. The average saturation headway of each intersection varied from 2.36 to 2.75 seconds; the average saturation headways of signalized intersections with and without countdown displays were 2.58 and 2.50 seconds, respectively, with no statically significant different. Furthermore, the hypothesis testing on the data collected during peak and off-peak periods showed that the start-up lost time and saturation headway from both periods were not statically significantly different as well.

Keywords: Start-up lost time, Saturation headway, Signalized, Intersection, Countdown display

1. บทนำ

เวลาสูญเสียเริ่มต้น (Start-Up Lost Time) ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อิมิตัว (Saturation headway) และอัตราการไหลอิมิตัว (Saturation flow) เป็นค่าที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบการออกแบบและควบคุมสัญญาณไฟจราจร ค่าดังกล่าวมีความแตกต่างกันตามลักษณะพื้นที่และพฤติกรรมจราจรรวมทั้งปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ที่ผ่านมามีการศึกษารวมทั้งมาตรฐานเกี่ยวกับเวลาสูญเสียเริ่มต้นและระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อิมิตัวจำนวนมาก มาตรฐาน HCM 2010 [1] แนะนำให้ใช้ค่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นในบริเวณทางแยกสัญญาณไฟประมาณ 2 วินาที ในขณะที่ผลการศึกษาจากพื้นที่หลายๆ แห่ง ได้ค่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นเฉลี่ยแตกต่างกัน เช่น ผลการศึกษา [2] ในสหรัฐอเมริกาได้ค่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นเฉลี่ยในรัฐแคนซัส เท่ากับ 1.92 วินาที ในรัฐโอเรกอนเท่ากับ 2.09 วินาที และในรัฐยูทาห์เท่ากับ 2.12 วินาที โดยพบว่าหากผู้ขับขี่ถูกรบกวนจากปัจจัยภายนอกจะทำให้เวลาสูญเสียเริ่มต้นมากขึ้นกว่าค่าที่นำเสนอไว้ การศึกษาในตุรกี [3] ได้ค่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.32 วินาที และพบว่าความกว้างของช่องจราจรและปริมาณรถโดยสารมีผลต่อเวลาสูญเสียเริ่มต้น การศึกษาในกรุงอาบูดาบี [4] ได้ค่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นเฉลี่ย 2.20 วินาที และพบว่ารถในทิศทางตรงและรถเลี้ยวมีเวลาสูญเสียเริ่มต้นแตกต่างกัน การศึกษาในเมืองเซี่ยงไฮ้พบว่าสภาวะอากาศมีผลต่อเวลาสูญเสียเริ่มต้น [5] โดยเวลาสูญเสียเริ่มต้นมีค่าเฉลี่ย 2.54 วินาที ที่สภาวะอากาศปกติ และเท่ากับ 3.12 วินาทีในสภาวะฝนตกหรือถนนเปียกชื้น การศึกษาในกรุงเอเธน ประเทศกรีซ [6] พบว่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นมีค่าระหว่าง 0.35-1.39 วินาที และระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อิมิตัวมีค่า 1.76-1.94 วินาที โดยขนาดความกว้างของช่องจราจรไม่มีผลต่อเวลาสูญเสียเริ่มต้น และระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อิมิตัว แต่ช่วงเวลาของวันรวมทั้งทิศทางจราจรมีผลต่อค่าดังกล่าว

การศึกษาในประเทศไทย [7] โดยพิจารณาเวลาสูญเสียเริ่มต้นของรถทางตรงบริเวณทางแยกสัญญาณไฟที่มีและไม่มี การนับเวลาลอยหลังจำนวน 2 ทางแยก พบว่าในช่วงเร่งตัวการนับเวลาลอยหลังช่วยลดเวลาสูญเสียเริ่มต้นได้จาก 8.32 เป็น 6.53 วินาที ส่วนนอกช่วงเร่งตัวเวลาสูญเสียเริ่มต้นลดลงจาก 5.95 เป็น 4.03 วินาที และ [8] พบว่าบริเวณทางแยกขนาดใหญ่เวลาสูญเสียเริ่มต้นมีค่าระหว่าง 6.0-7.1 วินาที อัตราการไหลอิมิตัวมีค่าระหว่าง 1,323-1,532 คัน/ชั่วโมง/ช่องจราจร ส่วนทางแยกขนาดเล็กเวลาสูญเสียเริ่มต้นมีค่าระหว่าง 5.0-5.5 วินาที อัตราการไหลอิมิตัวมีค่าระหว่าง 1,456-1,495 คัน/ชั่วโมง/ช่องจราจร การศึกษาเปรียบเทียบผลของจำนวนจักรยานยนต์ที่มีต่อเวลาสูญเสียเริ่มต้นและระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์ [9] พบว่าในประเทศไทยการมีรถจักรยานยนต์แทรกอยู่ในแถวคอยตั้งแต่ 1-6 คัน ทำให้เวลาสูญเสียเริ่มต้นเพิ่มขึ้นจาก 3.0 เป็น 6.2 วินาที และระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์เพิ่มขึ้นจาก 2.0 เป็น 5.8 วินาที ส่วนในเวียดนามเวลาสูญเสียเริ่มต้นเพิ่มขึ้นจาก 3.2 เป็น 7.0 วินาที และระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์เพิ่มขึ้นจาก 2.0 เป็น 5.0 วินาที

