



วิทยานิพนธ์

การศึกษาพฤติกรรมการขับขี่ ณ ทางแยกสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา

A STUDY OF DRIVING BEHAVIORS AT COUNT-DOWN
SIGNAL TYPE SIGNALIZED INTERSECTION

นายปกาสิต จิรศักดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2549



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

ปริญญา

วิศวกรรมโยธา สาขา วิศวกรรมโยธา
สาขา ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาพฤติกรรมการขับขี่ ณ ทางแยกสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา

A Study of Driving Behaviors at Count-down Signal Type Signalized Intersection

นามผู้วิจัย นายปกาสิต จิรศักดิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์พงษ์ศักดิ์ สุริยวานากุล, Ph.D.)

กรรมการ

(อาจารย์กุลธรน แยมพลอย, Dr.Ing.)

กรรมการ

(อาจารย์รัตนนา อธิธอมร, M.Sc.)

กรรมการ

(อาจารย์ชนันท์ สุขวิมลเสรี, วศ.ม.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์วรากร ไม้เรียง, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อากงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาพฤติกรรมการขับขี่ ณ ทางแยกสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา

A Study of Driving Behaviors at Count-down Signal Type Signalized Intersection

โดย

นายปกาสิต จิรศักดิ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

พ.ศ. 2549

ISBN 974-16-2685-1

ปกาสิต จิรศักดิ์ 2549: การศึกษาพฤติกรรมการจับขึ้น ทางแยกสัญญาณไฟจราจรแบบ
แสดงเวลา ปริญาวิทยาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) สาขาวิศวกรรมโยธา
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ปรธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์
พงษ์ศักดิ์ สุริยวานกุล, Ph.D. 119 หน้า
ISBN 974-16-2685-1

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบพฤติกรรมการจับขึ้น ทางแยก
สัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาในช่วงเวลาปิดและเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา โดย
พิจารณาอัตราการไหลอิมตัว เวลาที่สูญเสีย ความเร็วช่วงเวลาสัญญาณไฟเหลืองและก่อนสัญญาณ
ไฟเหลือง 10 วินาที และการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบอัตรา
การไหลอิมตัวที่ความกว้างช่องจราจรแตกต่างกัน โดยทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี t-test ที่ระดับความ
เชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการศึกษาพบว่า การเปรียบเทียบอัตราการไหลอิมตัวรถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่
ความกว้างช่องจราจรเท่ากันและแตกต่างกันพบว่าการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาไม่มี
นัยสำคัญ การเปรียบเทียบเวลาที่สูญเสียเริ่มต้นรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ที่ความกว้างช่องจราจร 3.00
เมตร พบว่าการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาสามารถลดเวลาสูญเสียเริ่มต้นได้ร้อยละ 33
และที่ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร พบว่าการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาสามารถลด
เวลาสูญเสียเริ่มต้นได้ร้อยละ 23 การศึกษาความเร็วรถยนต์ขณะสัญญาณไฟจราจรแสดงไฟเหลือง
พบว่าการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาสามารถลดความเร็วเฉลี่ยบริเวณทางแยกสัญญาณ
ไฟจราจรได้ร้อยละ 15 ในขณะที่ความเร็วรถยนต์ช่วงเวลาก่อนสัญญาณไฟจราจรแสดงไฟเหลือง
10 วินาที พบว่าการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา มีผลให้ความเร็วเฉลี่ยบริเวณทางแยก
สัญญาณไฟจราจรเพิ่มขึ้นร้อยละ 8 และการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรพบว่าการเปิดสัญญาณไฟ
จราจรแบบแสดงเวลา สามารถลดการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรได้ร้อยละ 21

Pakasit Jirasak 2006: A Study of Driving Behaviors at Count-down Signal Type Signalized Intersection. Master of Engineering (Civil Engineering), Major Field: Civil Engineering, Department of Civil Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Pongsak Suriyavanagul, Ph.D. 119 pages.
ISBN 974-16-2685-1

This study investigated the driving behaviors by considering saturation flow, lost time, speed of vehicle at amber times and 10 second before amber times, and traffic signalized disobedience at Count-down signalized intersections. Moreover, we also compared with typical signalized intersections at the same conditions. T-test analysis at 95 percent was used to analyze the data collections in both of Count-down and typical signalized intersections. The saturation flow of passenger car in both of Count-down and typical signalized intersections showed not significant values based on the same and different lane width. In the case of lost time comparison, the Count-down signalized can reduced 33 percent and 23 percent of lost times at the 3.00 meter and 3.30 meter of wide-lanes, respectively. During the Count-down signalized amber times, the average speed decreased 15 percent when compared with the typical signalized amber times. Moreover, we also investigated the speed at critical interval, the last 10 seconds of green times to amber times; it was found that 8 percent average speed increasing based on Count-down signalized condition. Finally, the traffic signalized disobediences at Count-down and typical signalized intersections were observed, the Count-down signalized affected to reduce disobediences about 21 percent.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์พงษ์ศักดิ์ สุริยวานากุล ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์กุลธรน แยมพลอย กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก อาจารย์ธัช สุขวิมลเสรี กรรมการที่ปรึกษาวิชาการ อาจารย์รัตนา อิทธิอมร กรรมการที่ปรึกษาวิชาการ รวมถึงรองศาสตราจารย์สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์ กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และคำที่ปรึกษา อันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษางานวิจัยวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ตลอดจนทำการตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์จนแล้วเสร็จด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณครูและอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้ตั้งแต่เยาว์วัยจนถึงปัจจุบัน

ท้ายที่สุด ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่สนับสนุนทุนการศึกษาและให้กำลังใจเสมอมา รวมถึง พี่สาวทั้ง 4 คน คุณพรพิมล ไมตรีตัน และเพื่อนๆ ที่ได้ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือมาโดยตลอด จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ประโยชน์อันเนื่องมาจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ และคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้เมตตาอบรมสั่งสอนให้มีความรู้จนถึงปัจจุบัน

ปกาสิต จิรศักดิ์

กันยายน 2549

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	22
อุปกรณ์	22
วิธีการ	22
สถานที่และระยะเวลาในการทำวิจัย	33
ผลและวิจารณ์	34
สรุปและข้อเสนอแนะ	46
สรุป	46
ข้อเสนอแนะ	49
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	50
ภาคผนวก	54
ภาคผนวก ก ตารางแสดงระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์นั่งส่วนบุคคล	55
ภาคผนวก ข ตารางแสดงระยะเวลาสูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล	68
ภาคผนวก ค ตารางแสดงความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยก	
สัญญาณไฟจราจร	81
ภาคผนวก ง ตารางแสดงจำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟแดง ณ ทางแยก	
สัญญาณไฟจราจร	106
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	119

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าคงที่ของการกระจายแบบปกติ.....	8
2	ความยาวแนะนำของช่วงทางทดสอบ สำหรับการศึกษความเร็วจุด.....	15
3	ความเร็วที่แท้จริงและความคลาดเคลื่อน โคไซน์.....	17
4	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วจุดสำหรับการหาจำนวนตัวอย่าง.....	18
5	การกำหนดความเร็วของรถแต่ละประเภท.....	19
6	ลักษณะการจราจรในสภาพอึมตัว.....	21
7	กรณีการศึกษาอัตราการไหลอึมตัวของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล.....	34
8	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์เฉลี่ย กรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร.....	35
9	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์เฉลี่ย กรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร.....	36
10	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์เฉลี่ย กรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร.....	37
11	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์เฉลี่ย กรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร.....	38
12	ค่าเฉลี่ยระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ ณ ทางแยกติดตั้งสัญญาณไฟจราจร แบบแสดงเวลา.....	39
13	การเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลอึมตัวรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ช่วงเวลาปิดและ เปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา โดยวิธี t-test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เวลาสูญเสียเริ่มต้น ณ ทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความ กว้างช่องจราจร 3.00 เมตร.....	39
14	เวลาสูญเสียเริ่มต้น ณ ทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความ กว้างช่องจราจร 3.30 เมตร.....	40
15	การเปรียบเทียบเวลาสูญเสียเริ่มต้น ช่วงเวลาปิดและเปิดสัญญาณไฟจราจร แบบแสดงเวลา โดยวิธี t-test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95.....	41

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
17	ความเร็วรถยนต์บริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาช่วงเวลาไฟเหลือง.....	42
18	ความเร็วรถยนต์บริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาช่วงเวลา ก่อน สัญญาณไฟเหลือง 10 วินาที.....	42
19	การเปรียบเทียบความเร็วขณะสัญญาณไฟจราจรแสดงไฟเหลือง ช่วงเวลาปิด และเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา โดยวิธี t-test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95	43
20	การเปรียบเทียบความเร็วขณะสัญญาณไฟจราจรช่วงเวลาก่อนสัญญาณไฟเหลือง 10 วินาที เวลาปิดและเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา โดยวิธี t-test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95	43
21	การฝ่าฝืนสัญญาณไฟแดงบริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา โดยแสดงรายละเอียดตามประเภทของยวดยาน.....	44
22	การฝ่าฝืนสัญญาณไฟแดงบริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา....	44
23	การเปรียบเทียบการฝ่าฝืนสัญญาณไฟแดง ช่วงเวลาปิดและเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา โดยวิธี t-test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95	45

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ก1	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (headway) วินาที ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร (ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)..... 56
ก2	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (headway) วินาที ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร (ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)..... 59
ก3	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (headway) วินาที ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร (ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)..... 62
ก4	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (headway) วินาที ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร (ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)..... 65
ข1	เวลาที่สูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร (ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)..... 69
ข2	เวลาที่สูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร (กรณี ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)..... 72
ข3	เวลาที่สูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร (ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)..... 75
ข4	เวลาที่สูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร (ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)..... 78
ค1	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกเมื่อสัญญาณไฟจราจรแสดงไฟเหลือง (ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)..... 82
ค2	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกเมื่อสัญญาณไฟจราจรแสดงไฟเหลือง (ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)..... 88
ค3	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกก่อนสัญญาณไฟจราจรแสดงไฟเหลือง 10 วินาที (ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)..... 94
ค4	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกก่อนสัญญาณไฟจราจรแสดงไฟเหลือง 10 วินาที (ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)..... 101

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ง1	จำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟแดง ณ ทางแยกสัญญาณไฟจราจร (ช่วงเวลาปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา).....	107
ง2	จำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟแดง ณ ทางแยกสัญญาณไฟจราจร (ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา).....	113

สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	อัตราการใช้ของปริมาณจราจรในช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียว.....	6
2	ตัวอย่างการหาเวลาที่สูญเสียไปและ อัตราการใช้แบบอ้อมตัว.....	9
3	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาห่างระหว่างขบวนรถกับตำแหน่งในแถวคอย.....	10
4	การเปรียบเทียบการกระจายความเร็วสะสมตามกาลเวลา.....	14
5	รูปแบบการรวบรวมข้อมูลของการศึกษาความเร็วจุด.....	16
6	ค่าความเร็วที่แสดงบนหน้าจอเรดาร์.....	17
7	ทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาและมีเส้นแบ่งช่องจราจรชัดเจน.	23
8	การตั้งกล้องเก็บข้อมูลบริเวณไหล่ทางบริเวณทางแยกที่ทำการสำรวจ.....	24
9	แถวคอยรถนั่งส่วนบุคคลจอดอยู่ตั้งแต่ 7 คันขึ้นไปบริเวณทางแยกติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา.....	25
10	เรดาร์ใช้วัดความเร็วบริเวณทางแยก.....	26
11	หน้าจอเรดาร์ใช้วัดความเร็วบริเวณทางแยก.....	26
12	ตำแหน่งการใช้เรดาร์วัดความเร็วของขบวนรถบริเวณไหล่ทางขณะสัญญาณไฟจราจรเป็นสีเหลือง.....	27
13	การเก็บข้อมูลทางแยกที่สามารถมองเห็นสัญญาณไฟจราจรและรถที่เคลื่อนที่ผ่านทางแยกได้อย่างชัดเจน.....	28
14	ลักษณะทางแยกติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา.....	33
15	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์เฉลี่ย กรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร.....	35
16	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์เฉลี่ย กรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร.....	36
17	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์เฉลี่ย กรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร.....	37
18	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์เฉลี่ย กรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร.....	38

การศึกษาพฤติกรรมการขับขี่ ณ ทางแยกสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา

A Study of Driving Behaviors at Count-down Signal Type Signalized Intersection

คำนำ

ปัจจุบันการจัดการจราจรบริเวณทางแยกที่มีปริมาณจราจรหนาแน่นใช้การควบคุมโดยสัญญาณไฟเป็นหลัก เนื่องจากการควบคุมโดยสัญญาณไฟเป็นวิธีการควบคุมการจราจรบริเวณทางแยกที่มีการใช้งบประมาณต่ำเมื่อเทียบกับการจัดการแนวทางอื่น เช่น การสร้างทางข้ามแยกและการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของถนน เป็นต้น การปรับปรุงสัญญาณไฟเพียงอย่างเดียวสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของทางแยกได้มากกว่า 10% (Gartner, 1992) ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่าการจราจรและการขนส่งเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ส่งเสริมการพัฒนาทางเศรษฐกิจของประเทศ อย่างไรก็ตามประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนายังคงเผชิญกับปัญหาการจราจรติดขัด (Traffic Congestion) ที่ทวีความรุนแรงและต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลทำให้ทรัพยากรสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์และทำให้ระดับมลพิษทางอากาศสูงขึ้น

วิธีควบคุมสัญญาณไฟในอดีตที่ผ่านมาแบ่งเป็นวิธีควบคุมสำหรับสภาพจราจรปกติหรือไม่อึดอัด (Normal or Undersaturated Condition) วิธีที่ควบคุมสัญญาณไฟจราจรสำหรับสภาพจราจรปกติที่นิยมใช้กันมากคือ วิธีควบคุมของเวปสเตอร์ (Webster) ที่เสนอการควบคุมสัญญาณไฟคงที่ (Fixed-Time Signal Control) วิธีการควบคุมสัญญาณไฟบริเวณทางแยกนั้นการออกแบบช่วงเวลาของรอบสัญญาณไฟ (Cycle Length) จังหวะสัญญาณไฟ (Stage) และการแบ่งช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียว (Split) ที่เหมาะสมเพื่อให้ความล่าช้ารวมของทางแยกต่ำสุด แต่การควบคุมวิธีนี้มีข้อด้อยคือมีค่าเสียเวลาเริ่มต้นของการเคลื่อนตัว (Total Start-Up Lost Time) นั้นเป็นค่าที่บอกถึงเวลาของไฟเขียวที่สูญเสียไปโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์เนื่องจากระยะเวลาของการรับรู้และปฏิบัติตอบสนอง (Perception and Reaction Times) หลังจากคนขับรถเห็นสัญญาณไฟเขียวและเวลาที่สูญเสียไปอันเนื่องมาจากการเคลื่อนตัวออกจากเส้นหยุดในจังหวะการเร่งความเร็ว ซึ่งอดีตจนถึงปัจจุบันมีการศึกษาและเก็บข้อมูลเพื่อทราบอัตราการไหลอึดอัดรวมไปถึงค่าเสียเวลาเริ่มต้นของการเคลื่อนตัวบนทางแยกสัญญาณไฟกันอย่างแพร่หลายโดยประมาณ 1900 คันต่อชั่วโมงของไฟเขียวต่อช่องจราจร (Transportation Research Board, Highway Capacity Manual, National Research Council,

Washington, D.C., 2000) และ 2.0 วินาทีของ Messer and Fambro (Messer, C.J. and Fambro, D.B., 1977) ตามลำดับ

ปัจจุบันได้มีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงระยะเวลารอบสัญญาณไฟ โดยแสดงระยะเวลาไฟแดง ระยะเวลาไฟเขียว ระยะเวลาไฟเหลือง มีผลต่อการจับขึ้นและมีผลต่อประสิทธิภาพของทางแยกการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลานั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของทางแยกให้ดียิ่งขึ้น เช่น ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุบริเวณทางแยก เพื่อลดระยะเวลาการสูญเสียอันเนื่องมาจากการเคลื่อนตัวออกจากเส้นหยุด ดังนั้นการศึกษาถึงอัตราการไหลอิ่มตัว (Saturation Flow) ของการจราจร เวลาที่สูญเสีย (Lost Time) ความเร็ว การฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร ในบริเวณทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลานั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อศึกษาว่าผู้ขับขี่เมื่อเห็นสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาแล้วปฏิบัติตามกฎจราจรที่มีอยู่หรือไม่ ดังนั้นการศึกษารุ่นนี้จะทำการศึกษาเวลาที่เปิดสัญญาณไฟจราจรเพื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาที่ปิดสัญญาณไฟเดือนบอระยะเวลารอบสัญญาณไฟกับช่วงเวลาที่ไม่มีเปิดสัญญาณไฟเดือนบอระยะเวลารอบสัญญาณไฟนั้น ผลที่ได้จะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการปรับปรุงสัญญาณไฟและผลการศึกษาเป็นแนวทางในการช่วยตัดสินใจเลือกวิธีควบคุมสัญญาณไฟที่เหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการไหลอิ่มตัว (Saturation Flow) เวลาที่สูญเสีย (Lost Time) ความเร็ว และการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร ณ บริเวณทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา
2. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการไหลอิ่มตัว (Saturation Flow) เวลาที่สูญเสีย (Lost Time) ความเร็วที่ผ่านทางแยก และการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร ในช่วงเวลาที่เปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลากับช่วงเวลาปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา

ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาถึงอัตราการไหลอิ่มตัว (Saturation Flow) ของการจราจร เวลาที่สูญเสีย (Lost Time) ความเร็ว และการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร ในบริเวณทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลานั้นทำการศึกษาในช่วงเวลาปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาและช่วงเวลาเปิด

สัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา โดยการศึกษาในครั้งนี้เลือกช่วงเวลา 9.00 - 15.00 น. วันจันทร์ ถึงวันศุกร์ สภาพภูมิอากาศแจ่มใส ในกรุงเทพมหานคร การวิเคราะห์อัตราการใช้รถล้มตัวและเวลาที่สูญเสียในการทำการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกทำการเก็บข้อมูลทางแยก การเก็บข้อมูลระยะห่างระหว่างรถสองคันที่เคลื่อนตามกันมา (Time Headway) ในช่องจราจรที่ทำการศึกษา คือ ช่องจราจรทิศทางตรง ความกว้างช่องจราจร 3.00 และ 3.30 เมตร นั้นทำการวัดเมื่อล้อหลังของรถยนต์ทั้งสองวิ่งผ่านจุดอ้างอิง