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้นเห็นได้ว่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อิมิตัวและอัตราการไหลอิมิตัว เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ หลายประการ ค่าเหล่านี้มีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ไม่สามารถนำค่าจากพื้นที่หนึ่งไปเป็นตัวแทนของอีกพื้นที่ได้โดยตรง ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเปรียบเทียบเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนยิ่งขึ้น รวมทั้งควรมีการศึกษาให้ครอบคลุมพื้นที่มากขึ้นเนื่องจากในปัจจุบันการศึกษาค่าดังกล่าวยังคงจำกัดอยู่ในบางพื้นที่เท่านั้น

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเวลาสูญเสียเริ่มต้น ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อิมิตัวและอัตราการไหลอิมิตัว ของทางแยกที่มีและไม่มีอุปกรณ์นับเวลาลอยหลังประกอบสัญญาณไฟ โดยพื้นที่ศึกษาประกอบด้วยทางแยกในเขตเมืองกรุงเทพมหานคร จำนวน 6 ทางแยก โดยข้อมูลจากการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับทางแยกที่มีลักษณะใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษาต่อไป

2. ขั้นตอนและวิธีการศึกษา

2.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาประกอบด้วยทางแยกในเขตเมืองกรุงเทพมหานคร ทั้งหมด 6 ทางแยก ในการศึกษาเวลาสูญเสียเริ่มต้น ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อิมิตัว และอัตราการไหลอิมิตัว พิจารณาศึกษาเฉพาะรถในช่องทางตรงเท่านั้นและพิจารณาเพียงทิศทางเดียวในทางแยก จากพื้นที่ศึกษาจำนวน 6 ทางแยก แบ่งเป็นทางแยกที่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาลอยหลัง 3 ทางแยก ประกอบด้วย แยกโศภ-เพชรบุรี (จากถนนเพชรบุรีมุ่งหน้าสู่ถนนราชปรารภ) แยกนิค้ำ (จากเสรีไทยมุ่งหน้าสู่บางกะปิ) และแยกมีนบุรี (ถนนสุวินทวงศ์มุ่งหน้าสู่ถนนเสรีไทย) และทางแยกที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาลอยหลัง 3 ทางแยก ได้แก่ แยกรามคำแหง-ร่มเกล้า (จากถนนรามคำแหงมุ่งหน้าสู่บางกะปิ) แยกภายในสนามบินสุวรรณภูมิ (ถนนสุวรรณภูมิ 2 ตัดกับถนนสุวรรณภูมิ 3, จากบางนา-ตราด มุ่งหน้าสู่คลังสินค้า) และแยกถนนประเสริฐมนูกิจตัดกับถนนประดิษฐ์มนูธรรม (จากนวมินทร์มุ่งหน้าสู่เกษตรศาสตร์)

การเก็บข้อมูลใช้การบันทึกวิดีโอภาพการจราจรบนทางแยกทั้ง 6 แห่ง ในช่วงเวลาเร่งตัว 1 ชั่วโมง (07.00-08.00 น.) และนอกช่วงเร่งตัว 1 ชั่วโมง (10.00-11.00 น.) จากนั้นนำเทปบันทึกภาพที่ได้มาคัดแยกและวิเคราะห์ค่าต่างๆ ต่อไป ข้อมูลรอบสัญญาณไฟเบื้องต้นที่สำรวจได้จากทางแยกทั้ง 6 แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าแต่ละทางแยกมีความยาวรอบสัญญาณไฟแตกต่างกัน โดยพบรอบสัญญาณไฟที่สั้นที่สุดเท่ากับ 190 วินาที ที่ทางแยกรามคำแหง-ร่มเกล้า ในช่วงเวลา 07:00-08:00 น. ส่วนรอบสัญญาณไฟที่ยาวที่สุดเท่ากับ 580 วินาที ที่ทางแยกมีนบุรี ในช่วงเวลา 10:00-11:00 น. อีกทั้งพบการจัดการรอบสัญญาณไฟโดยตำรวจจราจรเป็นผู้กำหนด (manual) ที่แยกมีนบุรี นอกจากนี้พบว่าในและนอกช่วงเร่งตัววันทุกทางแยกมีความยาวรอบสัญญาณไฟแตกต่างกัน

ตารางที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของทางแยกที่เป็นพื้นที่ศึกษา

ทางแยก	เวลาที่สำรวจ	รอบสัญญาณไฟ (วินาที)	ช่วงไฟเขียว (วินาที)
อโศก-เพชรบุรี	07:00-08:00 (Peak)	423	115
	10:00-11:00 (Off-peak)	375	85
นิตา	07:00-08:00 (Peak)	395	99
	10:00-11:00 (Off-peak)	325	80
มินบุรี	07:00-08:00 (Peak)	Manual	Manual
	10:00-11:00 (Off-peak)	580	132
รามคำแหง-ร่มเกล้า	07:00-08:00 (Peak)	190	44
	10:00-11:00 (Off-peak)	200	40
ภายในสนามบินสุวรรณภูมิ	07:00-08:00 (Peak)	360	97
	10:00-11:00 (Off-peak)	300	81
ประเสริฐมนูกิจ-ประดิษฐ์มนูธรรม	07:00-08:00 (Peak)	368	98
	10:00-11:00 (Off-peak)	380	105

2.2 ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อิ่มตัว (Saturation Headway) และอัตราการไหลอิ่มตัว (Saturation Flow Rate)

ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์ คือ ระยะห่างของช่วงเวลาระหว่างรถยนต์ที่วิ่งติดกันมาซึ่งผ่านตำแหน่งหรือแนวอ้างอิงที่กำหนดไว้บนถนนหรือช่องทางจราจร โดยสังเกตจากเวลาที่ตำแหน่งอ้างอิงบนตัวรถคันหนึ่งวิ่งผ่านจุดที่กำหนดไว้ ถึงเวลาที่ตำแหน่งอ้างอิงเดียวกันบนรถคันถัดไปที่วิ่งตามกันมาผ่านจุดที่กำหนดนั้นเช่นกัน ตำแหน่งบนตัวรถที่นิยมใช้ในการอ้างอิง เช่น กันชนหน้า กันชนท้าย หรือเพลหน้า เป็นต้น ค่าเฉลี่ยของระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์ สามารถคำนวณได้โดยตรงจากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$h = \frac{3600}{q} \quad (1)$$

เมื่อ h คือ ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์เฉลี่ย (วินาที), q คือ อัตราการไหลของกระแสจราจร (คันต่อชั่วโมงต่อช่องทางจราจร)

ผลการศึกษาในอดีต [1, 10-11] พบว่าระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์จะมีค่าสูงและค่อยๆ ลดลง เนื่องจากผลของเวลาสูญเสียเริ่มต้นจนกระทั่งเริ่มคงที่ตั้งแต่รถคันที่ 5-6 ในแถวคอยเป็นต้นไป ในการศึกษาครั้งนี้ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อิ่มตัว คำนวณโดยหาค่าเฉลี่ยระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์โดยพิจารณาตั้งแต่รถคันที่ 5 จนถึงคันที่ 15 ที่อยู่ในแถวคอย ดังสมการที่ (2) และอัตราการไหลอิ่มตัวของทางแยก (S) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (3)

$$h_s = \frac{\sum_{i=5}^{15} (h_i)}{n} \quad (2)$$

เมื่อ h_s คือ ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อิ่มตัว (วินาที), i คือ ลำดับในแถวคอย, h_i คือ ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์ (วินาที) และ n คือ จำนวนของรถยนต์ที่นำมาพิจารณา (คัน)

$$S = \frac{3600}{h_s} \quad (3)$$

2.3 เวลาสูญเสียเริ่มต้น (Start-Up Lost Time, SULT)