การศึกษาค่าความเร็ว ทำการเลือกเก็บข้อมูลรถเฉพาะคันที่เคลื่อนที่ผ่านทางแยกด้วยความเร็วสูงขณะสัญญาณไฟจราจรแสดงไฟเหลืองและช่วงเวลาก่อนสัญญาณไฟเหลือง 10 วินาที การฝึ่ฝืนสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลานั้นจะพิจารณา กรณีการฝึ่ฝืนสัญญาณไฟแดงเท่านั้น

การตรวจเอกสาร

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกและการออกแบบสัญญาณไฟจราจรนั้นมีมานานแล้ว โดยมีในครั้งแรกเมื่อปี 1965 โดย US Highway Capacity Manual. ได้รวบรวมรูปแบบการศึกษาสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก ซึ่งรวบรวมการวิเคราะห์และออกแบบ ต่อมาในปี 2000 Maini and Khan ได้ศึกษาถึง Clearing Speed ของ Heterogeneous Traffic ที่บริเวณสัญญาณไฟจราจรในอินเดีย ต่อมาในปี 2002 Ibrahim et. al. ได้ศึกษาประมาณค่า Ideal Saturation Flow ที่บริเวณทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรภายใต้ Malaysian Road Conditions ซึ่งได้ใช้วิธีการวัดอัตราการไหลอ้อมตัวแบบ Road Research Laboratory ปี 1963 ซึ่งค่าอัตราการไหลอ้อมตัวเฉลี่ยนั้นขึ้นกับความกว้างช่องจราจร ต่อมาสัญญาณไฟจราจรได้มีการพัฒนารูปแบบสัญญาณไฟจราจรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสัญญาณไฟเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแก่ทางแยก ดังนั้นการศึกษานี้ทำการศึกษาผลงานที่เกี่ยวข้องในอดีตเกี่ยวกับการควบคุมสัญญาณไฟจราจรในสภาพไม่อ้อมตัว ทำการศึกษาค่าอัตราการไหลอ้อมตัวของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล เวลาที่สูญเสีย ความเร็ว และการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

1. การควบคุมทางแยก

การควบคุมทางแยกเป็นการจัดการให้ขบวนรถ และคนเดินเท้าที่ต้องการเดินทางผ่านทางแยกได้รับความพอใจและความปลอดภัย ในกรณีที่ทางแยกมีปริมาณจราจรไม่คับคั่ง การควบคุมทางแยกที่สามารถกระทำได้ง่ายด้วยการใช้ป้ายจราจร (Stop Sign หรือ Yield Sign) แต่เมื่อปริมาณจราจรที่ทางแยกเพิ่มมากขึ้น กระแสการจราจรที่ทางแยกจะเริ่มขัดแย้งกันมากขึ้น ส่งผลให้มีโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุสูงขึ้น แนวทางการแก้ไขปัญหาที่ประหยัดและมีความยืดหยุ่นสูง คือการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ทางแยกที่มีการควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจรจะจัดให้ขบวนรถเคลื่อนที่ผ่านทางแยกไปตามจังหวะสัญญาณไฟที่จัดไว้ ความล่าช้าและจำนวนครั้งที่รถหยุดนั้นจะลดลง ช่วยลดปัญหาที่เกิดจากขบวนรถที่ต้องการเลี้ยว ลดปัญหาการชนกันด้านข้างและการชนกันเป็นมุมฉาก ลดจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับคนเดินเท้า หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาว่าทางแยกใดควรติดตั้งสัญญาณไฟจราจรนั้นสามารถศึกษาได้จาก MUTCD (Manual on Uniform Traffic Control Devices) ฉบับปี 2000

ทางแยกที่ต้องการควบคุมสัญญาณไฟจราจรส่วนมากจะอยู่ในเขตเมืองหรือชานเมืองที่เป็นพื้นที่อยู่อาศัยหรือพาณิชยกรรม การจราจรในพื้นที่เหล่านี้มีลักษณะที่แตกต่างกันตามความซับซ้อนของกิจกรรมที่เกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น ปริมาณจราจรบนถนนแต่ละทิศทางแตกต่างกันมาก บางทางแยกมีปริมาณจราจรมาก บางทางแยกมีปริมาณจราจรน้อย การควบคุมทางแยกสัญญาณไฟรูปแบบเดียวจึงไม่สามารถจัดการให้การจราจรที่ทางแยกมีประสิทธิภาพได้ ในอดีตที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันมีนักวิชาการและนักวิจัยพัฒนาและคิดค้นวิธีการควบคุมทางแยกด้วยสัญญาณไฟไว้จำนวนมาก ซึ่งแต่ละวิธีมีวัตถุประสงค์และข้อจำกัดในการควบคุมที่แตกต่างกัน โดยอาจแบ่งการควบคุมสัญญาณไฟจราจรออกเป็น 2 กลุ่ม คือ การควบคุมสัญญาณไฟจราจรในสภาพจราจรไม่อึมตัว และการควบคุมสัญญาณไฟจราจรในสภาพจราจรอึมตัว

2. วิธีการควบคุมสัญญาณไฟจราจรในสภาพจราจรไม่อึมตัว

สภาพการจราจรปกติหรือสภาพการจราจรไม่อึมตัวที่มีการไหลของปริมาณจราจรเป็นแบบไม่ถูกรบกวน (Uninterrupted Flow) มีวัตถุประสงค์ของการควบคุมเพื่อลดความล่าช้า ลดจำนวนครั้งที่รถหยุด เพิ่มประสิทธิภาพ เพิ่มความปลอดภัยและป้องกัน ไม่ให้เกิดสภาพการจราจรแออัด (Quinn, 1992) หรือการควบคุมสัญญาณไฟทำให้มีปริมาณจราจรที่ผ่านทางแยกออกไปได้มากที่สุด (Pignatoro, 1978) (Rathi, 1988)

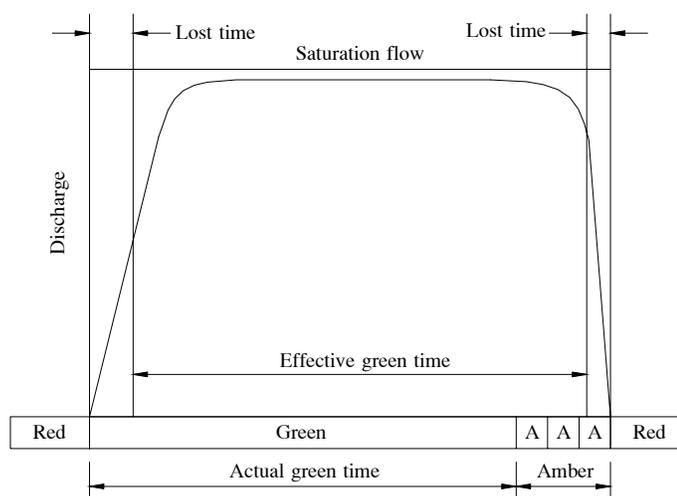
วิธีการควบคุมสัญญาณไฟจราจรคงที่จะใช้เมื่อปริมาณจราจรที่ต้องการผ่านทางแยกในแต่ละทิศทาง (Approach) ค่อนข้างคงที่ โดยการควบคุมนี้จะกำหนดให้ในแต่ละรอบสัญญาณไฟมีความยาวรอบสัญญาณไฟ และช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียวของแต่ละจังหวะสัญญาณไฟคงที่ ซึ่งได้มาจากการคำนวณ โดยอาศัยข้อมูลการจราจรเฉลี่ยในอดีตที่ผ่านมา แต่เนื่องจากปริมาณจราจรในช่วงเวลาที่แตกต่างกันมีปริมาณจราจรไม่คงที่ จึงจัดให้มีชุดการควบคุมสัญญาณไฟแบบคงที่มากกว่า 1 ชุด เพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณจราจรเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาของวัน เช่น แบ่งเป็นชุดการควบคุมในช่วงเวลาเช้า กลางวัน เย็น และเวลากลางคืน

วิธีที่นิยมใช้กันแพร่หลาย คือ วิธีการคำนวณด้วยสมการของเวปสเตอร์ (Webster, 1969) เหมาะสำหรับทางแยกเดี่ยวหรือทางแยกที่อยู่ห่างกันมาก การคำนวณตั้งอยู่ที่สมมติฐานว่าปริมาณจราจรที่เข้าทางแยกค่อนข้างคงที่และกระจายตัวแบบสุ่ม (Stochastic) วัตถุประสงค์หลักของการ

ควบคุมก็คือ ทำให้ความล่าช้าที่ทางแยกให้ต่ำที่สุด ความยาวรอบสัญญาณไฟและช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียวในแต่ละจังหวะสัญญาณไฟจราจร

3. อัตราการไหลอิมตัวของการจราจร (Saturation Flow Rate) และเวลาที่สูญเสีย (Lost Time)

การไหลอิมตัวของการจราจร (Saturation Flow Rates) และเวลาที่สูญเสีย (Lost Time) เป็นองค์ประกอบสำคัญในการวิเคราะห์เวลาสัญญาณไฟ โดยเวลาที่สูญเสียเป็นเวลาที่สูญเสียไปในช่วงเริ่มต้นของสัญญาณไฟเขียวก่อนที่ขบวนรถจะเริ่มเคลื่อนที่ผ่านทางแยกพร้อมกับเวลาที่สูญเสียไปในช่วงสิ้นสุดสัญญาณไฟเขียว การไหลอิมตัวของการจราจรเป็นอัตราการไหลสูงสุดของการจราจรที่จะสามารถผ่านทางนั้นได้ภายใต้สภาพการจราจรและทางที่เป็นอยู่ โดยสมมติว่าในช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียวขบวนรถที่อยู่ในแถวคอยเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไป การไหลอิมตัวของการจราจรมักกล่าวเป็นคันต่อชั่วโมงเวลาไฟเขียว ในกรณีไม่มีข้อมูลอัตราการไหลอิมตัวของการจราจรต่อช่องทาง ให้ใช้ค่าอัตราการไหลอิมตัวเท่ากับ 1800 1700 และ 1600 คันต่อชั่วโมงเวลาไฟเขียว สำหรับช่องทางตรงไป ช่องทางเลี้ยวซ้าย และช่องทางเลี้ยวขวา ตามลำดับ โดยปกติ ค่าเวลาสูญเสียมักใช้เท่ากับ 2 วินาที สำหรับกรณีทั่วไป ภาพที่ 1 เป็นภาพแสดงอัตราการไหลอิมตัวและเวลาสูญเสียไปทั้งช่วงเริ่มต้นและสิ้นสุดสัญญาณไฟเขียวที่ปรากฏทั่วไป



ภาพที่ 1 อัตราการไหลของปริมาณจราจรในช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียว

ที่มา: Garber and Hoel (1996)

$$\text{เวลาไฟเขียวประสิทธิผล} = \text{เวลาไฟเขียวที่ปรากฏ} + \text{เวลาไฟเหลือง} - \text{เวลาสูญเสีย} \quad (1)$$

อัตราการไหลอ้อมตัวของการจราจร ถูกนำมาใช้ในการหาความจุของช่องทางเข้าสู่ทางแยกควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร อัตรานี้สามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$c_i = s_i \times \left(\frac{g_i}{C} \right) \quad (2)$$

โดยที่

c_i คือ ความจุของช่องทาง หรือ ทางเข้าสู่ทางแยก i (คันต่อชั่วโมง)

s_i คือ อัตราการไหลอ้อมตัวสำหรับช่องทาง หรือทางเข้าสู่ทางแยก i (คันต่อชั่วโมงเวลาไฟเขียว)

g_i คือ เวลาไฟเขียวประสิทธิผลของช่องทางเข้าสู่ทางแยก i

C คือ รอบวงจรสัญญาณไฟจราจร

$\left(\frac{g_i}{C} \right)$ คือ อัตราส่วนเวลาไฟเขียวต่อรอบของทางเข้าสู่ทางแยก i

ระดับความอ้อมตัวของการจราจรสามารถคาดคะเนได้จากสมการดังนี้

$$X_i = \frac{v_i}{c_i} \quad (3)$$

โดยที่

X_i คือ ระดับความอ้อมตัวของการจราจรของช่องทาง i

v_i คือ ปริมาณจราจรสูงสุดที่ปรับค่าแล้วของช่องทาง i

c_i คือ ความจุของช่องทาง i

จำนวนข้อมูลที่เพียงพอสำหรับการศึกษาอัตราการไหลอ้อมตัว ตามที่ Joseph E. Hummer ได้ศึกษาไว้ เป็นไปตามสมการดังนี้

$$n = \left(\frac{S}{z \cdot d} \right)^2 \quad (4)$$

โดยที่

n	คือ	จำนวนข้อมูลที่เพียงพอ
z	คือ	ค่าคงที่จากการกระจายแบบปกติ ซึ่งขึ้นอยู่กับร้อยละความเชื่อมั่นเป็นไปตามตารางที่ 1
S	คือ	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
d	คือ	ค่าความแตกต่างระหว่างอัตราการใช้รถจักรยานยนต์ระหว่างการใช้อัตราการใช้รถจักรยานยนต์ที่เกิดขึ้น

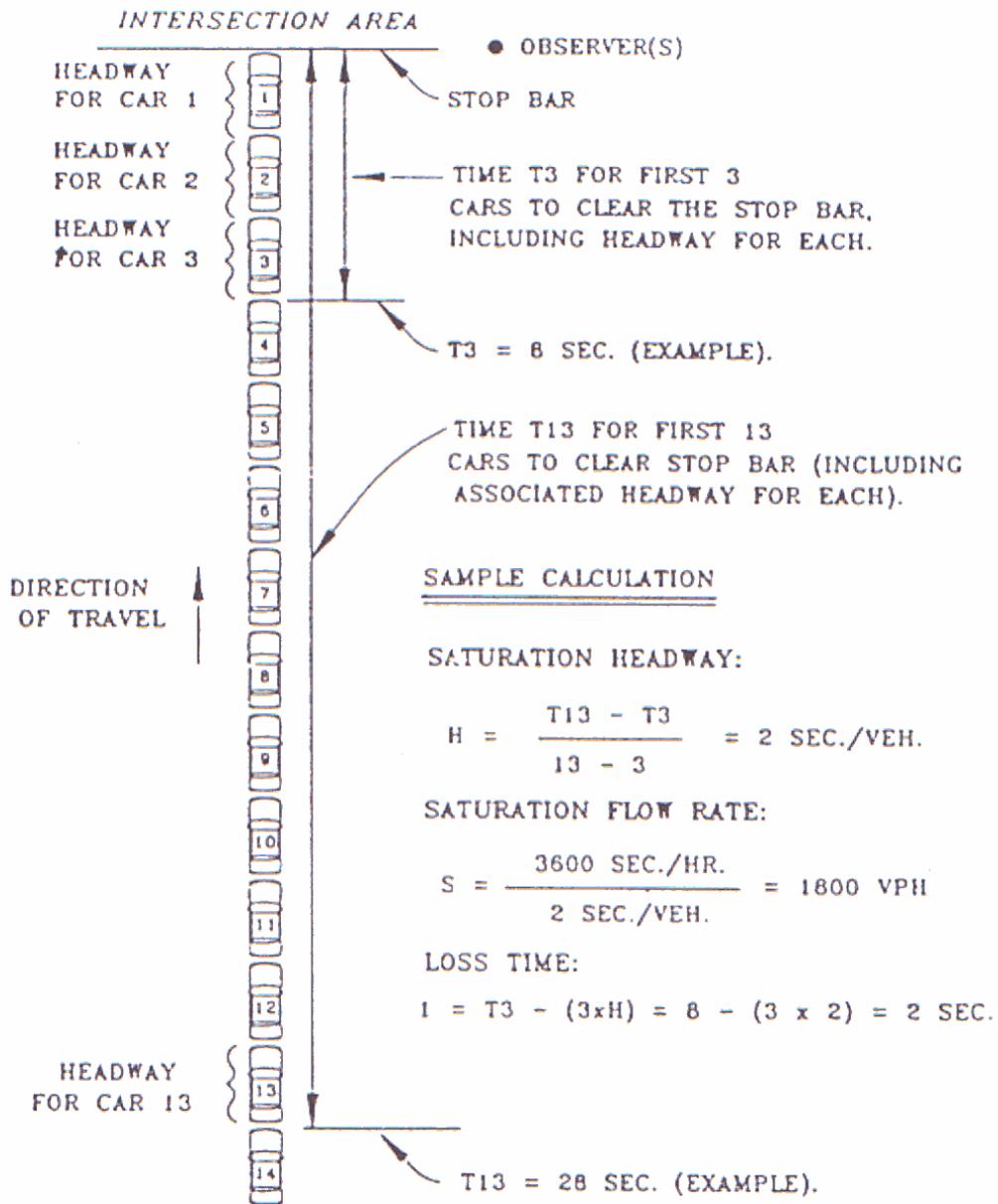
ตารางที่ 1 ค่าคงที่ของการกระจายแบบปกติ

K	ระดับความเชื่อมั่น (%)
1.00	69.3
1.50	86.6
1.64	90.0
1.96	95.0
2.00	95.5
2.50	98.8
2.58	99.0
3.00	99.7

ที่มา: พงษ์ศักดิ์ (2545 ข)

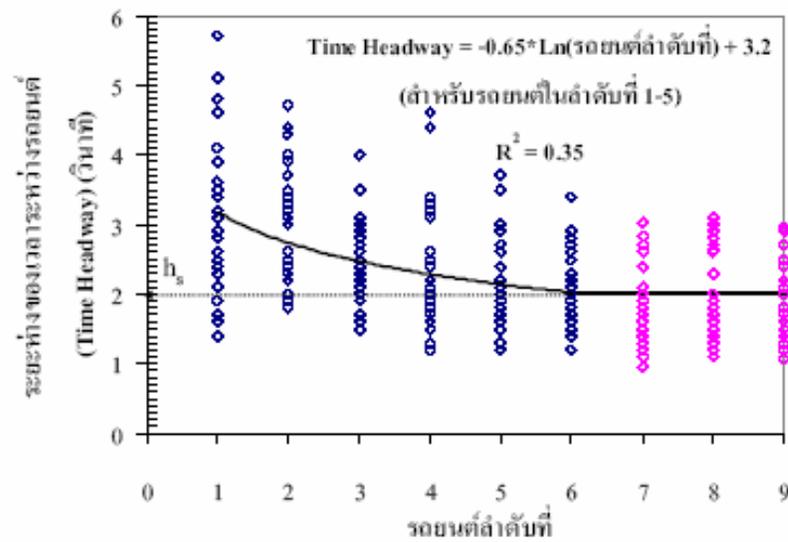
จากภาพที่ 2 ขวดยานที่จอดเป็นแถวคอยรถสัญญาณไฟเขียว และเมื่อได้รับสัญญาณไฟเขียว ขวดยานในแถวคอยก็จะเคลื่อนที่ทีละคันผ่านทางแยก ระยะห่างระหว่างขวดยาน (Headway) ในที่นี้หมายถึง ระยะเวลาระหว่างขวดยานสองคันที่วิ่งตามกันในช่องทางศึกษาโดยวัดเมื่อล้อหลัง