เวลาสูญเสียเริ่มต้นเป็นค่าที่บอกถึงเวลาที่สูญเสียจากการออกตัวในช่วงเริ่มต้นของสัญญาณไฟเขียวเนื่องจากผลของการรับรู้และตอบสนองของผู้ขับขี่หลังจากเห็นสัญญาณไฟเขียว ซึ่งประกอบด้วยเวลาตอบสนองของรถยนต์คันแรกหลังจากเห็นสัญญาณไฟเขียวจนกระทั่งกันชนหน้าของรถคันแรกผ่านเส้นหยุด และผลต่างระหว่างระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์ตั้งแต่คันแรกจนถึงคันก่อนที่เริ่มคงที่ (Time headway) กับระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อิ่มตัว (Saturation Headway) ซึ่งโดยปกติระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์ในช่วงแรกจะมีค่าสูงและจะลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งเริ่มคงที่ประมาณลำดับที่ 5 ถึง 6 เวลาสูญเสียเริ่มต้นของการเคลื่อนตัวของรถยนต์ สามารถคำนวณได้ดังนี้ [1]

$$SULT = \sum_{i=1}^4 (h_i - h_s) \quad (4)$$

เมื่อ $SULT$ คือ เวลาสูญเสียเริ่มต้น (วินาที), h_i คือ ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์ลำดับที่ (i) (วินาที) และ h_s คือ ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อิ่มตัว (วินาที)

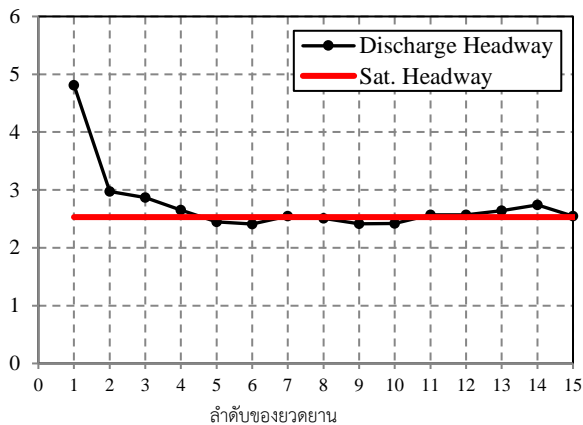
3. ผลการศึกษา

3.1 ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์ที่ตำแหน่งต่างๆ

ผลการสำรวจข้อมูลระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์ที่ตำแหน่งต่างๆ จากรถในทิศทางตรงบริเวณทางแยกทั้ง 6 แห่ง ทั้งในและนอกช่วงเวลาเร่งด่วน รวมทั้งสิ้น 111 รอบสัญญาณไฟ แสดงดังตารางที่ 2 โดยระยะของเวลาระหว่างรถยนต์ตำแหน่งที่ 1 หมายถึง เวลาตั้งแต่เริ่มต้นสัญญาณไฟเขียวจนกระทั่งกันชนหน้าของรถคันที่ 1 ผ่านเส้นหยุด ระยะของเวลาระหว่างรถยนต์ตำแหน่งที่ 2 (และตำแหน่งถัดไป) หมายถึงความแตกต่างของเวลานับตั้งแต่กันชนหน้าของรถคันก่อนหน้า (คันที่ 1) ผ่านเส้นหยุด จนกระทั่งกันชนหน้าของรถคันดังกล่าว (คันที่ 2) ผ่านเส้นหยุด จากข้อมูลทั้งหมดที่สำรวจได้พบว่ามีค่าระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อิ่มตัวเท่ากับ 2.53 วินาที และมีค่าเวลาสูญเสียเริ่มต้น เท่ากับ 3.19 วินาที รูปที่ 1 แสดงระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์ที่ตำแหน่งต่างๆ เทียบกับระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อิ่มตัว โดยสามารถสังเกตได้ว่าในลำดับแรกๆ (ลำดับ 1-4) ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์มีค่าสูงกว่าระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อิ่มตัว จากนั้นตั้งแต่ประมาณลำดับที่ 5 เป็นต้นไป ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์จะเริ่มคงที่ ใกล้เคียงกับระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อิ่มตัว

ตารางที่ 2 ค่าทางสถิติของระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์ที่ตำแหน่งต่างๆ

ตำแหน่งของขั้วยาน	จำนวนตัวอย่าง (คัน)	Min (วินาที)	Max (วินาที)	Mean (วินาที)	Std. dev. (วินาที)
1	111	1.98	8.54	4.81	1.46
2	111	1.32	6.14	2.97	0.85
3	111	1.22	8.11	2.87	1.10
4	111	1.09	7.47	2.65	0.99
5	111	1.02	4.76	2.45	0.76
6	111	0.97	6.26	2.41	0.91
7	111	1.18	7.53	2.55	1.01
8	111	1.21	7.18	2.51	0.96
9	109	1.03	5.46	2.41	0.91
10	107	1.05	7.32	2.42	1.06
11	102	1.06	8.90	2.57	1.19
12	99	1.06	6.56	2.57	1.00
13	91	1.01	6.94	2.64	1.03
14	86	1.07	7.24	2.74	1.09
15	81	0.85	5.13	2.55	0.93
Avg. Sat. Headway	2.53 sec				
Avg. SULT	3.19 sec				