ของขบวนรถทั้งสองผ่านจุดที่กำหนด มีค่าเป็นวินาที โดยช่วงเวลาลำดับแรกเป็นเวลาที่ยขบวนรถคันแรกเริ่มเคลื่อนที่แล้ววิ่งผ่านเส้นที่กำหนด ส่วนมากมักสังเกตจากเมื่อล้อหลังเคลื่อนที่ผ่านจุดดังกล่าว ช่วงเวลาลำดับ 2 เป็นเวลาห่างระหว่างรถยนต์คันที่ 1 และ 2 ผ่านเส้นที่ระบุ



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการหาเวลาที่สูญเสียไปและ อัตราการไหลแบบอิมิตัว
ที่มา: Narasimha and Mohle (1993)

นำช่วงห่างระหว่างรถยนต์แต่ละคันมาเขียนเป็นกราฟก็จะได้ภาพดังแสดงในภาพที่ 3 จากภาพสังเกตได้ว่าระยะห่างลำดับแรกค่อนข้างนานกว่าลำดับถัดไป ทั้งนี้เนื่องจากมีเวลาสูญเสียช่วงเริ่มต้น อันเป็นผลจากการตัดสินใจและปฏิบัติของผู้ขับขี่ ส่วนลำดับถัดไปสั้นลงเนื่องจากคนขับ คั่นถัดๆ ไป ใช้เวลาตัดสินใจและปฏิบัติตอบพร้อมๆ กับผู้ขับขี่คันแรก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ระยะห่างลำดับต่อๆ ไปสั้นลงๆ จนกระทั่งมีค่าคงที่เมื่อรถยนต์ผ่านไปแล้วจำนวนหนึ่ง



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์กับตำแหน่งในแถวคอย

ที่มา: วินัย (2547)

Gazis and Pott (1963) ศึกษาแนวทางเพื่อลดความล่าช้าที่ทางแยกสัญญาณไฟแดงที่ในสภาพการจราจรอึมครึมมาก พบว่า ถ้ามีปริมาณจราจรอึมครึม 2 ทิศทางเท่ากัน ความล่าช้าจะน้อยที่สุดเมื่อควบคุมให้แถวคอยทั้ง 2 ทิศทางหมดลงพร้อมกัน

ครรรชิต (2526) ทำการศึกษาความจุการจราจรที่ทางแยกสัญญาณไฟในกรุงเทพมหานคร จำนวน 8 แห่ง รวม 23 ด้านของทางแยก พบว่าอัตราการไหลอึมครึมมีค่าประมาณ 1950 ± 250 คัน/รถยนต์/ชั่วโมง/ทิศทาง/ความกว้าง 2.50 – 3.50 เมตร

และ ได้ทำการศึกษาระยะเวลาสูญเสียในช่วงเริ่มต้นสัญญาณไฟเขียวของทางแยกมีค่าเท่ากับ 1.91 วินาที

วิลาสินี (2545) ศึกษาผลกระทบรถจักรยานยนต์ต่ออัตราการไหลอ้อมตัวของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลในช่องจราจรทิศทางตรง ที่ทางแยกสัญญาณไฟจราจรในกรุงเทพมหานคร จำนวน 2 แห่ง ที่ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร พบว่า จำนวนรถจักรยานยนต์ตั้งแต่ 3 คันขึ้นไปในช่วงระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์คันที่ 4 – 10 ของแถวคอยจะมีผลกระทบต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลอ้อมตัวของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล และได้ทำการศึกษ้อัตราการไหลอ้อมตัวรถยนต์นั่งส่วนบุคคลกรณีไม่มีรถจักรยานยนต์มาเกี่ยวข้องเท่ากับ 1810 คันต่อชั่วโมง

สมศักดิ์ (2546) ศึกษาผลกระทบที่มีต่อความจุทางแยกสัญญาณไฟจราจรเนื่องจากลักษณะทางเรขาคณิตและประเภทรถ ในช่องทางจราจรกว้าง 2.60 – 3.30 เมตร และช่องทางเลี้ยวขวาไม่มีรถสวนช่วงความกว้าง 2.50 – 3.60 เมตร ที่ทางแยกในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่จำนวน 2 แห่ง พบว่า ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ในช่วงอัตราการไหลอ้อมตัวมีค่าตั้งแต่คันที่ 4 – 15 โดยมีค่าเฉลี่ยระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์เท่ากับ 2.20 และ 2.28 วินาที ในช่องทางตรงและเลี้ยวขวา ตามลำดับ ส่วนค่าอัตราการไหลอ้อมตัวอยู่ระหว่าง 1500 – 1800 คันต่อชั่วโมง และได้ทำการศึกษาเวลาสูญเสียเริ่มต้นในช่องทางตรงและเลี้ยวขวา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.28 และ 6.90 วินาที ตามลำดับ

Chang Chien (1978) ศึกษาอัตราการไหลอ้อมตัวที่ทางแยกสัญญาณไฟในกรุงเทพมหานคร จำนวน 9 แห่ง รวม 17 ด้านของทางแยก พบว่า อัตราการไหลอ้อมตัวเฉลี่ยช่วงความกว้าง 2.80 – 3.50 เมตร มีค่าเท่ากับ 1980 ± 206 คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคลต่อชั่วโมงเวลาไฟเขียว

Nguyen (1999) ศึกษาผลกระทบที่มีต่ออัตราการไหลอ้อมตัวของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเนื่องจากรถจักรยานยนต์ที่ทางแยกสัญญาณไฟจราจรจำนวน 2 แห่ง ในประเทศเวียดนาม โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของรถจักรยานยนต์กับอัตราการไหลอ้อมตัว พบว่า ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ 2 คันที่วิ่งตามกันมา มีค่าอยู่ระหว่าง 2.06 – 3.40 วินาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของรถจักรยานยนต์ในช่องจราจร

Tan (1991) ศึกษาอัตราการไหลอ้อมตัวที่ทางแยกสัญญาณไฟ 3 แห่งในกรุงเทพมหานคร รวม 3 ด้านของทางแยก และพิจารณาผลกระทบเนื่องจากรถบรรทุกในกระแสจราจร พบว่า ค่าเฉลี่ย

ของระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์นั่งส่วนบุคคลในช่องทางตรงของทั้ง 3 ทางแยก มีค่าเท่ากับ 1.91, 1.86 และ 2.16 วินาที

จาตุรนต์ (2527) ได้ทำการศึกษาระยะเวลาสูญเสียในช่วงเริ่มต้นสัญญาณไฟเขียวใน กรุงเทพมหานคร จำนวน 12 แห่ง รวม 22 ด้านของทางแยกได้รับค่าระยะเวลาสูญเสียเริ่มต้นเท่ากับ 6.35 วินาที

วินัย (2547) ศึกษาผลกระทบทางสัญญาณเตือนต่อค่าสูญเสียเริ่มต้นของการเคลื่อนตัวรถยนต์ในกรุงเทพมหานครจำนวน 30 ทางแยก ที่ความกว้างช่องจราจร 2.70 และ 3.00 เมตร พบว่า ค่าระยะเวลาสูญเสียเริ่มต้นเท่ากับ 2.20 และ 2.00 วินาที

Nguyen (1999) ศึกษาระยะเวลาสูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเนื่องจากที่ทางแยกสัญญาณไฟจราจรจำนวน 2 แห่ง ในประเทศเวียดนาม มีค่าระยะเวลาสูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล เท่ากับ 3.58 วินาที

Taweasilp (1998) ศึกษาความล่าช้าและรอบเวลาสัญญาณไฟที่เหมาะสมสำหรับทางแยกสัญญาณไฟจราจรในกรุงเทพมหานคร ที่ทางแยกรัชดาภิเษก – สุทธิสาร พบว่า ค่าเฉลี่ยระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์เท่ากับ 2.04 วินาที และอัตราการไหลอ้อมตัวมีค่าเท่ากับ 2.04 วินาที และค่าอัตราการไหลอ้อมตัวมีค่าเท่ากับ 1800 คันต่อชั่วโมงเวลาไฟเขียวต่อช่องจราจร และยังพบว่า ระยะเวลาสูญเสียเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 3.58 วินาที โดยกล่าวว่า มีผลกระทบเนื่องจากจักรยานยนต์แต่ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ค่าออกมา

Ibrahim et. al. (2005) ทำการศึกษาระบบสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาที่ทางแยกในกรุง Kuala Lumpur และเมืองอื่นๆ ในประเทศมาเลเซียหน้าที่หลักของสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลานั้นมีเพื่อให้คนขับรถเคารถจราจร โดยจะรู้ถึงเวลาไฟเขียวให้รถผ่านทางแยกโดยปลอดภัยและเวลาไฟแดงให้รถหยุด การเก็บรวบรวมข้อมูลบริเวณทางแยกก่อนและหลังการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ซึ่งจะทำให้การศึกษาถึงผลของการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา โดยให้ปัจจัยแวดล้อมเหมือนกัน เช่น เวลาการเก็บข้อมูล สภาพภูมิอากาศ เป็นต้น จากการศึกษาได้ข้อเสนอนี้ว่าการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา มีผลเล็กน้อยต่ออัตราการไหลอ้อมตัวของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลบริเวณทางแยก

4. ความเร็ว

ความเร็วเป็นอัตราส่วนระหว่างระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมดที่เดินทางได้กับเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทางบนช่วงเส้นทางนั้น หน่วยมักกล่าวเป็น กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือเมตรต่อวินาที จากนิยามดังกล่าวสามารถแบ่งวิธีการวัดความเร็วเฉลี่ยได้เป็น 2 วิธี ดังต่อไปนี้

ความเร็วเฉลี่ยที่เป็นความเร็วจุด (Spot Speed หรือ Time Mean Speed) เป็นค่าเฉลี่ยความเร็วของรถยนต์ตรงจุดที่ทำการสำรวจ สามารถแสดงเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$\bar{U}_t = \frac{\sum U_i}{n} \quad (5)$$

โดยที่

\bar{U}_t	คือ	ความเร็วเฉลี่ยที่เป็นความเร็วจุด
U_i	คือ	ความเร็วของรถยนต์คันที่ i ตรงจุดสำรวจ
n	คือ	จำนวนรถยนต์ที่ทำการสำรวจ

ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง (Average Travel Speed หรือ Space Mean Speed) เป็นความเร็วเฉลี่ยที่ได้จากการหารระยะทางด้วยเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเดินทางระหว่างช่วงทางดังกล่าว ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการดังต่อไปนี้

$$\bar{U}_s = \frac{dn}{\sum t_i} \quad (6)$$

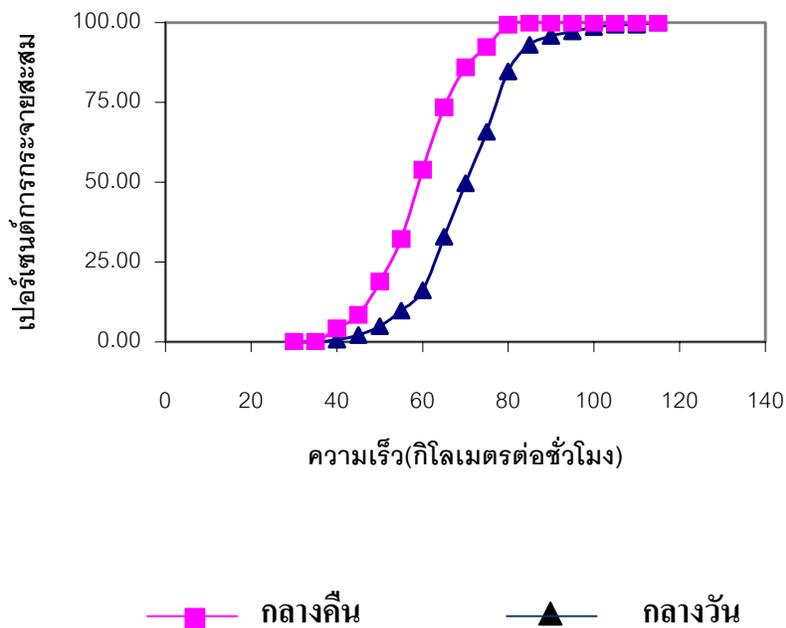
โดยที่

\bar{U}_s	คือ	ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง
t_i	คือ	เวลาที่ใช้เดินทางของรถยนต์คันที่ i
d	คือ	ระยะทางของการเดินทาง
n	คือ	จำนวนรถยนต์ที่ทำการสำรวจ

โดยทั่วไปแล้วความเร็วเฉลี่ยที่เป็นความเร็วจุดจะสูงกว่าความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง ทั้งนี้เนื่องจากความเร็วการเดินทางขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของการจราจร ซึ่งเกี่ยวข้องกับเวลาการเดินทาง เพราะอาจทำให้เกิดความล่าช้าขึ้น ส่วนความเร็วจุด ขึ้นอยู่กับจำนวนรถยนต์ที่ผ่านจุด

สำรวจเท่านั้น โดยปกติความเร็วจราจรจะผันแปรตามประเภทของทางและปริมาณจราจร ความเร็วจราจรจะสูงบนทางด่วน และบนทางหลวง แต่จะต่ำบนถนนในเมือง หรือถนนในชุมชน องค์ประกอบอื่นๆ ที่มีผลต่อความเร็วได้แก่ ความกว้างช่องทางจราจร และระยะมองเห็น โดยความเร็วจะลดลงเมื่อปริมาณจราจรเพิ่มขึ้น ปริมาณจราจรในที่นี้หมายถึง จำนวนรถยนต์เคลื่อนที่ผ่านจุดกำหนดบนเส้นทาง หรือช่องทางจราจรต่อหน่วยเวลา

ความเร็วจุด เป็นความเร็วรถยนต์ขณะวิ่งผ่านจุดสำรวจบนช่วงทางที่ทำการศึกษา หรืออาจกล่าวได้ว่า เป็นความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง ณ ตำแหน่งที่กำหนดไว้บนถนน ความเร็วจุดสามารถหาได้จาก ระยะทางที่กำหนดหารด้วยระยะเวลาที่รถยนต์ใช้ในการเดินทางผ่านบนช่วงทางดังกล่าว จากข้อมูลที่ได้สามารถนำมาเขียนกราฟการกระจายความเร็วสะสมบนช่วงทางนั้นได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบการกระจายความเร็วสะสมตามกาลเวลา

ที่มา: พงษ์ศักดิ์ (2545 ข)

โดยที่ ภาพที่ 4 แสดงลักษณะทั่วไปของเส้นกราฟการกระจายความเร็วสะสมที่ได้จากการศึกษาความเร็วจุดบนช่วงทาง ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบการกระจายของความเร็วรถยนต์ใน

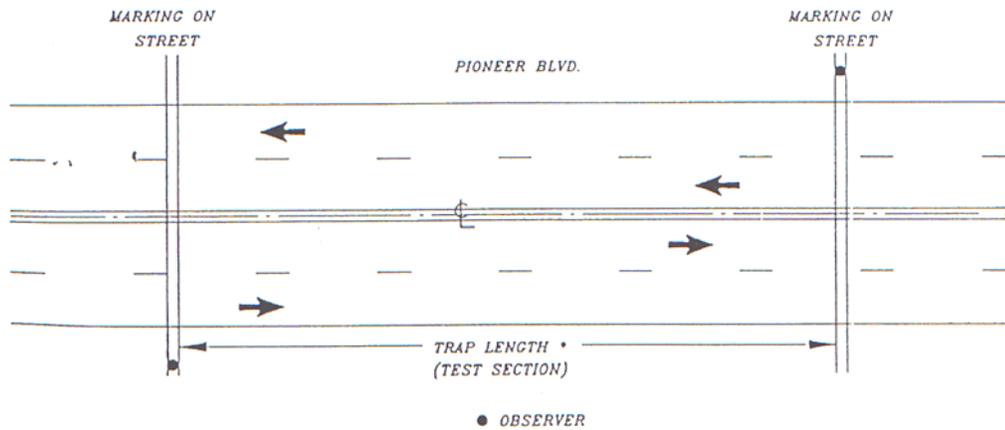
ช่วงเวลากลางวัน และกลางคืน การศึกษาความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของรถยนต์ในกระแสดำเนินการ บริเวณทางแยกพบว่าการใช้ความเร็วเกิน ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์มีความเสี่ยงที่จะเกิด อุบัติเหตุบริเวณทางแยกมากขึ้น (Park and Saccomano, 2005)

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เมื่อทราบความเร็วเฉลี่ยของการจราจรบนช่วงทางศึกษา ก็ สามารถเลือกความยาวของช่วงทางทดสอบได้ตั้งระบุไว้ในตารางที่ 2 ชั้นแรกทำการกำหนดช่วง ทางทดสอบบนช่วงทางศึกษา ผู้สำรวจทำการจับเวลาที่รถยนต์เคลื่อนที่ผ่านช่วงทางดังกล่าว โดยใช้ ผู้สำรวจจำนวน 2 คน คนหนึ่งอยู่จุดเริ่มต้น อีกคนอยู่จุดสิ้นสุดดังแสดงในภาพที่ 5 แต่ละคนอาศัย นาฬิกาจับเวลา ซึ่งตั้งเวลาให้สอดคล้องกัน เมื่อรถยนต์วิ่งผ่านจุดสำรวจให้ทำการหยุดนาฬิกา ผลต่างเวลาของนาฬิกาสองเรือนก็คือระยะเวลาที่รถยนต์เคลื่อนที่ผ่านช่วงทางทดสอบ อนึ่งการหยุด เวลา นาฬิกา ผู้สำรวจทั้งสองจะต้องตกลงกันว่าจะดำเนินการเมื่อส่วนใดของรถยนต์เคลื่อนที่ผ่านจุด สำรวจ ทั้งนี้เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล สามารถใช้ช่วงความยาวที่แนะนำของช่วงทดสอบ ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความยาวแนะนำของช่วงทางทดสอบ สำหรับการศึกษความเร็วจุด

ความเร็วเฉลี่ยของการจราจร (กม./ชม.)	ความยาวช่วงทางทดสอบ (เมตร)
ต่ำกว่า 40	30
40 – 60	60
สูงกว่า 60	90