รูปที่ 1 ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์ที่ตำแหน่งต่างๆ เทียบกับระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัว

3.2 ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์และอัตราการไหลอ้อมตัว

ตารางที่ 3 แสดงระยะห่างระหว่างรถยนต์อ้อมตัวและอัตราการไหลอ้อมตัวที่สำรวจได้ จำแนกตามพื้นที่ศึกษาจำนวน 6 ทางแยก พบว่าระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวเฉลี่ยและอัตราการไหลอ้อมตัวเฉลี่ยของแต่ละ

ทางแยกมีค่าแตกต่างกัน โดยแยกภายในสนามบินสุวรรณภูมิ มีระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2.75 วินาที มีอัตราการไหลอ้อมตัวเท่ากับ 1,311 คัน/ชม./ช่องจราจร แยกรามคำแหง-ร่มเกล้า มีระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2.36 วินาที มีอัตราการไหลอ้อมตัวเท่ากับ 1,528 คัน/ชม./ช่องจราจร

ตารางที่ 3 ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวและอัตราการไหลอ้อมตัวบริเวณทางแยกสัญญาณไฟ

ทางแยก	เวลาที่สำรวจ	รอบสัญญาณไฟ	ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัว (วินาที)				อัตราการไหลอ้อมตัว (คัน/ชม./ช่อง)
			min	max	mean	Std. Dev.	
อโศก-เพชรบุรี	Paek	8	1.86	2.89	2.46	0.38	1463.35
	Off-Peak	9	2.09	3.71	2.64	0.48	1363.79
	รวม	17	1.86	3.71	2.56	0.43	1408.90
นิตา	Paek	9	2.19	3.14	2.60	0.32	1384.99
	Off-Peak	11	2.03	3.56	2.52	0.42	1426.84
	รวม	20	2.03	3.56	2.56	0.37	1407.70
มินบุรี	Paek	4	2.34	3.16	2.66	0.39	1350.96
	Off-Peak	5	2.41	2.97	2.68	0.25	1341.65
	รวม	9	2.34	3.16	2.68	0.30	1345.77
รามคำแหง-ร่มเกล้า	Paek	12	2.02	2.98	2.41	0.29	1492.06
	Off-Peak	12	1.87	2.95	2.30	0.33	1565.73
	รวม	24	1.87	2.98	2.36	0.31	1528.01
ภายในสนามบินสุวรรณภูมิ	Paek	10	2.24	4.19	3.02	0.63	1191.87
	Off-Peak	12	1.95	3.85	2.52	0.50	1430.15
	รวม	22	1.95	4.19	2.75	0.60	1311.02
ประเสริฐมนูกิจ-ประดิษฐ์มนูธรรม	Paek	9	1.86	2.97	2.39	0.36	1507.23
	Off-Peak	10	2.01	3.10	2.37	0.33	1516.66
	รวม	19	1.86	3.10	2.38	0.33	1512.18

3.2.1 เปรียบเทียบระหว่างทางแยกที่มีและไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลังประกอบสัญญาณไฟ

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวในทางแยกที่มีและไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลัง เพื่อศึกษาอิทธิพลของการนับเวลาถอยหลังที่มีต่อระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัว โดยจากการศึกษามีข้อมูลจากแยกที่มีและไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลัง จำนวน 46 และ 65 รอบสัญญาณไฟตามลำดับ พบว่าค่าระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวเฉลี่ยในทางแยกที่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลังมีค่าเฉลี่ย 2.58 วินาที ใกล้เคียงกับทางแยกที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลังซึ่งมีค่าเฉลี่ย 2.50 วินาที อย่างไรก็ตามจากการทดสอบสมมติฐานพบว่าระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัว

ในทางแยกสัญญาณไฟที่มีและไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลังแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบระยะเวลาห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวบริเวณทางแยกสัญญาณไฟที่มีและไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลังประกอบสัญญาณไฟ

ประเภททางแยก	n*	เฉลี่ย (วินาที)	Variance	t	df	Sig
มีการนับเวลาถอยหลัง	46	2.58	0.143	1.050	107	0.148
ไม่มีการนับเวลาถอยหลัง	65	2.50	0.218			

* จำนวนรอบสัญญาณไฟ

3.2.2 เปรียบเทียบระยะเวลาห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวในช่วงเวลาเร่งด่วนและนอกช่วงเวลาเร่งด่วน

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวในและนอกช่วงเวลาเร่งด่วน เพื่อศึกษาอิทธิพลของช่วงเวลาที่สามารถข้อมูลที่มีต่อระยะเวลาห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัว โดยมีข้อมูลจากในและนอกช่วงเวลาเร่งด่วนจำนวน 52 และ 59 รอบสัญญาณไฟตามลำดับพบว่าระยะเวลาห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวเฉลี่ยในช่วงเวลาเร่งด่วนมีค่าเฉลี่ย 2.58 วินาที มากกว่าช่วงนอกกว่านอกช่วงเวลาเร่งด่วนซึ่งมีค่าเฉลี่ย 2.48 วินาที อย่างไรก็ตามจากการทดสอบสมมติฐานพบว่าค่าเฉลี่ยของช่วงห่างกระแสจราจรอ้อมตัวในและนอกช่วงเวลาเร่งด่วนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบระยะเวลาห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวในช่วงเวลาเร่งด่วนและนอกช่วงเวลาเร่งด่วน

ช่วงเวลา	n*	เฉลี่ย (วินาที)	Variance	t	df	Sig
ในช่วงเวลาเร่งด่วน	52	2.58	0.208	1.235	103	0.110
นอกช่วงเวลาเร่งด่วน	59	2.48	0.167			

* จำนวนรอบสัญญาณไฟ

3.3 ระยะเวลาสูญเสียเริ่มต้น (Start-Up Lost Time)

ตารางที่ 6 แสดงเวลาสูญเสียเริ่มต้นบริเวณทางแยกที่เป็นพื้นที่ศึกษาจำนวน 6 ทางแยก พบว่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นเฉลี่ยของแต่ละทางแยกมีค่าแตกต่างกัน โดยแยกภายในสนามบินสุวรรณภูมิมีเวลาสูญเสียเริ่มต้นเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 1.99 วินาที และแยกประเสริฐมนูกิจ-ประดิษฐ์มนูธรรมมีเวลาสูญเสียเริ่มต้นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.50 วินาที

หากพิจารณาในรายละเอียดของรอบสัญญาณไฟพบว่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 0 วินาที ซึ่งสามารถพบได้ในทุกทางแยกที่ทำการศึกษา ส่วนเวลาสูญเสียเริ่มต้นสูงสุดเกิดขึ้นในรอบสัญญาณไฟที่อยู่ในนอกช่วงเวลาเร่งด่วนบริเวณแยกนิต้า โดยมีค่าเท่ากับ 11.64 วินาที

ตารางที่ 6 เวลาสูญเสียเริ่มต้นบริเวณทางแยกสัญญาณไฟ

ทางแยก	เวลาที่สำรวจ	รอบสัญญาณไฟ	เวลาสูญเสียเริ่มต้น (วินาที)			
			min	max	mean	Std. Dev.
อโศก-เพชรบุรี	Paek	8	0.00	7.15	3.69	2.77
	Off-Peak	9	0.00	5.64	2.54	2.33
	รวม	17	0.00	7.15	3.08	2.53
นิต้า	Paek	9	0.00	9.60	3.40	3.71
	Off-Peak	11	2.94	11.64	5.16	2.39
	รวม	20	0.00	11.64	4.37	3.10
มินบุรี	Paek	4	2.78	4.22	3.59	0.60
	Off-Peak	5	0.00	4.68	1.76	1.92
	รวม	9	0.00	4.68	2.57	1.71
รามคำแหง-ร่มเกล้า	Paek	12	0.44	7.23	3.78	1.75
	Off-Peak	12	0.00	4.81	3.19	1.64
	รวม	24	0.00	7.23	3.49	1.68
ภายในสนามบินสุวรรณภูมิ	Paek	10	0.00	6.31	1.74	2.13
	Off-Peak	12	0.00	6.17	2.20	1.92
	รวม	22	0.00	6.31	1.99	1.98
ประเสริฐมนูกิจ-ประดิษฐ์มนูธรรม	Paek	9	1.33	8.10	4.90	2.42
	Off-Peak	10	0.00	7.18	4.14	2.78
	รวม	19	0.00	8.10	4.50	2.57

3.3.1 เปรียบเทียบระหว่างแยกที่มีและไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลังประกอบสัญญาณไฟ