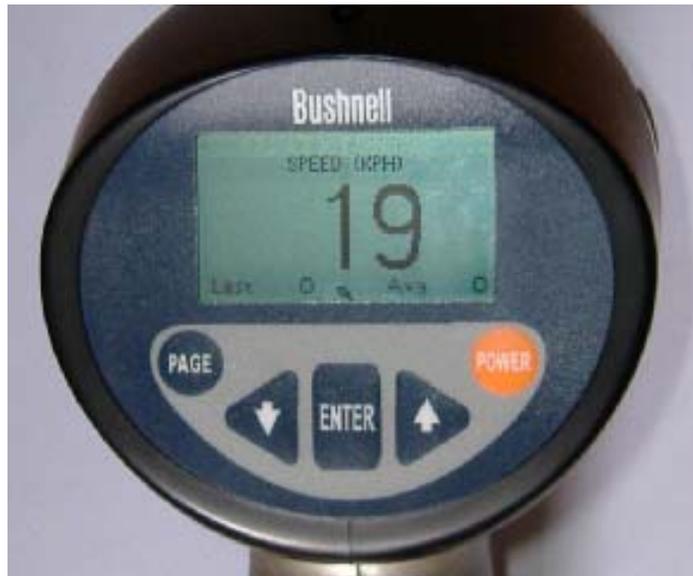
ที่มา: พงษ์ศักดิ์ (2545 ข)



ภาพที่ 5 รูปแบบการรวบรวมข้อมูลของการศึกษาความเร็วจุด

ที่มา: Narasimha and Mohle (1993)

เรดาร์มิเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันมากในการวัดความเร็ว โดยเครื่องมือนี้จะทำการส่งคลื่นไมโครเวฟความถี่สูงไปยังรถยนต์เป้าหมายที่กำลังเคลื่อนที่อยู่ และคลื่นก็จะสะท้อนกลับมา การเปลี่ยนแปลงของความถี่ระหว่างที่ส่งไปและสะท้อนกลับมานี้เองจะเป็นสัดส่วนกลับความเร็วของรถยนต์เป้าหมาย ความถูกต้องแม่นยำของเรดาร์ขึ้นอยู่กับความคลาดเคลื่อน 2 ชนิด นั่นก็คือ การบิดเบือนและมุมของการยิงเรดาร์ โดยทั่วไปค่าที่แสดงบนเครื่องจะเป็นการบิดลง ดังแสดงในภาพที่ 6 เช่นหากเครื่องอ่านได้ 19 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นั่นอาจจะหมายถึงค่านี้อาจอยู่ระหว่าง 19 – 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความคลาดเคลื่อนของมุมเกิดเนื่องจากมุมตกกระทบของคันเรดาร์ไปยังรถยนต์เป้าหมายที่กำลังเคลื่อนที่ ซึ่งทำให้อ่านค่าได้น้อยกว่าความเป็นจริง ค่าที่วัดได้จะเป็นความเร็วในรูปแบบโคไซน์กับมุมตกกระทบ ดังนั้นความเร็วแบบจุดที่วัดได้จึงต้องมีการปรับแก้ ตารางที่ 3 แสดงผลที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนของมุมที่มีผลต่อความเร็วที่วัดได้ เครื่องวัดเรดาร์บางเครื่องจะมีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากมุมโดยการกำหนดมุมที่ทำการยิงเรดาร์



ภาพที่ 6 ค่าความเร็วที่แสดงบนหน้าจอเรดาร์

ตารางที่ 3 ความเร็วที่แท้จริงและความคลาดเคลื่อน โคน์ไซน์

มุม (องศา)	ความเร็วที่วัดได้ที่ความเร็วจริงจาก					
	30 mph	40 mph	50 mph	55 mph	60 mph	70 mph
0	30	40	50	55	60	70
1	29.99	39.99	49.99	54.99	59.99	69.99
3	29.96	39.94	49.93	54.92	59.92	69.90
5	29.89	39.85	49.81	54.79	59.77	69.73
10	29.54	39.39	49.24	54.16	59.09	68.94
15	28.98	38.64	48.30	53.12	57.94	67.61
20	28.19	37.59	46.99	51.68	56.38	65.78
30	25.98	34.64	43.30	47.63	51.96	60.62
45	21.21	28.28	35.36	38.89	42.43	49.50
60	15.00	20.00	25.00	27.50	30.00	35.00
90	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00

ที่มา: พงษ์ศักดิ์ (2545 ข)

จำนวนตัวอย่างขั้นต่ำสามารถคำนวณได้จาก สมการที่ 4 โดยการศึกษาสามารถประมาณค่า S ได้จากการศึกษาเรื่องความเร็วในครั้งก่อนๆภายใต้สภาพเงื่อนไขเดียวกัน หากไม่มีข้อมูลครั้งก่อน ก็สามารถใช้ตารางที่ 4 ช่วยในการคำนวณได้ เพื่อความถูกต้องและแม่นยำ ควรทำการคำนวณค่า S จากข้อมูลที่เก็บมาได้และตรวจสอบว่าจำนวนข้อมูลที่เก็บมาเพียงพอหรือไม่ หากไม่เพียงพอ ก็ต้องทำการเก็บเพิ่มเติมภายใต้สภาพเงื่อนไขเดิม ค่าคงที่ z สามารถดูได้จากตารางที่ 1 ส่วนค่า d หรือความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับให้มีค่าอยู่ระหว่าง ± 1 ถึง ± 5 ไมล์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วจุดสำหรับการหาจำนวนตัวอย่าง

Traffic Areas	Highway Type	Average Standard Deviation	
		mph	kph
Rural	Two-lane	5.3	8.5
	Four-lane	4.2	6.8
Intermediate	Two-lane	5.3	8.5
	Four-lane	5.3	8.5
Urban	Two-lane	4.8	7.7
	Four-lane	4.9	7.9
Rounded value:		5.0	8.0

ที่มา: Box and Oppenlander (1997)

การวิเคราะห์ข้อมูลของความเร็วจุดที่ได้มานั้น อาจกระทำได้ทั้งการคำนวณ หรือการสร้างกราฟ โดยการคำนวณทางสถิติทำให้ทราบถึงค่า ความเร็วเฉลี่ย(Average Mean Speed) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าความผิดพลาดของตัวกลางมาตรฐาน (Standard Error of The Mean) ส่วนการสร้างกราฟ สามารถใช้หาค่าร้อยละของความเร็ว (Percentile of Speed) ต่างๆ ได้

Leisch (1997) ความเร็วที่มากจากการคาดการณ์อุปนิสัยการขับขี่ โดยการคำนึงถึงผลกระทบทางเรขาคณิตของถนนที่มีต่อความเร็วในการขับขี่ กล่าวคือการคำนึงถึงรัศมีโค้งทางราบ ความลาดชัน ที่มีผลกระทบต่อความเร็วในการขับขี่ ในขณะที่ถนนมีปริมาณจราจรน้อย หรือไม่มีผลกระทบด้วยกัน ความเร็วที่เกิดขึ้นบนถนนในช่วงที่ทำการออกแบบ และใช้แสดงถึงการ

เปลี่ยนแปลงความเร็วในแต่ละส่วนขององค์ประกอบของถนนในการตรวจสอบความสอดคล้องของความเร็วของบริเวณทางแยกเพื่อคำนึงถึงความปลอดภัยในบริเวณทางแยก

การศึกษาถึงข้อกำหนดความเร็วรถยนต์ที่เคลื่อนที่บริเวณทางแยกนั้นทำการศึกษาและเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเกี่ยวกับความเร็วของรถตามมาตรา 67 ผู้ขับขี่ต้องขับรถด้วยความเร็วตามที่กำหนดในกฎกระทรวง หรือตามเครื่องหมายจราจรที่ได้ติดตั้งไว้บนทางเครื่องหมายจราจรที่ติดตั้งไว้จะกำหนดอัตราความเร็วขั้นสูงหรือขั้นต่ำก็ได้แต่ต้องไม่เกินอัตราความเร็วที่กำหนดในกฎกระทรวง อธิบาย ตามมาตรานี้ บังคับให้ผู้ขับขี่รถต้องขับรถตามความเร็วที่อนุญาตให้ขับได้ จะขับเร็วกว่าที่อนุญาตไม่ได้ซึ่งกำหนดโดยกฎกระทรวง (ฉบับที่ 6 พ.ศ. 2522) เป็นหลัก และในถนนบางสายเจ้าพนักงานจราจร อาจจะกำหนด ความเร็วของรถ เป็นการเฉพาะก็ได้ ทั้งความเร็วขั้นสูงหรือขั้นต่ำ ดังนั้นตามปกติผู้ขับขี่จะต้องขับรถด้วยความเร็ว ตามที่อนุญาตให้ขับได้ แต่เมื่อขับเข้าไปในถนนบางสาย หรือบางพื้นที่ จะต้องใช้ความเร็วตามป้ายเครื่องหมายจราจรที่ติดตั้งไว้ในทางกฎกระทรวง ฉบับที่ 6 (พ.ศ.2522) กำหนดความเร็วของรถแต่ละประเภทไว้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การกำหนดความเร็วของรถแต่ละประเภท

ประเภทของรถ	นอกเขตเทศบาล	ในเขตเทศบาล
รถบรรทุกที่มี น้ำหนักรถ + น้ำหนักบรรทุกเกิน 1,200 กก.ขึ้นไป	80 กม./ชม.	60 กม./ชม.
รถโดยสาร		
รถลากจูง		
รถพ่วงรถยนต์บรรทุก	60 กม./ชม.	45 กม./ชม.
รถสามล้อ		
รถยนต์เก๋ง รถจักรยานยนต์	90 กม./ชม.	80 กม./ชม.

ที่มา: ธีระพล (2538)

5. การฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร

การฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การเกิดอุบัติเหตุบริเวณทางแยก การเกิดอุบัติเหตุบริเวณทางแยกเกิดขึ้นได้จากปัจจัยหลายประการ แต่การวิจัยครั้งนี้จะทำการศึกษาถึงปัญหาที่เกิดจากการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร จาก พ.ร.บ. จราจรทางบก พ.ศ. 2522 มาตรา 22 ผู้ขับขี่ต้องปฏิบัติตามสัญญาณจราจรหรือเครื่องหมายจราจร ที่ปรากฏข้างหน้าในกรณีต่อไปนี้

(1) สัญญาณจราจรไฟสีเหลืองอำพัน ให้ผู้ขับขี่เตรียมหยุดรถหลังเส้น ให้รถหยุดเพื่อเตรียมปฏิบัติตามสัญญาณที่จะปรากฏต่อไปดังกล่าวใน (2) เว้นแต่ผู้ขับขี่ที่ได้เลยเส้นให้รถหยุดไปแล้วให้เลยไปได้

(2) สัญญาณจราจรไฟสีแดงหรือเครื่องหมายจราจรสีแดงที่มีคำว่า "หยุด" ให้ผู้ขับขี่หยุดรถหลังเส้นให้รถหยุด

โดยเกณฑ์การพิจารณาการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรจะใช้ตาม พ.ร.บ. จราจรทางบก พ.ศ. 2522 มาตรา 22 คือ รถที่เคลื่อนตัวออกจากเส้นหยุดหลังจากสิ้นสุดสัญญาณไฟสีเหลืองแล้วหรือเมื่อเริ่มต้นเป็นสีแดง นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาถึงค่านิยมของสัญญาณไฟจราจร สัญญาณไฟแสดงสีของสัญญาณไฟจราจร มีสีเขียว เหลือง และสีแดง ซึ่งแต่ละสีมีความหมาย ดังนี้สีเขียว หมายถึง การอนุญาตให้รถวิ่งผ่านได้ สีเหลืองหมายถึงการเตือนให้ผู้ขับขี่ลดความเร็วลง เพิ่มความระมัดระวังมากยิ่งขึ้น ในบางครั้งอาจต้องหยุดเมื่อเห็นว่าไม่ปลอดภัย และสีแดงหมายถึงการบังคับให้รถหยุด ดังนั้นเมื่อทำการพิจารณาถึง พ.ร.บ. จราจรทางบก พ.ศ. 2522 และค่านิยมของสัญญาณไฟจราจร แล้วจึงกำหนดให้รถที่เคลื่อนตัวออกจากเส้นหยุดหลังจากสิ้นสุดสัญญาณไฟสีเหลืองแล้วหรือเมื่อเริ่มต้นเป็นสีแดงเป็นรถที่ฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร

Ibrahim et. al. (2005) ทำการศึกษาการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาบริเวณทางแยกในกรุง Kuala Lumpur และเมืองอื่นๆ ในมาเลเซีย โดยหน้าที่หลักของสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลานั้นมีเพื่อให้คนขับรถเคารพกฎจราจร โดยจะรู้ถึงเวลาไฟเขียวที่ให้รถผ่านทางแยกโดยปลอดภัยและเวลาช่วงเวลาไฟแดงให้รถหยุด การศึกษารุ่นนี้พบว่าก่อนการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลานั้นมีการฝ่าฝืนสัญญาณไฟแดงร้อยละ 66.2 และหลังจากที่มีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาที่มีการฝ่าฝืนสัญญาณไฟแดงร้อยละ 37.1 ดังนั้นจากการศึกษารุ่น

นี้พบว่าการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลานั้นช่วยลดการฝ่าสัญญาณไฟแดงได้ โดย การศึกษานี้ได้ทำการศึกษาระยะสั้นที่แยกก่อนมีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาและทาง แยกหลังจากที่มีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา เพื่อทำการศึกษาถึงผลกระทบของการ ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาต่อพฤติกรรมรถขับขี่บริเวณทางแยกก่อนและหลังการ ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา

รายงานของ Road Research เรื่องการควบคุมการจราจรในสภาพอึมตัวปี ค.ศ. 1985 ได้ให้ คำนิยามว่า องค์ประกอบของโครงข่ายถนนอยู่ในสภาพอึมตัว เมื่อเกิดอุบัติเหตุที่ทำให้สภาพ การจราจรแย่ลงหรือเมื่อปริมาณจราจรที่ให้ความสามารถในการให้บริการขององค์ประกอบใน โครงข่ายและการควบคุมแย่ลงอย่างรวดเร็ว รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ลักษณะการจราจรในสภาพอึมตัว

การจราจร ไม่อึมตัว	การจราจรอึมตัว		อัตราการไหลอึมตัว แบบ Gangrenous
	อัตราการไหลอึมตัวในท้องถิ่น		
	การจราจรคงที่	การจราจรไม่คงที่	
ไม่มีแถวคอย ตกค้างเกิดขึ้น	มีแถวคอยตกค้างเกิดขึ้น แต่ไม่เพิ่มมากขึ้น, เกิดความล่าช้าเฉพาะที่ บางครั้ง	มีแถวคอยตกค้าง เกิดขึ้นและเพิ่มมากขึ้น เกิดความล่าช้าเฉพาะที่ ตลอดเวลา	มีแถวคอยตกค้าง เกิดขึ้น และเพิ่มมาก ขึ้นจนกระทั่งกีดขวาง การจราจรที่ทางแยก ก่อนหน้า

ที่มา: OECD (1981)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์
2. เครื่องพิมพ์
3. สแกนเนอร์
4. กล้องถ่ายวิดีโอ
5. เทปวัดระยะ
6. นาฬิกาจับเวลา
7. กล้องถ่ายรูปดิจิทัล
8. โปรแกรม SPSS
9. เรดาร์วัดความเร็ว

วิธีการ

1. การเลือกศึกษาทางแยก

ทางแยกสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาที่ทำการศึกษาคั้งนี้เป็นทางแยกที่มีแนวทางตรงที่อยู่ในลักษณะราบมีความกว้างช่องจราจรกว้าง 3.00 และ 3.30 เมตร มีเส้นแบ่งช่องจราจรชัดเจน โดยการสำรวจคั้งนี้จะทำการสำรวจเฉพาะช่องจราจรทิศทางตรงเท่านั้น นอกจากนี้เพื่อเป็นการศึกษาบรรลุวัตถุประสงค์หลักของการศึกษาจึงกำหนดเกณฑ์การเลือกทางแยกด้วยลักษณะของการจราจรต่างๆ ดังนี้

การศึกษ้อัตราการไหลอ้อมตัว เวลาที่สูญเสีย ความเร็ว และการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรของ รถยนต์นั่งส่วนบุคคล นั้นทำการศึกษาเฉพาะรถยนต์นั่งส่วนบุคคล เท่านั้น ไม่ทำการศึกษาผลกระทบเนื่องจากรถจักรยานยนต์ และทำการเลือกบริเวณทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาที่มีเส้นแบ่งช่องจราจรอย่างชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 7 โดยทำการศึกษาในกรุงเทพมหานคร



ภาพที่ 7 ทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาและมีเส้นแบ่งช่องจราจรชัดเจน บริเวณทางแยกนาคา

2. ขั้นตอนการศึกษา

การศึกษาอัตราการไหลล้มตัวครั้งนี้จะทำการศึกษาโดยใช้กล้องวิดีโอในการบันทึกสภาพการจราจรของการเคลื่อนตัวออกจากสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา โดยการตั้งกล้องไว้บนสะพานลอย หรือ ใหล่ทางในตำแหน่งที่สามารถมองเห็นการเคลื่อนที่ของขบวนและสัญญาณไฟจราจรอย่างชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การตั้งกล้องเก็บข้อมูลบริเวณไหล่ทางบริเวณทางแยกที่ทำการสำรวจ

จากนั้นจึงนำเทปมาวิเคราะห์ระยะเวลาระหว่างรถสองคันที่วิ่งตามกันมา (Time Headway) ในแต่ละช่องจราจร โดยใช้นาฬิกาจับเวลาหาเวลาที่รถแต่ละคันเคลื่อนที่ผ่านเส้นหยุดซึ่งกำหนดเป็นจุดอ้างอิง (Reference Line) โดยการศึกษาของ Miller (1968) พบบ่อยครั้งว่ารถคันหน้ามักจะหยุดคร่อมเส้นหยุดขณะจอดบริเวณทางแยก ดังนั้นในการศึกษาจึงทำการกำหนดให้ทำการบันทึกเวลาเมื่อล้อหลังของรถแต่ละคันวิ่งผ่านเส้นหยุด การใช้กล้องวิดีโอในการเก็บข้อมูลนั้นไม่เพียงแต่ช่วยแก้ไขปัญหาในการที่ไม่สามารถจับเวลาและบันทึกระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ในสนามทันที แต่ยังทำให้ถูกต้องและแม่นยำกว่าและสามารถนำกลับมาดูใหม่เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ที่ถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น

การสำรวจในแต่ละรอบสัญญาณไฟจราจรจะกระทำในแถวคอยที่รถนั่งส่วนบุคคลจอดอยู่ตั้งแต่ 7 คันขึ้นไป ดังแสดงในภาพที่ 9 โดยเริ่มต้นบันทึกเวลาเมื่อช่องทางที่พิจารณาได้รับสัญญาณไฟเขียวช่วงเวลาที่เปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาและช่วงเวลาปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา แล้วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเคลื่อนที่ออกจากเส้นหยุดอย่างต่อเนื่องทำการบันทึกเวลาเมื่อล้อหลังของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลในช่วงเวลา 10 คันแรกวิ่งผ่านเส้นหยุดไป โดยไม่ทำการบันทึกข้อมูลในรอบที่มีรถจักรยานยนต์ รถบรรทุก รถโดยสารประจำทาง ที่อยู่ในตำแหน่งใดของแถวคอยใน 7 คันแรกแต่ถ้าหากมีรถจักรยานยนต์ รถบรรทุก รถโดยสารประจำทาง อยู่ในตำแหน่งที่ 8 ถึง 10