ผลการเปรียบเทียบเวลาสูญเสียเริ่มต้นระหว่างทางแยกที่มีและไม่มี การติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลังประกอบสัญญาณไฟ แสดงดังตาราง 7 โดยพบว่าทางแยกที่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลังมีระยะเวลาสูญเสียเริ่มต้นเฉลี่ย 3.54 วินาที และ ทางแยกที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลังมีระยะเวลาสูญเสียเริ่มต้นเฉลี่ย 3.28 วินาที ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่าระยะเวลาสูญเสียเริ่มต้นของทางแยกที่มีและไม่มี การติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลังแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบระยะเวลาสูญเสียเริ่มต้นในแยกที่มีและไม่มี การติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลังประกอบสัญญาณไฟ

ประเภททางแยก	n*	เฉลี่ย (วินาที)	Variance	t	df	Sig
มีการนับเวลาถอยหลัง	46	3.54	7.429	0.540	86	0.295
ไม่มีการนับเวลาถอยหลัง	65	3.28	5.198			

* จำนวนรอบสัญญาณไฟ

3.3.2 เปรียบเทียบระยะเวลาสูญเสียเริ่มต้นในช่วงเวลาเร่งด่วนและนอกช่วงเวลาเร่งด่วน

การเปรียบเทียบเวลาสูญเสียเริ่มต้นระหว่างในและนอกช่วงเวลาเร่งด่วน แสดงดังตาราง 8 โดยพบว่าระยะเวลาสูญเสียเริ่มต้นในช่วงเวลาเร่งด่วนและนอกช่วงเวลาเร่งด่วนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.49 วินาที และ 3.30 วินาทีตามลำดับ ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่าระยะเวลาสูญเสียเริ่มต้นของทางแยกในและนอกช่วงเวลาเร่งด่วนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบระยะเวลาสูญเสียเริ่มต้นในช่วงเวลาเร่งด่วนและนอกช่วงเวลาเร่งด่วน

ช่วงเวลา	n*	ค่าเฉลี่ย (วินาที)	Variance	t	df	Sig
ช่วงเวลาเร่งด่วน	52	3.49	6.592	0.409	105	0.342
นอกช่วงเวลาเร่งด่วน	59	3.30	5.718			

4. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการศึกษา

บทความนี้ทำการศึกษาเวลาสูญเสียเริ่มต้น ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัว และอัตราการไหลอ้อมตัว ซึ่งเป็นค่าที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการออกแบบและควบคุมสัญญาณไฟจราจร ซึ่งโดยทั่วไปแล้วค่าดังกล่าวมีความแตกต่างกันตามลักษณะพื้นที่และพฤติกรรมจราจรรวมทั้งปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ การศึกษานี้พิจารณาเฉพาะรถทิศทางตรงบริเวณทางแยกสัญญาณไฟที่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลังประกอบสัญญาณไฟซึ่งได้รับการใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยทำการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างทางแยกที่มีและไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลัง ในเขตกรุงเทพมหานคร ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

ผลการศึกษาแยกสัญญาณไฟทั้ง 6 แยก ซึ่งประกอบด้วยทางแยกที่มีการนับเวลาถอยหลัง 3 แยก และไม่มีการนับเวลาถอยหลัง 3 แยก โดยเก็บข้อมูลทั้งในและนอกช่วงเวลาเร่งด่วน รวมทั้งสิ้น 111 รอบสัญญาณไฟพบว่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นเฉลี่ย เท่ากับ 3.19 วินาที และระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวเฉลี่ย เท่ากับ 2.53 วินาที เมื่อพิจารณาเป็นรายแยกพบว่าเวลาสูญเสียเริ่มต้น ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวเฉลี่ย และอัตราการไหลอ้อมตัวเฉลี่ยของแต่ละทางแยกมีค่าแตกต่างกัน โดยเวลาสูญเสียเริ่มต้นเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 1.99-4.50 วินาที ระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 2.36 - 2.75 วินาที และอัตราการไหลอ้อมตัวเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 1,311 – 1528 คัน/ชม./ช่องจราจร

การเปรียบเทียบระหว่างทางแยกที่มีและไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลัง เพื่อพิจารณาอิทธิพลของการนับเวลาถอยหลังที่มีต่อพฤติกรรมจราจร พบว่าระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวเฉลี่ยในทางแยกที่มีและไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลังมีค่าเท่ากับ 2.58 วินาที และ 2.50 วินาที ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ระยะเวลาสูญเสียเริ่มต้นเฉลี่ยในแยกที่มีและไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์นับเวลาถอยหลัง เท่ากับ 3.54 วินาที และ 3.28 วินาที ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