ก็ให้ทำการบันทึกเวลารถยนต์นั่งส่วนบุคคลถึงคันที่อยู่ก่อนหน้ารถจักรยานยนต์ รถบรรทุก รถโดยสารประจำทาง แล้วใช้สมการที่ 7 ในการคำนวณอัตราการใช้รถส่วนตัวของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล และหารระยะเวลาที่สูญเสียเริ่มต้น ตามลำดับ



ภาพที่ 9 แถวคอยรถนั่งส่วนบุคคลจอดอยู่ตั้งแต่ 7 คันขึ้นไปบริเวณทางแยกติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาบริเวณทางแยกนิคม

การศึกษาความเร็วทำการศึกษาศึกษาโดยใช้เรดาร์ ดังแสดงในภาพที่ 10 และ 11 การเก็บข้อมูลใช้การเลือกรถเฉพาะคัน (Individual Vehicle Selection Method) การเลือกจะเลือกเก็บข้อมูลคันที่วิ่งผ่านทางแยกด้วยความเร็วสูงขณะที่สัญญาณไฟจราจรแสดงเป็นไฟเหลืองและช่วงเวลาก่อนสัญญาณไฟเหลือง 10 วินาที การเก็บข้อมูลโดยใช้เรดาร์วัดความเร็วรถที่วิ่งผ่านทางแยก ตำแหน่งการยิงเรดาร์จะกระทำบริเวณไหล่ทางดังแสดงในภาพที่ 12 ดังนั้นหลังจากที่อ่านค่าความเร็วได้ จำเป็นต้องมีการปรับแก้ค่าความผิดพลาดเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของมุมมีผลกระทบต่อความเร็วที่วัดได้ การปรับแก้ตารางที่ 3 จำนวนข้อมูลที่เพียงพอในการศึกษา ความเร็วโดยพิจารณาจากสมการที่ 4 และตารางที่ 1 กำหนดใช้ค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.0 และ

กำหนดค่าแตกต่างที่ยอมรับจากค่าความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 1 ดังนั้น จำนวนข้อมูลเพียงพอสำหรับความเร็วจึงเป็น 250 ข้อมูล



ภาพที่ 10 เรดาร์ใช้วัดความเร็วบริเวณทางแยก



ภาพที่ 11 หน้าจอเรดาร์ใช้วัดความเร็วบริเวณทางแยก



ภาพที่ 12 ตำแหน่งการใช้เรดาร์วัดความเร็วของขบวนยานบริเวณไหล่ทางขณะสัญญาณไฟจราจรเป็นสีเขียว

การศึกษาการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรทำการศึกษารถยนต์นั่งส่วนบุคคล การเก็บข้อมูลกระทำโดยการตั้งกล้องวิดีโอ การตั้งกล้องวิดีโอต้องเลือกตำแหน่งที่สามารถมองเห็นสัญญาณไฟจราจรและรถที่เคลื่อนที่ผ่านทางแยกอย่างชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 13 หลังจากที่ได้ตำแหน่งที่เหมาะสมในการเก็บข้อมูลเรียบร้อยแล้วก็ทำการบันทึกวิดีโอในช่วงเวลาที่กำหนด 9.00 – 15.00 น. ในสภาพภูมิอากาศแจ่มใส เมื่อทำการบันทึกวิดีโอทางแยกที่ต้องการศึกษาเรียบร้อยแล้ว นำข้อมูลที่บันทึกมาวิเคราะห์การฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร เงื่อนไขการพิจารณาว่ารถคันไหนฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรคือ รถที่เคลื่อนที่ผ่านเส้นหยุดบริเวณทางแยกหลังจากสิ้นสุดสัญญาณไฟเหลืองหรือเมื่อสัญญาณไฟแดงแสดงขึ้น การบันทึกข้อมูลจะแสดงผลออกมาเป็นจำนวนคันต่อรอบสัญญาณไฟจราจร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ยในการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร โดยศึกษานั้นทำการศึกษาช่วงเวลาปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาและช่วงเวลาเปิดสัญญาณ

ไฟจราจรแบบแสดงเวลา สำหรับจำนวนที่เพียงพอในการศึกษารถฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรพิจารณาจากสมการที่ 4 และตารางที่ 1 การศึกษานี้กำหนดค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 5.0 ดังนั้นจำนวนข้อมูลที่เพียงพอสำหรับการศึกษารถฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรคือ 100 รอบสัญญาณไฟจราจร



ภาพที่ 13 การเก็บข้อมูลทางแยกที่สามารถมองเห็นสัญญาณไฟจราจรและรถที่เคลื่อนที่ผ่านทางแยกได้อย่างชัดเจน

สำหรับจำนวนข้อมูลที่เพียงพอของการศึกษาอัตราการไหลอ้อมตัวรถยนต์นั่งส่วนบุคคลโดยพิจารณาจากสมการที่ได้ศึกษาจาก Hummer (1994) ดังสมการที่ 4 และตารางที่ 1 ในการศึกษาที่กำหนดใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 140 ตามที่ ITE Technical Committee 5P – 5, 1991 ได้เสนอไว้ในรายงานของ Hummer (1994) ค่าคงที่ของการกระจายแบบปกติ (z) ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่าความแตกต่างที่ยอมรับได้ของอัตราการไหลอ้อมตัวเฉลี่ยกับอัตราการไหลที่เกิดขึ้นไม่เกิน 50 คันต่อชั่วโมง ดังนั้นจำนวนข้อมูลที่เพียงพอสำหรับอัตราการไหลอ้อมตัวจึงเป็น 30 รอบสัญญาณไฟ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 การวัดระยะเวลาห่างของรถยนต์ (Time Headway)

สำหรับการคำนวณอัตราการไหลอ้อมตัวของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ในการศึกษานี้จะพิจารณาจากระยะเวลาห่างของรถยนต์ (Time Headway) ในช่วงแต่ละคันตั้งแต่คันที่ 4 ถึง 7, 8, 9 หรือ 10 กรณีที่มีรถในแถวคอยเป็น 7, 8, 9 หรือ 10 คันตามลำดับ ดังสมการที่ 7

$$SF = \frac{3600}{\bar{h}} \quad (7)$$

โดยที่

SF คือ อัตราการไหลอ้อมตัวเฉลี่ย (คันต่อชั่วโมง)

\bar{h} คือ ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาห่างของรถยนต์ (วินาที)

การศึกษานี้แบ่งการวัดระยะเวลาห่างของรถยนต์ (Time Headway) ออกเป็นช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาและช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา โดยเลือกศึกษาอัตราการไหลอ้อมตัวของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่ความกว้างช่องจราจร 3.00 และ 3.30 เมตร เพื่อยืนยันพฤติกรรมของอัตราการไหลอ้อมตัวของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลากับเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาที่ความกว้างช่องจราจรเท่ากัน ดังนั้นการเก็บรวบรวมข้อมูลจึงทำการเก็บ 4 กรณี คือ

กรณีที่ 1 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลตามด้วยรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเท่านั้นไม่มีรถจักรยานยนต์ตามมาเกี่ยวข้อง ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา

กรณีที่ 2 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลตามด้วยรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเท่านั้นไม่มีรถจักรยานยนต์ตามมาเกี่ยวข้อง ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา

กรณีที่ 3 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลตามด้วยรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเท่านั้นไม่มีรถจักรยานยนต์ตามมาเกี่ยวข้อง ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา

กรณีที่ 4 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลตามด้วยรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเท่านั้นไม่มีรถจักรยานยนต์ตามมาเกี่ยวข้อง ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา

3.2 การหาเวลาสูญเสียเริ่มต้น (Start-Up Lost Time)

การหาเวลาสูญเสียเริ่มต้นเป็นช่วงเวลาที่สูญเสียไปจากการตอบสนองในการเร่งความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลออกจากทางแยกของผู้ขับขี่หลังจากที่ได้รับสัญญาณไฟเขียว

การสำรวจเพื่อหาเวลาสูญเสียเริ่มต้นนี้ตามสมการของ Hummer (1994) ได้กำหนดให้บันทึกเวลาเมื่อช่องทางที่พิจารณาได้รับสัญญาณไฟเขียว และเวลาที่มีรถยนต์คันที่ 3 ในแถวคอยวิ่งผ่านเส้นหยุดโดยทั่วไปสังเกตเห็นว่ารถจักรยานยนต์ในกรุงเทพมหานครที่จอดรอสัญญาณไฟเขียวบริเวณทางแยกมักจะจอดนอกเส้นหยุดหน้ารถยนต์นั่งส่วนบุคคลคันแรก ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาในกรณีที่ไม่มีรถจักรยานยนต์อยู่หน้าแถวคอยรถยนต์นั่งส่วนบุคคล โดยที่เวลาสูญเสียเริ่มต้นคำนวณได้จากสมการที่ 8

$$\text{Start - Up Lost Time} = (T_3 - T_0) - 3(\text{Average headway}) \quad (8)$$

โดยที่

T_0	คือ	เวลาเริ่มต้นไฟเขียว
T_3	คือ	เวลาที่รถยนต์คันที่ 3 ในแถวคอยเคลื่อนที่ถึงจุดอ้างอิง
Average headway	คือ	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ในช่วงที่เกิดอัตราการไหลอิมตัว

ถ้าการคำนวณค่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นที่คำนวณได้จากสมการที่ 8 น้อยกว่าศูนย์ให้ใช้เป็นค่าปรับแก้เท่ากับศูนย์

การศึกษานี้แบ่งการวัดระยะเวลาห่างของรถยนต์ (Time Headway) ออกเป็นช่วงเวลา ปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาและช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา โดยเลือก ศึกษาเวลาสูญเสียเริ่มต้นรถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่ความกว้างช่องจราจร 3.00 และ 3.30 เมตร เพื่อ ยืนยันพฤติกรรมของเวลาสูญเสียเริ่มต้นรถยนต์นั่งส่วนบุคคล เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาที่ปิดกับเปิด สัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาที่ความกว้างช่องจราจรเท่ากัน ดังนั้นการเก็บรวบรวมข้อมูลจึงทำ การเก็บ 4 กรณี คือ

กรณีที่ 1 การศึกษาค่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นช่วงเวลาที่ปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร

กรณีที่ 2 การศึกษาค่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นช่วงเวลาที่เปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดง เวลา ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร

กรณีที่ 3 การศึกษาค่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นช่วงเวลาที่ปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร

กรณีที่ 4 การศึกษาค่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นช่วงเวลาที่เปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดง เวลา ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร

3.3 การศึกษาความเร็วขณะสัญญาณไฟจราจรเป็นไปเหลืองและช่วงเวลาก่อนสัญญาณไฟ เหลือง 10 วินาที

การศึกษาความเร็วทำการศึกษาความเร็วของขบวนที่ผ่านทางแยกขณะที่สัญญาณไฟ จราจรแสดงไฟเหลืองและช่วงเวลาก่อนสัญญาณไฟเหลือง 10 วินาที ทำการเก็บข้อมูลความเร็ว ขบวนที่เคลื่อนที่ผ่านทางแยกที่เห็นสัญญาณไฟจราจร การเก็บข้อมูลทำการเลือกเก็บความเร็วที่ เคลื่อนที่ผ่านด้วยความเร็วสูงในแต่รอบสัญญาณไฟ การเก็บรวบรวมข้อมูลความเร็วใช้วิธีการ เก็บความเร็วโดยใช้เรดาร์ โดยจำนวนข้อมูลความเร็วที่ต้องการอย่างน้อยคือ 250 ข้อมูล ซึ่งคำนวณ ตามสมการที่ 1 ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และการปรับแก้ข้อมูลความเร็วที่อ่านได้บนหน้าจอเรดาร์ วัดความเร็วตามตารางที่ 3

กรณีศึกษาความเร็วของขดขานที่ผ่านทางแยกขณะที่สัญญาณไฟจราจรแสดงสัญญาณไฟเหลืองและช่วงเวลาก่อนสัญญาณไฟเหลือง 10 วินาที นั้นทำการเปรียบเทียบความเร็วในช่วงเวลาปิดและเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ดังนั้นมีการศึกษาครั้งนี้จึงแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 กรณีได้แก่

กรณีที่ 1 การศึกษาความเร็วของขดขานที่ผ่านทางแยกช่วงเวลาที่ปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา

กรณีที่ 2 การศึกษาความเร็วของขดขานที่ผ่านทางแยกช่วงเวลาที่เปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา

3.4 การศึกษาการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร

การศึกษากการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรทำการศึกษา รถยนต์นั่งส่วนบุคคล การเก็บข้อมูลกระทำโดยการตั้งกล้องวิดีโอบริเวณทางแยกในช่วงเวลาปิดและเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาโดยการตั้งกล้องวิดีโอต้องเลือกตำแหน่งที่สามารถมองเห็นสัญญาณไฟจราจรและรถที่เคลื่อนที่ผ่านทางแยกอย่างชัดเจน การศึกษากำหนดค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ดังนั้นจำนวนข้อมูลที่เพียงพอในการศึกษาคือ 100 รอบสัญญาณไฟจราจร กรณีศึกษากการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรนั้นทำการศึกษาเปรียบเทียบช่วงเวลาที่ปิดและเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ดังนั้นการศึกษากครั้งนี้จึงทำการเก็บข้อมูล 2 กรณีได้แก่

กรณีที่ 1 การศึกษากการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรช่วงเวลาที่ปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา

กรณีที่ 2 การศึกษากการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรช่วงเวลาที่เปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา

สถานที่และระยะเวลาในการทำวิจัย

1. สถานที่

ทางแยกสัญญาณไฟจราจรที่เลือกใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาในกรุงเทพมหานครดังแสดงในภาพที่ 14 ความกว้างช่องจราจร 3.00 และ 3.30 เมตร ทางแยกมีแนวทางตรง อยู่ในระดับราบ มีเส้นแบ่งช่องจราจรที่ชัดเจน และมีลักษณะการจราจรที่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ในการศึกษา คือ ทางแยกที่ทำการศึกษามีการเคลื่อนที่ของยานพาหนะผ่านทางแยกโดยไม่มีผลกระทบจากแถวคอยของทางแยกข้างหน้า



ภาพที่ 14 ลักษณะทางแยกติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา

2. ระยะเวลาในการทำวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามในบริเวณทางแยกติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลานั้นเลือกช่วงเวลา 9.00 – 15.00 น. สภาพภูมิอากาศแจ่มใสในกรุงเทพมหานคร ซึ่งเริ่มทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือน มีนาคม ถึง พฤษภาคม 2549

ผลและวิจารณ์

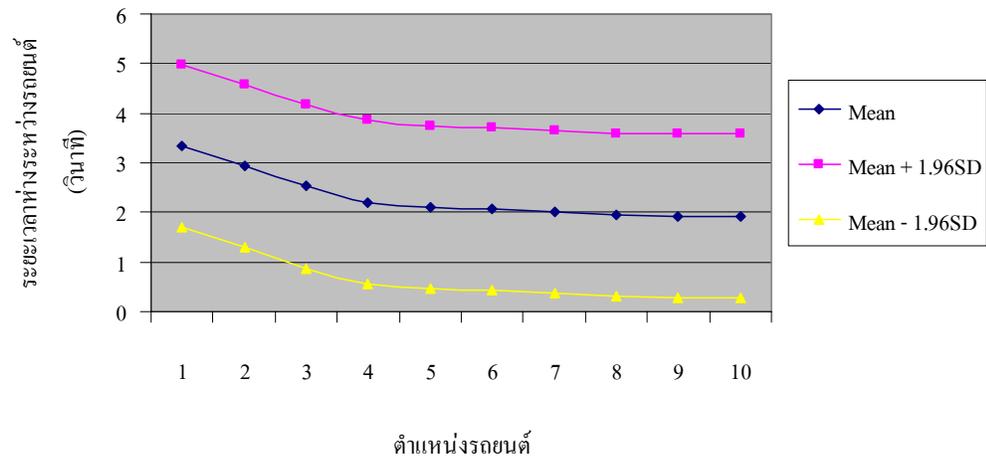
1. อัตราการไหลอ้อมตัวของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

การศึกษาอัตราการไหลอ้อมตัวของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ณ ทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลานั้นทำการศึกษาที่ความกว้างช่องจราจร 3.00 และ 3.30 เมตร เก็บข้อมูลช่วงเวลาอากาศแจ่มใส และพิจารณาเฉพาะข้อมูลในรอบสัญญาณไฟจราจรช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาและปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา การเก็บข้อมูลสัญญาณไฟอย่างน้อย 7 คันแรกของแถวคอยในช่องทางที่ทำการศึกษา ประกอบไปด้วยรถยนต์นั่งส่วนบุคคลซึ่งรวมรถตู้และรถปิ๊กอัพขนาด 1 คัน ช่วงที่เกิดอัตราการไหลอ้อมตัวของระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ (Saturation Headway) คือ ตั้งแต่รถยนต์คันที่ 4 ถึงคันที่ 10 ในแถวคอย ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษา 4 กรณีดังแสดงในตารางที่ 7 ที่มีตัวอย่างไม่น้อยกว่า 30 ตัวอย่าง กล่าวคือ

ตารางที่ 7 กรณีการศึกษาอัตราการไหลอ้อมตัวของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

กรณีศึกษาที่	ลักษณะสัญญาณไฟจราจร	ความกว้างช่องจราจร (เมตร)
1	ปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา	3.00
2	เปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา	3.00
3	ปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา	3.30
4	เปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา	3.30

กรณีที่ 1 ปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตรในช่วงรถยนต์นั่งส่วนบุคคลคันที่ 4 ถึง 10 พบว่ามีค่าระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ลดลงเป็นลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 15 และตารางที่ 8 จากตำแหน่งรถยนต์ก่อนข้างคองที่ตั้งแต่วินาทีที่ 4 เป็นต้นไป ซึ่งค่าเฉลี่ยของระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ตั้งแต่คันที่ 4 ถึงคันที่ 10 มีค่าเท่ากับ 2.02 วินาทีและค่าอัตราการไหลอ้อมตัวของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลมีค่าเท่ากับ 1780 คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคลต่อชั่วโมงเวลาไฟเขียว