การเปรียบเทียบระหว่างพฤติกรรมในและนอกช่วงเวลาเร่งด่วน เพื่อพิจารณาผลของช่วงเวลาที่สามารถตรวจสอบต่อพฤติกรรมจราจร พบว่าระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัวเฉลี่ยในและนอกช่วงเวลาเร่งด่วน มีค่า 2.58 วินาที และ 2.48 วินาที ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ระยะเวลาสูญเสียเริ่มต้นเฉลี่ยในและนอกช่วงเวลาเร่งด่วน เท่ากับ 3.49 วินาที และ 3.30 วินาที ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้พิจารณาศึกษาเฉพาะรถในทิศทางตรงเท่านั้น และทำการศึกษาทางแยกสัญญาณไฟจำนวน 6 แยก การศึกษาในอนาคตควรมีการพิจารณาเพิ่มจำนวนพื้นที่ศึกษาให้มากขึ้น โดยอาจพิจารณาลักษณะพื้นที่และตัวแปรหลายๆ แบบเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์และสามารถอธิบายพฤติกรรมจราจรได้ดียิ่งขึ้น โดยประเด็นอื่นๆ ที่ควรมีการศึกษาต่อไป เช่น พฤติกรรมจราจรของรถเลี้ยว อิทธิพลของปริมาณรถจักรยานยนต์ หรือรถขนาดใหญ่ การมีจักรยานยนต์แทรกอยู่ระหว่างแถวคอย อิทธิพลของสภาพอากาศ อิทธิพลของขนาดความกว้างของช่องจราจรที่มีต่อเวลาสูญเสียเริ่มต้นและระยะห่างของเวลาระหว่างรถยนต์อ้อมตัว เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Transportation Research Board (TRB) (2010). *Highway Capacity Manual*. Washington, D.C.: Transportation Research Board, National Research Council.
- [2] David, S. H., Kevin, P. H., Steven, D. S., Joshua, S., Patrick, M. and Halston, T. (2013). Implications of distracted driving on start-up lost time for dual left-turn lanes. *Journal of Transportation Engineering*, vol. 139 No. 9 pp. 923-930.
- [3] Çalıskanelli, S. P., Coşkun Atasever, F. and Tanyel, S. (2017). Start-up lost time and its effect on signalized intersections in Turkey. *Traffic & Transportation*, vol. 29, No. 3, pp. 321-329.
- [4] Shawky, M. and Al-Ghafli, A. (2016). Start-up delay estimation at signalized intersections: Impact of left turn phasing sequences. *International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS)*, vol.-3, (1), pp.7-12.
- [5] Hongyun, S. and Jinshun, Y. (2013). Saturation flow rate and start-up lost time of dual-left lanes at signalized intersection in rainy weather condition. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol 96, pp.270-279.

- [6] Matsoukis, E. and Efstathiadis, St. (2013) An investigation of the variability of start-up lost times and departure headways at signalized intersections in urban area. *Intersections Control and Safety*, vol. 66, pp. 53-62.
- [7] Limanond, T, Chookerd, S. and Routonglang, N. (2009) Effects of countdown timers on queue discharge characteristics of through movement at signalized intersection. *Transp. Res. C, Emerg. Technol.*, vol. 17, no. 6, pp. 662-671.
- [8] ณัฐนันท์ รอดขำ, นิทัศน์ ศรีผ่องงาม, เสวตโชติ ลิขัย และ วศิน เกียรติโกมล (2562) การศึกษาค่าเวลาการสูญเสียเริ่มต้นและค่าอัตราการไหลอ้อมตัวบริเวณทางแยกในกรุงเทพมหานคร *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 24*, อุตรธานี, 10-12 กรกฎาคม 2562, หน้า 1876-1881.
- [9] Minh, C. C. and Sano, K. (2003) Analysis of motorcycle effects to saturation flow rate at signalized intersection in developing countries. *Journal of Eastern Asia Society of Transportation Studies*, vol. 4, no. 3, pp. 1211-1222.
- [10] Li, H. L. and Prevedouros, P. D. (2002). Detailed observations of saturation headways and start-up lost times. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, Vol 1802(1), pp. 44-53.
- [11] Yang, X, Zhuang, B. and Li, K. (2006). Analysis of saturation flow rate and delay at signalized intersection. *Journal Of Tongji University (Natural Science*, vol 6, pp. 738-743.