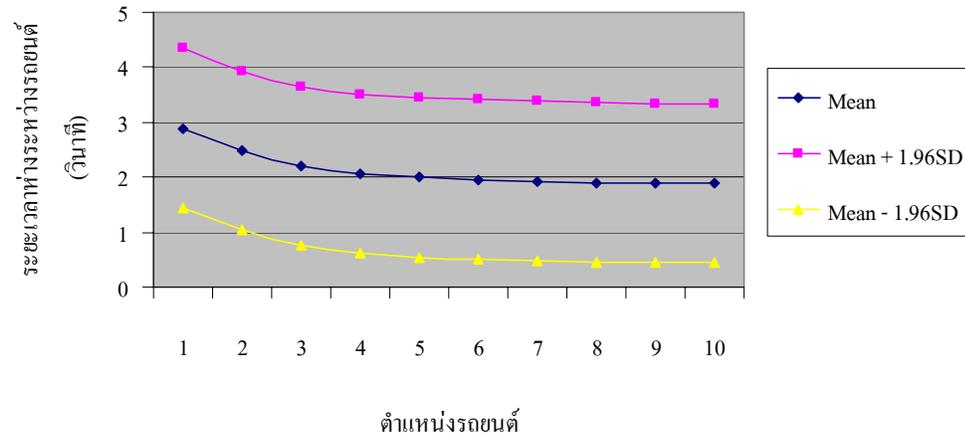


ภาพที่ 15 ระยะเวลาห่างระหว่างรถหยุดเฉลี่ย กรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร

ตารางที่ 8 ระยะเวลาห่างระหว่างรถหยุดเฉลี่ย กรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร

ตำแหน่งในแถวคอย	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ค่าเฉลี่ย (วินาที)	3.34	2.95	2.53	2.21	2.14	2.07	2.02	1.96	1.88	1.88
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.41	0.63	0.69	0.57	0.65	0.59	0.53	0.51	0.55	0.46

กรณีที่ 2 เปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร ซึ่งค่าเฉลี่ยของระยะเวลาห่างระหว่างรถหยุดตั้งแต่คันที่ 4 ถึงคันที่ 10 ดังแสดงในภาพที่ 16 และตารางที่ 9 มีค่าเท่ากับ 1.96 วินาทีและค่าอัตราการไหลอิมิตัวของรถหยุดนี้ส่วนบุคคลมีค่าเท่ากับ 1833 คัน/รถหยุดนี้ส่วนบุคคลต่อชั่วโมงเวลาไฟเขียว

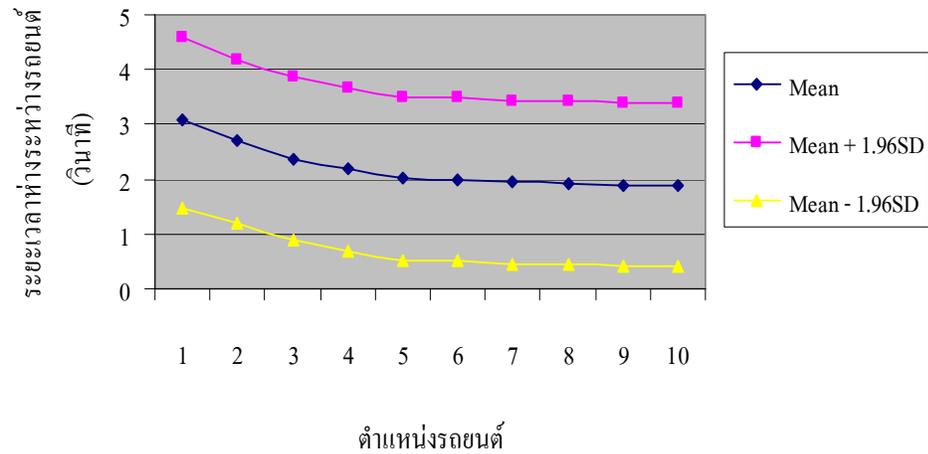


ภาพที่ 16 ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์เฉลี่ย กรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร

ตารางที่ 9 ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์เฉลี่ย กรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร

ตำแหน่งในแถวคอย	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ค่าเฉลี่ย (วินาที)	2.89	2.48	2.36	2.06	2.20	1.96	1.94	1.83	1.96	1.80
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.87	0.73	0.81	0.56	0.66	0.69	0.66	0.52	0.54	0.49

กรณีที่ 3 ปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร ซึ่งค่าเฉลี่ยของระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ตั้งแต่คันที่ 4 ถึงคันที่ 10 ดังแสดงในภาพที่ 17 และตารางที่ 10 มีค่าเท่ากับ 1.95 วินาทีและค่าอัตราการใช้รถคันต่อชั่วโมงของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลมีค่าเท่ากับ 1840 คัน รถยนต์นั่งส่วนบุคคลต่อชั่วโมงเวลาไฟเขียว

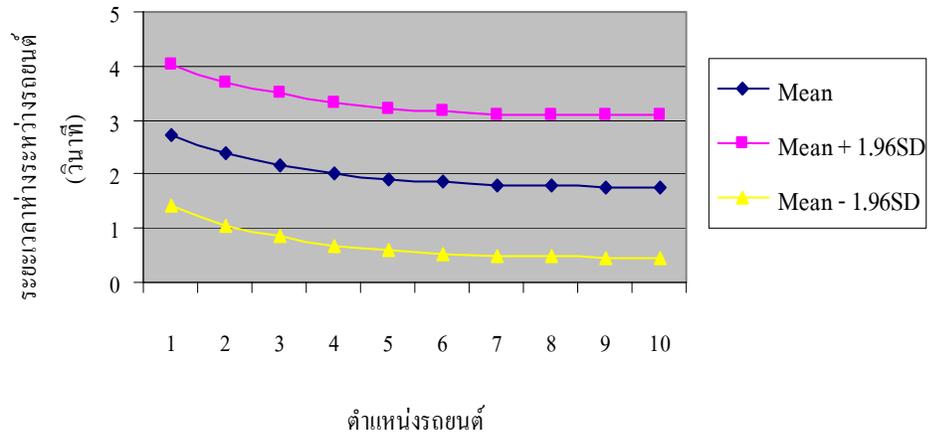


ภาพที่ 17 ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์เฉลี่ย กรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร

ตารางที่ 10 ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์เฉลี่ย กรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร

ตำแหน่งในแถวคอย	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ค่าเฉลี่ย (วินาที)	3.09	2.69	2.44	2.18	1.86	2.02	1.99	1.94	1.81	1.87
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.84	0.66	0.72	0.74	0.45	0.62	0.56	0.68	0.58	0.59

กรณีที่ 4 เปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร ซึ่งค่าเฉลี่ยของระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ตั้งแต่คันที่ 4 ถึงคันที่ 10 ดังแสดงในภาพที่ 18 และตารางที่ 11 มีค่าเท่ากับ 1.89 วินาทีและค่าอัตราการใช้รถของรถยนต์นั้นส่วนบุคคลมีค่าเท่ากับ 1910 คันรถยนต์นั้นส่วนบุคคลต่อชั่วโมงเวลาไฟเขียว



ภาพที่ 18 ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์เฉลี่ย กรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร

ตารางที่ 11 ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์เฉลี่ย กรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร

ตำแหน่งในแถวคอย	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ค่าเฉลี่ย (วินาที)	2.73	2.38	2.26	2.15	1.98	1.87	1.94	1.83	1.67	1.74
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.87	0.63	0.72	0.53	0.56	0.54	0.57	0.45	0.48	0.46

จากผลการศึกษการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาที่ความกว้างช่องจราจร 3.00 และ 3.30 เมตร แสดงให้เห็นว่าในช่วงรถยนต์นั่งส่วนบุคคลคันที่ 4 ถึงคันที่ 10 พบว่ามีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ลดลงกว่าการปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาที่ความกว้างช่องจราจร 3.00 และ 3.30 เมตร เมื่อเปรียบเทียบที่ความกว้างช่องจราจรที่เท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ ณ ทางแยกติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา

	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4
จำนวนรอบสัญญาณไฟจราจร	70	70	70	70
ลักษณะสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา	ปิด	เปิด	ปิด	เปิด
ความกว้างช่องจราจร (เมตร)	3.00	3.00	3.30	3.30
ค่าเฉลี่ยระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ (วินาที)	2.02	1.96	1.95	1.89
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.84	0.74	0.76	0.67
อัตราการไหลอิมตัว (คันต่อชั่วโมงไฟเขียว)	1780	1833	1840	1910

จะเห็นได้ว่าค่าอัตราการไหลอิมตัวของรถยนต์ในส่วนบุคคลเมื่อเปรียบเทียบความกว้างช่องจราจรที่เท่ากันในช่วงเวลาปิดและเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลานั้นมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ทำการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบแน่ชัดว่าการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา มีผลต่ออัตราการไหลอิมตัวหรือไม่ โดยอาศัยวิธีการวิเคราะห์ t-test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยทำการเปรียบเทียบที่ความกว้างช่องจราจรที่เท่ากันระหว่างเวลาปิดกับเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลอิมตัวรถยนต์ในส่วนบุคคล ช่วงเวลาปิดและเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา โดยวิธี t-test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Comparison Count - Down signalized intersection.	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
case 1 – case 2	.0587	.29913	.03575	-.0126	.1300	1.642	69	.105
case 3 – case 4	.0719	.31324	.03744	-.0028	.1465	1.919	69	.059

จากตารางที่ 13 ผลการเปรียบเทียบ กรณีที่ 1 กับกรณีที่ 2 และกรณีที่ 3 กับกรณีที่ 4 ได้ค่า sig. มีค่าเท่ากับ 0.105 และ 0.059 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จากการวิเคราะห์พบว่า การเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาไม่มีนัยสำคัญต่ออัตราการไหลอิมตัวรถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เวลาสูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

การศึกษาเวลาการสูญเสียเริ่มต้นทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลานั้น ทำการศึกษา 4 กรณีดังตารางที่ 7 จากการสำรวจและการคำนวณโดยใช้สมการที่ 8 พบว่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเป็นไปดังตารางที่ 14 และ 15

ตารางที่ 14 เวลาสูญเสียเริ่มต้น ณ ทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร

สัญญาณไฟแบบแสดงเวลา	จำนวนรอบสัญญาณไฟ	ค่าเฉลี่ยเวลาสูญเสียเริ่มต้น (วินาที)
ปิด	70	2.79
เปิด	70	1.85

ตารางที่ 15 เวลาสูญเสียเริ่มต้น ณ ทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร

สัญญาณไฟแบบแสดงเวลา	จำนวนรอบสัญญาณไฟ	ค่าเฉลี่ยเวลาสูญเสียเริ่มต้น (วินาที)
ปิด	70	2.31
เปิด	70	1.77

จากตารางที่ 14 และ 15 ทำการวิเคราะห์เพื่อทราบให้แน่ชัดว่าการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลามีผลต่อเวลาสูญเสียเริ่มต้นหรือไม่ โดยการวิเคราะห์ด้วย t-test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 16 ผลการเปรียบเทียบการปิดและเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาที่ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร และการเปรียบเทียบการปิดและเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาที่ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร พบว่า sig. มีค่าเท่ากับ 0.001 และ 0.020 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า

น้อยกว่า 0.05 จากการวิเคราะห์พบว่า การเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลามีนัยสำคัญต่อเวลาสูญเสียเริ่มต้นที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบเวลาสูญเสียเริ่มต้น ช่วงเวลาปิดและเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา โดยวิธี t-test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Comparison Count - Down signalized intersection.	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
case 1 – case 2	.9306	2.22544	.26599	.3999	1.4612	3.499	69	.001
case 3 – case 4	.5440	1.91878	.22934	.0865	1.0015	2.372	69	.020

จากการศึกษาพบว่าเวลาการสูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลในกรณีที่เปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลามีค่าต่ำกว่ากรณีการปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาจากตารางที่ 14 การเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ค่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นลดลง 0.94 วินาที หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาสามารถลดเวลาการสูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลได้ประมาณร้อยละ 33 และจากตารางที่ 15 ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตรการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาค่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นลดลง 0.54 วินาที หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาสามารถลดเวลาการสูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลได้ประมาณร้อยละ 23 ทั้งนี้เนื่องจากการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาทำให้ผู้ขับขี่สามารถตอบสนองในการเร่งความเร็วขดยานให้เคลื่อนที่ออกจากทางแยกได้เร็วขึ้น

3. ความเร็วรถยนต์บริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจร

จากการสำรวจทางแยกสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาในช่วงเวลาไฟเหลืองและช่วงเวลาก่อนสัญญาณไฟเหลือง 10 วินาที พบว่าความเร็วของรถยนต์วิ่งผ่านทางแยกในช่วงเวลาปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาและเปิดสัญญาณไฟแบบแสดงเวลาเป็นดังแสดงในตารางที่ 17 และ 18

ตารางที่ 17 ความเร็วรถยนต์บริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาช่วงเวลาไฟเหลือง

ลักษณะสัญญาณไฟ จราจรแบบแสดงเวลา	ความเร็วต่ำสุด (กม./ชม.)	ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)	ความเร็วสูงสุด (กม./ชม.)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ปิด	33	55	92	9.69
เปิด	30	47	74	7.66

จากตารางที่ 17 การเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์ กรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลามีค่าความเร็วเฉลี่ยต่ำกว่ากรณีปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา เท่ากับ 8 กม./ชม. หรือสามารถลดความเร็วเฉลี่ยได้ร้อยละ 15 และนอกจากนั้นการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลานั้นความเร็วสูงสุดที่รถยนต์วิ่งผ่านทางแยกไม่เกินความเร็วสูงสุดตามข้อกำหนดในพระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522 ซึ่งแสดงในตารางที่ 5 แต่ในกรณีปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลานั้นความเร็วสูงสุดที่รถยนต์วิ่งผ่านทางแยกใช้ความเร็วเกินข้อกำหนดที่แสดงในพระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522 ตามตารางที่ 5 ดังนั้นการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาสามารถควบคุมความเร็วรถยนต์ที่วิ่งผ่านทางแยกในขณะที่สัญญาณไฟจราจรแสดงไฟเหลืองไม่ให้เกินข้อกำหนดได้

ตารางที่ 18 ความเร็วรถยนต์บริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาช่วงเวลาก่อนสัญญาณไฟเหลือง 10 วินาที

ลักษณะสัญญาณไฟ จราจรแบบแสดงเวลา	ความเร็วต่ำสุด (กม./ชม.)	ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)	ความเร็วสูงสุด (กม./ชม.)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ปิด	35	56	90	9.57
เปิด	38	61	102	11.78

จากตารางที่ 18 ทำการเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์เคลื่อนที่ผ่านทางแยกช่วงเวลา 10 วินาทีก่อนแสดงสัญญาณไฟเหลือง พบว่ากรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลามีค่าความเร็วเฉลี่ยสูงกว่ากรณีปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา เท่ากับ 5 กม./ชม. และการใช้ความเร็วของรถยนต์ที่เคลื่อนที่ผ่านทางแยกมีการใช้ความเร็วเกินข้อกำหนดในพระราชบัญญัติ

จราจรทางบก พ.ศ. 2522 ตารางที่ 5 ทั้ง 2 กรณี และค่าความเร็วต่ำสุดและสูงสุดกรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลามีค่าสูงกว่ากรณีปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาด้วย

ทำการวิเคราะห์การศึกษาความเร็วเมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาปิดและเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาโดยทำการวิเคราะห์ด้วย t-test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 19 และ 20 ผลการเปรียบเทียบ พบว่า sig. มีค่าเท่ากับ 0.005 และ 0.011 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จากการวิเคราะห์พบว่า การเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลามีนัยสำคัญต่อความเร็วขณะสัญญาณไฟจราจรแสดงไฟเหลืองและช่วงเวลาก่อนสัญญาณไฟเหลือง 10 วินาทีที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบความเร็วขณะสัญญาณไฟจราจรแสดงไฟเหลือง ช่วงเวลาปิดและเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา โดยวิธี t-test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Comparison Count -Down signalized intersection.	Paired Differences					t	df	Sig. 2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
On - Off	8.2838	12.40003	.58455	7.1350	9.4326	14.171	449	.005

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบความเร็วขณะสัญญาณไฟจราจรช่วงเวลาก่อนสัญญาณไฟเหลือง 10 วินาที ช่วงเวลาปิดและเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา โดยวิธี t-test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Comparison Count -Down signalized intersection.	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
On - Off	4.2489	15.13651	.71354	2.8466	5.6512	5.955	449	.011

4. การฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร

จากการสำรวจการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรนั้นทำการศึกษา 2 กรณี คือ กรณีปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา และกรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาพบว่าการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรดังแสดงในตารางที่ 21 และ 22

ตารางที่ 21 การฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา โดยแสดงรายละเอียดตามประเภทของขบวนการ

ลักษณะสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา	จำนวนรอบสัญญาณไฟจราจร	รถจักรยานยนต์ (คัน)	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล (คัน)	รถโดยสารประจำทาง (คัน)
ปิด	150	71	367	21
เปิด	150	47	251	7

จากตารางที่ 21 ทำการเปลี่ยนหน่วยรถจักรยานยนต์และรถโดยสารประจำทางให้เทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล โดยใช้ค่า หน่วยเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคลของรถจักรยานยนต์ที่ทางแยกสัญญาณไฟจราจรเท่ากับ 0.33 หน่วยเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคลของรถโดยสารประจำทางที่ทางแยกสัญญาณไฟจราจรเท่ากับ 2.25 (ยอดพล, 2524) เมื่อทำการเปลี่ยนหน่วยเรียบร้อยแล้วได้จำนวนขบวนการที่ฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร ช่วงเวลาปิดและเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาเท่ากับ 437 และ 282 คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคลต่อรอบสัญญาณไฟจราจร ตามลำดับ

ตารางที่ 22 การฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา

ลักษณะสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา	จำนวนรอบสัญญาณไฟจราจร	จำนวนรอบที่ไม่มี การฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร	จำนวนรถฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรเฉลี่ย (คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคล/รอบสัญญาณไฟจราจร)	ร้อยละการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร
ปิด	150	11	2.91	93
เปิด	150	42	1.88	72

จากตารางที่ 22 แสดงให้เห็นว่าการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรนั้น ช่วงเวลาปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาที่มีการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรถึงร้อยละ 93 แต่หลังจากเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาที่มีการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรร้อยละ 72 แสดงให้เห็นว่าหลังเปิดใช้สัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาสามารถลดการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรได้ร้อยละ 21

เมื่อทำการวิเคราะห์การศึกษาถึงการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรเมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาปิดและเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาโดยทำการวิเคราะห์ด้วย t-test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 23 ผลการเปรียบเทียบ พบว่า sig. มีค่าเท่ากับ 0.013 มีค่าน้อยกว่า 0.05 จากการวิเคราะห์พบว่า การเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลามีนัยสำคัญต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟแดงที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทั้งนี้เนื่องจากการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาทำให้ผู้ขับขี่ที่ผ่านทางแยกลดความเร็วลงขณะสัญญาณไฟจราจรแสดงไฟเหลือง ทำให้ผู้ขับขี่รับรู้ว่าอีกกี่วินาทีจะเป็นสัญญาณไฟแดงเมื่อผู้ขับขี่รู้ว่าไม่สามารถผ่านทางแยกได้ทันเวลาที่จะลดความเร็วลงและสามารถหยุดรถได้ก่อนสัญญาณไฟแดงจะแสดงขึ้น ดังนั้นจึงทำให้การฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรลดลง

ตารางที่ 23 การเปรียบเทียบการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร ช่วงเวลาปิดและเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา โดยวิธี t-test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Comparison Count - Down signalized intersection.	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
On - Off	1.0000	2.62921	.21467	.5758	1.4242	4.658	149	.013

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. อัตราการไหลอิมพัลส์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

การศึกษาอัตราการไหลอิมพัลส์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลนี้ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบถึงการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาที่ความกว้างช่องจราจร 3.00 และ 3.30 เมตรอยู่ในช่วงของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลคันที่ 4 ถึงคันที่ 10 โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 4 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตรมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ (Time Headway) เป็น 2.02 วินาที และค่าอัตราการไหลอิมพัลส์มีค่าเท่ากับ 1780 คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคลต่อชั่วโมงเวลาไฟเขียว

กรณีที่ 2 เปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตรมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ (Time Headway) เป็น 1.96 วินาที และค่าอัตราการไหลอิมพัลส์มีค่าเท่ากับ 1833 คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคลต่อชั่วโมงเวลาไฟเขียว

กรณีที่ 3 ปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตรมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ (Time Headway) เป็น 1.95 วินาที และค่าอัตราการไหลอิมพัลส์มีค่าเท่ากับ 1840 คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคลต่อชั่วโมงเวลาไฟเขียว

กรณีที่ 4 เปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตรมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ (Time Headway) เป็น 1.89 วินาที และค่าอัตราการไหลอิมพัลส์มีค่าเท่ากับ 1910 คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคลต่อชั่วโมงเวลาไฟเขียว

ซึ่งจะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์จะมีค่าลดลง และค่าอัตราการไหลอิมพัลส์ของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเพิ่มมากขึ้น เมื่อมีการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาที่ความกว้างช่องจราจรมีขนาดเท่ากัน เมื่อทำการเปรียบเทียบกรณีที่ 1 กับกรณีที่ 2 และ กรณีที่ 3 กับกรณีที่ 4 แสดงให้เห็นว่าการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาสามารถเพิ่มอัตราการไหลอิมพัลส์ของ

รถยนต์นั่งส่วนบุคคลได้เพียงร้อยละ 2.89 และ 3.67 เท่านั้น ดังนั้นจากการศึกษาสรุปได้ว่าการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาไม่มีนัยสำคัญต่ออัตราการไหลอ้อมตัว

2. เวลาสูญเสียเริ่มต้นรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

การศึกษาเวลาสูญเสียเริ่มต้นรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ณ ทางแยกติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลานั้น ทำ การศึกษารถยนต์นั่งส่วนบุคคลในช่วงคันที่ 1 ถึงคันที่ 3 โดยการศึกษาแบ่งออกเป็น 4 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร มีค่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเป็น 2.79 วินาที

กรณีที่ 2 เปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร มีค่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเป็น 1.85 วินาที

กรณีที่ 3 ปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร มีค่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเป็น 2.31 วินาที

กรณีที่ 4 เปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร มีค่าเวลาสูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเป็น 1.77 วินาที

ซึ่งจะเห็นว่าเวลาการสูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลจะมีค่าลดลงเมื่อทำการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ที่ความกว้างช่องจราจรมีขนาดเท่ากัน เมื่อทำการเปรียบเทียบกรณีที่ 1 กับกรณีที่ 2 และ กรณีที่ 3 กับกรณีที่ 4 นั้นแสดงให้เห็นว่าการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาสามารถลดระยะเวลาสูญเสียเริ่มต้นได้ร้อยละ 33 และ 23 ตามลำดับ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา มีนัยสำคัญต่อเวลาสูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

3. ความเร็วบริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจร

การศึกษาความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่วิ่งผ่านทางแยก ในกรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาและกรณีปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ในขณะที่สัญญาณไฟจราจรแสดงไฟเหลืองในการเก็บข้อมูลความเร็วรถที่วิ่งผ่านทางแยก การศึกษาพบว่า ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลามีค่าความเร็วสูงสุด ความเร็วเฉลี่ย และความเร็วต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 74.47 และ 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลาปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลามีค่าความเร็วสูงสุด ความเร็วเฉลี่ย และความเร็วต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 92.55 และ 33 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ดังนั้นสรุปได้ว่าการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาสามารถลดความเร็วรถที่วิ่งผ่านทางแยกในช่วงเวลาสัญญาณไฟเหลือง และความเร็วสูงสุดที่รถวิ่งผ่านทางแยกเกินข้อกำหนดในพระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522 ได้

การศึกษาความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่วิ่งผ่านทางแยก ในช่วงเวลาก่อนสัญญาณไฟจราจรแสดงไฟเหลือง 10 วินาที ผลการศึกษาพบว่าช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลามีค่าความเร็วเฉลี่ยสูงกว่าในช่วงเวลาปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การใช้ความเร็วสูงสุดรถยนต์ที่วิ่งผ่านทางแยกเกินพระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522 ทั้ง 2 กรณี และการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาพบว่ามีค่าความเร็วที่เคลื่อนที่ผ่านทางแยกสูงกว่ากรณีปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ดังนั้นจากการศึกษาสรุปได้ว่าการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลารถยนต์ใช้ความเร็วสูงเคลื่อนที่ผ่านทางแยกช่วงเวลาก่อนสัญญาณไฟเหลือง 10 วินาที

การเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาสามารถลดความเร็วรถที่วิ่งผ่านทางแยกในช่วงเวลาสัญญาณไฟเหลืองได้ แต่ช่วงเวลาก่อนสัญญาณไฟเหลือง 10 วินาทีทำให้ความเร็วรถยนต์ที่เคลื่อนที่ผ่านทางแยกมีค่าเพิ่มขึ้นสรุปได้ว่าการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลามีนัยสำคัญต่อความเร็วรถยนต์ที่วิ่งผ่านทางแยกทั้งสองกรณี

4. การฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร

จากการรวบรวมข้อมูลจำนวน 150 รอบสัญญาณไฟจราจร กรณีเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลามีการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรร้อยละ 72 ส่วนการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรสูงสุด 7 คันต่อ

รอบสัญญาณไฟจราจร และการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรเฉลี่ยเท่ากับ 1.88 คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ต่อรอบสัญญาณไฟจราจร ในกรณีปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลามีการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรร้อยละ 93 ส่วนการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรสูงสุดเท่ากับ 8 คันต่อรอบสัญญาณไฟจราจร และการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรเฉลี่ยเท่ากับ 2.91 คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคลต่อรอบสัญญาณไฟจราจร จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าการเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลามีนัยสำคัญต่อการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรได้

การศึกษาพบว่า การเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลาส่งผลให้พฤติกรรมการขับขี่ การฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรลดลง ความเร็วรถยนต์ที่ผ่านทางแยกขณะสัญญาณไฟจราจรแสดงไฟเหลืองมีค่าความเร็วเฉลี่ยลดลง แต่ความเร็วในช่วงเวลาก่อนสัญญาณไฟจราจรแสดงไฟเหลือง 10 วินาทีมีค่าความเร็วเฉลี่ยสูงขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถลดเวลาสูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์ที่เคลื่อนที่ผ่านทางแยกได้ แต่ไม่มีผลต่อค่าอัตราการไหลอ้อมตัว

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ ได้ทำการศึกษาเฉพาะทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา วันจันทร์ถึงวันศุกร์ ช่วงเวลา 9.00 – 15.00 นาฬิกา ทางแยกอยู่แนวราบ ความกว้างช่องจราจร 3.00 และ 3.30 เมตร ในทิศทางตรง ศึกษาเฉพาะทางแยกในกรุงเทพมหานครเท่านั้น ซึ่งผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้หวังว่าจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นพื้นฐานของงานวิจัยต่อไป โดยมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. ทำการศึกษาทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา ในเวลาช่วงโมงเร่งด่วน วันจันทร์ถึงวันศุกร์ และทำการศึกษาในช่วงเวลากลางคืน
2. ทำการศึกษาโดยพิจารณาถึงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรว่ามีผลอย่างไรต่อพฤติกรรมรถขับขี่ และพิจารณาถึงผลกระทบของจำนวนรถจักรยานยนต์ในช่องจราจร
3. ทำการศึกษาในปีจยอื่น ๆ เช่น สภาพอากาศ ถนนที่ระดับความลาดชันต่าง ๆ ช่องจราจรทิศทางอื่นนอกจากทิศทางตรง และถนนเข้าสู่ทางแยกช่วงทางโค้ง บริเวณทางแยกบนถนนสายประธานหรือบนถนนประเภทอื่น ๆ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ครรชิต พิวนวล. 2526. การศึกษาความจุของการจรรยาที่ทางแยกสัญญาณไฟจราจรใน กรุงเทพมหานคร. โครงการวิจัยเลขที่ 56-GER-2523. สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะ วิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จาดุรนต์ ณะสมบุรณ์. 2527. แบบจำลองการไหลอ้อมตัวของการจรรยาที่ทางแยกควบคุมสัญญาณ ไฟในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ชวลช วนิชเวทิน. 2545. ทฤษฎีทางพฤติกรรมจราจร. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะ วิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)
- ธีระพล อรุณะกสิกร. 2538. พระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522. ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์วิญญู ชน จำกัด, กรุงเทพฯ.
- ปณัส พุกโพธิ์. 2542. การควบคุมสัญญาณไฟในสภาพจราจรอ้อมตัวและเปลี่ยนแปลงตามเวลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พงษ์ศักดิ์ สุริยวานากุล. 2545 ก. การดำเนินงาน และการควบคุมวิศวกรรมจราจร. ภาควิชาวิศวกรรม โยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)
- พงษ์ศักดิ์ สุริยวานากุล. 2545 ข. คู่มือการศึกษาการจราจร. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะ วิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)
- วินัย รักสุนทร. 2547 ก. ค่าเวลาการสูญเสียเริ่มต้นรวมของการเคลื่อนตัวและค่าอัตราการไหล อ้อมตัวของรถจักรยานยนต์สำหรับทางแยกที่ควบคุมสัญญาณไฟจราจร, TRP 72-77. การ ประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 9, กรุงเทพฯ.
- วิลาลินี ทวีเลิศ. 2545. ผลกระทบของรถจักรยานยนต์ต่ออัตราการไหลอ้อมตัวของรถยนต์นั่งส่วน บุคคลในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- สุนาริน จันทะ. 2545. การศึกษาช่วงห่างรอบบริเวณทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร: กรณีศึกษา กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Chien, C. and C. Chin. 1978. **Saturation Flow at Signal Controlled Intersections in Bangkok.** M.S. thesis, Asian Institute of Technology., Bangkok.
- Coifman, B. and M. Cassidy. 1997. Improved Vehicle-Actuated Traffic Signal Control. **Intellomotion.** 7: 4-7.
- Garber, N. J. and L. A. Hoel. 1996. **Traffic and highway engineering.** 2nd ed. United States of America.
- Gartner, N. H. and D. L. Hou. 1992. Comparative Evaluation of Alternative Traffic Control Strategies. **Transport Research Record.** 906: 75-81.
- Gazis, D. C. and R. B. Potts. 1963. The oversaturated Intersection. **In Proc 2nd International Symposium on the theory of Traffic Flow.** London.
- Gray, B. M., and L. Ibbetson. 1991. Operation Traffic Control Strategies for Congestion. **Traffic Engineering and Control.** 32: 60-66.
- Ibrahim, M. R., F. A. Kidwai and M. R. Karim. 2005. Traffic Flow Analysis of Digital Count Down Signalized Urban Intersection. **Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies.** 5: 1301-1308.
- Longley, D. A. 1968. Control Strategies for a Congested Computer-Controlled Traffic Network. **Transport Research.** 2: 391-408.
- Hansen, B. G. and P. T. Martin. 1997. Traffic signal design improvements: Queue detector location for permitted/protected traffic signal phasing. **Journal of Undergraduate Research.** 8: 265-271.

- McShane, W. R., R. P. Roess and E. S. Prassas. 1998. **Traffic engineering**. 2nd ed. New Jersey : Prentice-Hall.
- Masuda, N. 1987. **Traffic Control at At-Grade Intersection JICA Export in Traffic Engineering**. Traffic Engineering Office. Department of Highways. Ministry of transport and Communications. Thailand.
- Nguyen, G. H. 1999. **Analysis of Motorcycle Effect on Saturation Flow Rate in Hanoi, Vietnam**. M.S. thesis, Asian Institute of Technology., Bangkok.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. 1981. **Traffic Control in Saturated Conditions**. Paris : Road Research.
- Park, Y. J. and F. F. Saccomano. 2005. Evaluating Speed Consistency between Successive Elements of a Two Lane Rural Highway. **Forthcoming Transportation Part A**.
- Pignataro, L. J. 1978. Traffic Control Oversaturated Street Networks. **National Cooperative Highway Research Program Report 194**. Transport Research Board. Washington D.C.: National Research Council.
- Quinn, D. J. 1992. A Review of Queue Management Strategies. **Traffic Engineering and Control**. 11: 600-605.
- Tan, K. F. 1991. **Analysis of Saturation Flow Rate in Bangkok**. M.S. thesis, Asian Institute of Technology., Bangkok.
- Taweasilp, S. 1998. **Development of a Delay Formula and an Optimal Cycle Time Formula for Isolated Pre-Signalized Intersections in Bangkok, Thailand**. M.S. Thesis. Asian Institute of Technology., Bangkok.
- Transport Research Board. 1994. **Highway Capacity Manual. Special Report 209. Third Edition**. National Research Council. Washington, D.C., USA.

Webster, F. V. 1969. Traffic Signal Settings. **Road Research Technical Paper No. 39.**

London: Department of Scientific and Industrial Research Road Research Laboratory.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

ตารางผนวกที่ ก1 ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (headway) วินาที ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร (ช่วงเวลาปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)

รอบที่	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ (headway) วินาที									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.19	2.51	1.90	2.47	3.31	2.79	3.16	1.39	2.97	1.96
2	2.65	2.34	3.50	1.71	2.72	1.89	1.70	2.96	2.29	2.01
3	4.50	3.45	3.31	1.61	1.29	1.83	1.31	2.87	2.93	2.15
4	3.91	3.21	2.05	2.31	1.78	1.81	1.59	1.93	1.52	1.98
5	3.82	3.45	2.59	2.46	1.35	1.59	1.64	1.29	2.01	1.18
6	3.49	3.15	2.93	3.19	2.94	1.87	2.66	1.69	1.25	1.78
7	4.13	1.89	2.56	3.06	1.95	2.49	1.80	1.30	1.45	1.87
8	4.71	3.31	3.25	1.43	2.21	2.19	2.93	2.25	2.08	1.97
9	2.57	2.93	2.38	1.75	2.43	2.48	1.87	2.49	1.57	2.65
10	1.56	3.25	2.71	1.68	1.35	2.47	3.06	2.87	1.69	1.87
11	5.29	3.02	2.65	3.19	1.20	2.07	1.67	1.40	2.30	1.97
12	4.67	3.12	3.21	2.30	1.87	1.62	1.27	1.70	2.65	1.89
13	6.31	1.64	1.29	2.10	1.60	2.05	2.40	1.95	2.10	1.97
14	2.01	2.76	2.50	2.67	1.87	2.18	2.65	2.30	1.87	1.64
15	0.95	2.37	2.31	2.50	1.98	3.65	3.61	1.54	2.12	1.09
16	2.01	2.56	3.96	2.14	1.61	1.21	1.98	1.80	2.54	2.09
17	5.45	2.06	2.34	1.37	2.90	1.45	1.78	1.83	2.19	2.13
18	3.28	2.35	1.60	1.96	2.43	1.97	1.30	1.47	2.08	3.16
19	1.20	2.31	2.18	1.49	1.80	1.90	2.18	1.86	2.03	2.30
20	1.50	4.09	2.01	1.43	1.50	1.86	2.07	1.66	1.97	1.91
21	4.90	2.87	1.50	3.50	1.36	2.04	1.37	1.39	1.53	1.41
22	0.69	3.01	2.71	3.03	2.41	1.90	1.68	3.00	2.10	1.87
23	4.58	2.79	2.21	1.91	1.18	3.01	1.67	1.47	1.30	1.79
24	3.70	3.10	2.11	1.67	2.47	1.70	2.31	2.10	1.50	2.47
25	3.47	3.00	2.15	2.79	1.50	2.61	1.66	1.78	2.59	3.01
26	2.69	3.45	2.71	1.68	2.10	1.74	1.61	1.97	3.11	2.5
27	1.62	2.28	1.63	1.68	2.97	3.6	1.61	1.78	1.90	2.07
28	4.10	4.50	2.19	2.10	2.71	2.26	1.70	2.01	2.87	2.11
29	5.41	3.4	2.1	1.53	1.57	1.97	1.60	1.60	1.43	1.56

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

รอบที่	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ (headway) วินาที (ต่อ)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	2.66	1.97	2.5	2.34	2.99	1.90	3.10	1.07	1.67	1.69
31	5.92	3.67	1.76	1.81	2.50	1.45	1.50	3.07	1.21	1.37
32	2.85	2.43	3.21	3.01	2.85	1.74	2.47	1.75	1.62	1.22
33	2.00	3.16	2.17	1.80	3.12	1.40	2.01	2.77	1.50	1.87
34	5.11	2.07	2.85	2.63	1.37	3.09	1.16	1.40	1.50	1.89
35	1.27	3.67	2.05	1.88	1.79	2.00	2.49	1.72	1.87	1.50
36	2.49	3.77	2.61	1.98	2.21	1.97	2.10	1.59	1.97	2.1
37	1.97	3.06	2.67	1.64	2.07	1.79	2.09	2.78	1.87	1.60
38	3.42	3.70	2.31	1.47	2.00	3.11	2.23	1.31	1.97	1.86
39	2.31	3.01	1.40	2.07	2.31	1.99	1.70	1.98	0.99	1.87
40	2.97	2.22	3.87	2.01	3.11	2.22	1.99	2.19	1.45	1.29
41	3.00	3.21	2.07	1.71	1.60	2.51	1.81	1.43	3.00	1.88
42	4.11	3.90	3.00	2.01	1.59	1.60	3.01	2.19	1.67	2.22
43	3.00	3.58	3.54	2.21	2.37	1.87	1.90	2.67	1.44	2.01
44	4.27	3.10	2.50	1.99	1.97	2.93	2.01	2.01	2.98	1.84
45	1.33	2.65	3.09	2.01	3.00	1.67	2.18	1.79	1.16	1.97
46	1.54	3.97	2.71	2.39	1.58	1.63	1.81	2.82	1.09	1.67
47	5.41	2.73	2.11	1.39	3.07	1.29	2.08	1.56	1.79	2.00
48	2.28	4.15	2.97	2.66	3.54	2.66	2.22	2.11	1.97	1.40
49	3.93	2.73	2.06	1.87	2.21	1.43	1.48	1.62	1.21	1.22
50	3.71	2.33	4.11	3.15	1.22	1.79	1.88	1.72	3.07	1.06
51	3.61	2.4	3.00	2.60	2.44	2.01	1.87	1.99	1.21	1.22
52	3.22	3.49	1.74	1.95	1.48	2.32	1.90	1.11	1.60	1.67
53	0.97	4.02	2.11	3.56	3.00	2.10	2.22	1.70	1.76	1.84
54	1.97	3.30	3.00	2.78	2.16	3.33	2.94	2.10	1.87	1.66
55	2.85	2.43	3.82	3.00	2.07	1.76	2.47	1.75	1.12	1.63
56	4.55	1.87	2.05	2.61	3.51	1.47	1.17	1.60	1.81	1.57
57	3.34	3.68	4.06	2.17	1.16	1.79	2.87	2.16	1.09	2.78
58	4.44	3.11	2.01	1.96	2.47	2.22	1.84	1.76	2.07	1.99
59	5.62	2.75	2.67	1.82	2.34	3.10	1.53	1.73	1.05	2.97

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

รอบที่	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ (headway) วินาที (ต่อ)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
60	3.8	2.76	4.11	1.6	1.71	1.9	2.11	1.93	1.96	3.01
61	3.98	2.53	1.77	1.81	2.11	1.71	1.86	2.53	1.87	2.44
62	2.39	3.21	2.15	2.94	3.71	1.87	1.6	1.44	2.00	1.79
63	5.09	1.84	2.11	2.46	2.11	2.09	1.97	1.88	3.10	1.06
64	3.45	3.46	3.10	1.61	1.70	1.20	2.90	1.60	1.59	1.67
65	3.6	3.41	2.5	1.93	2.61	1.54	2.22	1.70	1.20	1.53
66	5.34	2.01	3.11	3.00	1.97	1.55	2.30	1.90	1.72	1.99
67	3.88	2.45	1.80	3.50	1.44	1.44	1.56	2.60	1.99	2.01
68	4.71	3.01	1.67	1.99	1.50	1.97	1.4	3.01	1.88	1.70
69	4.30	2.71	1.70	2.10	1.87	1.60	2.00	2.97	2.01	1.89
70	0.84	2.36	2.24	2.48	1.84	3.64	1.44	2.11	1.69	1.60
ค่าเฉลี่ย	3.34	2.95	2.53	2.21	2.14	2.07	2.02	1.96	1.88	1.88
SD.	1.41	0.63	0.69	0.57	0.65	0.59	0.53	0.51	0.55	0.46

Saturation Flow 1780 คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคลต่อชั่วโมงไฟเขียว

Average headway 2.02 วินาที

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.84

ตารางผนวกที่ ก2 ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (headway) วินาที ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร (ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)

รอบที่	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ (headway) วินาที									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.77	2.98	3.51	1.05	2.69	2.01	1.99	2.47	1.08	1.96
2	3.66	3.71	1.58	2.57	3.09	2.52	3.24	2.00	2.41	1.95
3	2.80	1.60	2.25	1.17	2.75	1.28	1.36	1.55	1.60	1.09
4	3.08	2.69	3.13	2.77	3.37	1.63	2.91	1.69	0.95	1.08
5	1.62	1.83	2.39	1.92	2.35	2.46	2.10	1.60	1.78	2.06
6	4.35	2.06	1.13	1.75	2.42	3.09	1.53	2.15	1.86	1.77
7	2.61	1.33	2.17	1.52	2.76	1.56	1.03	1.77	2.00	1.46
8	2.77	2.68	1.61	2.35	2.26	2.36	1.78	2.14	1.910	2.10
9	4.07	2.52	1.74	2.33	2.36	4.87	2.65	1.96	1.00	1.80
10	2.77	2.96	2.81	2.32	2.53	1.99	1.80	1.02	1.00	1.11
11	2.33	1.90	2.32	2.02	1.91	1.37	1.76	1.69	2.35	0.89
12	3.96	1.09	2.13	1.37	2.46	1.34	2.36	2.91	1.59	1.59
13	2.69	2.14	2.52	1.76	2.47	1.65	1.61	1.31	1.51	2.59
14	4.07	3.07	1.88	2.02	2.92	2.02	1.11	1.01	2.10	1.06
15	3.92	2.00	3.99	1.90	1.60	2.50	1.05	1.63	1.50	1.11
16	2.04	4.01	2.00	3.06	1.95	2.95	1.01	1.98	1.16	1.84
17	1.97	2.1	1.93	2.01	2.87	2.12	2.09	1.90	2.03	2.88
18	2.95	2.14	2.00	1.80	1.19	1.98	1.91	2.10	1.50	1.02
19	3.76	2.10	2.07	1.88	1.18	1.95	2.84	1.11	1.97	2.10
20	2.12	2.00	2.07	0.89	4.00	1.98	3.07	1.04	1.50	2.01
21	2.19	2.00	2.01	2.04	2.03	1.99	1.90	2.08	2.12	2.04
22	3.03	3.82	2.11	2.00	2.91	1.11	1.87	2.06	1.95	1.61
23	4.04	2.15	2.87	2.00	2.01	2.14	2.01	1.07	1.85	2.08
24	2.81	1.12	2.97	1.98	2.08	1.97	2.02	3.08	1.93	1.85
25	1.16	2.82	2.00	1.05	2.09	1.90	1.97	1.13	1.91	1.17
26	1.98	2.08	1.96	2.81	2.03	1.13	2.01	1.95	3.06	1.80
27	2.95	2.91	2.11	2.08	2.79	0.99	2.15	1.99	2.39	1.39
28	4.11	4.95	1.92	1.93	1.12	2.14	1.00	2.02	2.99	1.94
29	1.85	2.11	2.06	1.85	1.21	1.95	2.07	1.82	2.18	1.98

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

รอบที่	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ (headway) วินาที (ต่อ)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	2.98	3.03	2.99	2.02	1.91	2.03	1.15	2.8	1.13	2.97
31	2.08	3.06	1.85	2.01	3.18	1.84	1.14	1.04	1.92	1.94
32	3.11	1.92	1.06	2.83	1.15	1.98	2.96	2.92	1.97	1.21
33	1.91	2.07	2.81	2.89	2.2	1.06	1.98	2.04	1.89	1.88
34	2.78	3.19	2.97	2.82	2.1	2.02	2.1	1.95	2.91	2.01
35	2.89	2.06	2.00	2.93	1.19	1.86	1.19	0.99	1.56	1.91
36	2.02	2.12	2.85	3.03	1.99	1.96	1.50	1.66	2.01	1.11
37	2.12	2.85	2.00	2.93	2.93	1.20	2.89	1.92	1.99	1.63
38	2.99	1.99	1.10	1.89	1.23	2.76	2.13	1.94	2.00	1.99
39	4.93	2.09	1.98	2.02	1.92	1.99	2.99	2.12	1.93	2.10
40	2.01	3.11	2.15	1.98	2.85	2.94	2.54	2.45	0.99	1.95
41	2.12	2.88	3.01	2.02	2.12	2.06	2.05	2.55	1.99	1.99
42	2.09	1.13	2.83	3.09	1.86	2.99	2.11	2.09	3.01	2.22
43	3.95	2.47	3.56	2.07	2.81	2.13	2.84	1.20	2.80	1.99
44	2.15	2.83	5.15	1.79	2.20	2.84	1.05	1.08	1.89	1.52
45	4.93	2.96	2.93	2.50	2.60	1.11	1.01	2.03	1.13	1.97
46	2.59	1.18	3.78	3.23	2.95	2.00	2.98	0.96	1.01	1.11
47	4.07	2.04	2.00	2.00	1.93	1.10	2.84	2.15	2.96	1.60
48	2.00	2.93	2.09	1.94	3.08	2.87	1.16	2.92	2.02	2.03
49	2.91	1.92	1.17	1.96	1.90	1.90	2.22	1.15	1.09	2.06
50	3.03	2.14	1.96	2.99	1.93	1.11	2.79	2.01	2.14	1.10
51	3.93	2.22	3.71	2.18	2.92	3.02	1.01	2.04	2.05	2.10
52	4.10	3.00	3.03	1.94	2.04	2.99	2.04	1.90	2.10	1.99
53	3.14	2.96	1.88	1.00	2.11	2.00	1.99	2.19	2.89	1.56
54	3.28	2.55	2.95	2.00	2.12	1.01	3.10	1.94	2.42	1.63
55	3.87	1.97	2.97	1.21	2.02	2.92	1.79	2.06	2.11	1.87
56	2.01	2.87	2.07	1.99	3.01	1.99	2.00	1.11	2.92	1.95
57	2.94	3.90	2.04	2.02	2.96	2.10	1.89	2.07	2.07	2.01
58	2.99	3.14	2.89	1.06	1.86	2.02	1.13	1.94	2.05	2.65
59	3.94	3.06	1.99	1.13	1.89	1.96	1.15	1.96	1.86	2.74

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

รอบที่	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ (headway) วินาที (ต่อ)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
60	1.96	2.03	1.87	1.2	0.89	1.89	2.08	1.94	3.15	2.05
61	1.93	3.04	1.06	2.82	1.15	0.99	1.06	1.94	2.02	1.98
62	3.96	1.93	2.05	1.87	1.16	1.16	1.98	1.09	2.11	1.33
63	2.08	2.95	1.08	2.83	1.16	1.76	2.15	2.02	2.07	2.36
64	1.98	2.10	2.08	1.93	2.00	2.02	2.90	1.02	2.52	2.11
65	2.63	3.10	2.85	2.04	1.90	1.05	2.85	1.01	2.31	1.32
66	2.84	2.98	1.12	1.89	2.96	2.00	1.18	1.88	1.99	2.11
67	1.90	1.11	4.82	2.00	1.17	1.95	1.43	1.57	1.98	0.99
68	3.01	2.55	2.05	1.90	1.89	1.11	1.09	1.99	2.14	1.55
69	2.89	2.90	1.99	1.60	2.55	1.01	1.19	1.99	2.01	1.36
70	3.99	2.70	3.00	2.40	2.51	1.16	1.59	2.08	1.56	3.01
ค่าเฉลี่ย	2.89	2.48	2.36	2.06	2.20	1.96	1.94	1.83	1.96	1.80
SD.	0.87	0.73	0.81	0.56	0.66	0.69	0.66	0.52	0.54	0.49

Saturation Flow 1833 คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคลต่อชั่วโมงไฟเขียว

Average headway 1.96 วินาที

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.74

ตารางผนวกที่ ก3 ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (headway) วินาที ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร (ช่วงเวลาปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)

รอบที่	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ (headway) วินาที									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3.01	3.04	1.94	2.50	2.14	1.91	2.12	1.81	1.05	0.98
2	5.19	3.55	2.95	2.06	1.98	2.11	1.99	3.80	1.19	2.80
3	3.00	3.01	2.83	1.99	1.99	1.16	1.95	2.84	1.23	1.92
4	2.91	1.97	2.05	2.96	2.01	2.12	1.96	3.80	1.12	2.90
5	3.97	3.05	2.99	1.92	2.15	1.11	1.93	1.09	1.95	1.96
6	2.02	2.99	3.13	1.83	1.15	1.06	1.96	2.78	2.17	1.95
7	4.11	1.92	2.87	2.03	1.17	2.94	1.94	2.06	1.92	3.04
8	3.04	2.86	3.60	3.59	2.00	2.01	1.95	2.98	2.04	1.99
9	3.96	3.95	3.10	2.89	2.07	2.04	1.95	2.03	2.87	1.29
10	2.13	3.03	2.01	2.04	1.92	1.93	3.20	1.91	2.83	2.11
11	3.88	2.08	2.95	2.08	1.87	1.95	1.25	2.92	2.95	1.99
12	2.02	1.55	2.91	2.05	2.91	2.97	1.95	2.94	2.21	2.60
13	3.03	2.98	2.86	2.96	2.01	2.12	2.03	1.91	1.14	2.83
14	5.23	2.05	3.93	2.16	2.00	2.07	1.99	1.04	1.77	2.09
15	2.02	2.15	1.89	1.94	2.06	1.91	2.01	1.14	1.84	3.04
16	3.98	2.03	1.07	2.04	1.98	2.02	2.88	2.85	2.98	1.16
17	2.96	3.11	3.79	1.18	1.91	2.04	2.01	1.93	2.11	1.81
18	3.97	2.93	1.16	2.98	1.80	2.01	2.05	1.97	1.03	2.96
19	2.79	3.26	1.83	2.15	1.83	1.16	2.06	1.96	1.06	1.02
20	3.05	2.95	1.87	1.25	1.97	2.81	2.97	1.15	1.97	1.14
21	3.05	1.98	2.13	3.04	1.97	2.91	2.01	1.15	2.79	1.03
22	2.05	3.01	2.76	2.07	1.17	1.89	1.99	1.10	1.88	1.01
23	2.93	2.16	2.8	1.17	2.04	2.07	1.75	2.05	1.96	2.03
24	3.05	2.85	2.12	2.01	2.04	0.95	2.77	2.08	2.03	1.20
25	3.18	3.04	2.11	2.06	1.19	1.89	1.94	2.02	2.04	2.13
26	3.05	1.92	1.94	3.19	2.94	1.91	2.19	2.76	1.23	2.88
27	3.10	1.94	2.10	1.95	2.18	2.84	2.99	2.04	2.07	2.03
28	2.17	2.72	1.99	1.23	1.85	1.15	1.88	1.10	1.83	1.04
29	2.90	1.19	1.97	2.03	1.96	2.03	1.03	1.99	1.90	2.03

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

รอบที่	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ (headway) วินาที (ต่อ)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	2.11	2.01	2.92	6.15	1.95	2.87	1.98	1.12	2.00	1.97
31	2.08	3.95	2.01	2.89	1.23	2.05	1.87	1.13	1.92	1.81
32	5.99	3.26	2.84	2.02	2.09	1.91	2.04	1.08	1.82	1.12
33	2.89	2.13	2.93	1.91	1.18	2.82	3.18	1.77	1.13	1.11
34	2.96	1.98	2.08	2.12	2.36	2.04	2.12	1.91	2.10	1.86
35	3.5	2.44	3.03	2.03	2.02	1.08	1.08	1.73	1.23	1.84
36	2.00	4.15	2.78	1.22	1.98	2.96	1.09	1.74	2.08	1.89
37	3.99	3.88	1.96	2.96	1.66	2.03	2.16	1.82	1.20	1.01
38	3.89	3.11	2.76	1.19	1.20	1.96	1.55	1.18	1.88	2.87
39	2.17	3.80	1.15	1.84	2.10	1.89	1.95	2.00	1.24	1.85
40	2.11	3.75	1.26	1.69	2.10	2.11	1.96	1.97	1.11	2.86
41	3.04	2.94	2.55	1.92	2.12	1.86	2.12	1.98	1.95	1.93
42	2.94	2.16	1.91	3.00	1.15	1.96	2.82	2.22	1.91	1.95
43	2.84	2.66	1.75	2.10	2.13	2.79	2.03	0.99	1.95	2.06
44	3.97	2.00	1.94	1.88	2.01	1.98	1.20	1.98	2.01	2.04
45	2.18	2.85	2.15	1.91	1.93	1.10	1.98	1.94	1.05	0.93
46	1.97	2.89	2.93	1.99	2.14	3.07	2.04	1.92	1.06	2.02
47	2.98	3.01	3.98	1.23	1.96	1.88	2.36	1.23	2.95	1.89
48	2.65	2.93	2.91	2.13	2.04	1.85	1.44	2.12	2.80	1.02
49	3.93	1.97	1.26	1.02	2.77	2.94	1.16	2.11	2.02	1.71
50	2.04	2.77	2.22	2.83	1.02	1.14	2.36	2.81	1.21	2.02
51	2.85	2.14	3.01	2.73	2.11	1.98	1.15	1.84	1.96	1.99
52	2.23	2.76	3.16	2.89	3.03	0.97	1.21	1.98	1.73	2.04
53	2.14	2.83	1.19	1.89	1.97	3.00	2.08	2.81	1.12	2.00
54	2.27	2.92	1.93	2.14	1.87	2.89	4.01	1.02	1.98	2.13
55	3.99	3.00	2.14	2.11	1.18	1.89	1.88	2.01	1.01	1.07
56	2.92	3.10	4.97	2.87	1.14	1.98	2.08	1.84	2.14	1.89
57	2.18	1.27	1.95	1.95	1.95	2.14	2.99	3.01	1.01	1.84
58	3.07	2.99	1.88	1.98	1.12	1.82	2.06	1.14	1.83	1.16
59	4.15	3.97	2.92	2.90	1.21	3.78	2.02	1.15	2.91	1.88

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

รอบที่	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ (headway) วินาที (ต่อ)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
60	3.11	2.07	2.81	2.13	1.90	1.97	2.07	2.93	2.00	1.95
61	3.06	1.93	2.86	1.96	2.02	3.00	1.04	1.05	1.98	2.01
62	3.01	2.77	2.21	1.85	1.10	2.07	1.05	2.78	1.95	1.13
63	3.04	2.91	2.03	2.01	2.16	1.56	1.99	1.84	2.17	1.00
64	3.25	2.88	2.09	1.05	2.07	1.88	2.01	2.00	1.11	2.93
65	3.97	2.01	2.02	3.01	2.00	1.16	1.80	1.99	2.20	1.92
66	4.00	3.04	2.79	1.99	1.10	1.92	1.19	2.01	1.87	1.94
67	2.98	2.09	1.97	2.01	1.96	1.99	2.06	1.87	3.00	2.01
68	2.85	2.50	1.99	1.88	1.16	1.06	1.95	2.88	1.00	2.20
69	3.02	2.11	2.85	2.00	1.98	2.00	2.00	1.10	1.12	1.11
70	4.09	3.05	2.87	1.96	2.03	1.17	1.82	1.14	0.99	2.07
ค่าเฉลี่ย	3.09	2.69	2.44	2.18	1.86	2.02	1.99	1.94	1.81	1.87
SD.	0.84	0.66	0.72	0.74	0.45	0.62	0.56	0.68	0.58	0.59

Saturation Flow 1840 คันต่อชั่วโมง

Average headway 1.95 วินาที

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.76

ตารางผนวกที่ ก4 ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (headway) วินาที ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร (ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)

รอบที่	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ (headway) วินาที									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3.01	1.14	2.86	2.09	1.91	2.05	1.01	2.97	1.39	1.66
2	3.08	2.96	2.00	2.09	1.91	2.09	1.99	1.90	1.95	1.16
3	3.55	2.12	2.10	1.97	2.85	3.05	1.01	1.19	2.11	1.97
4	2.16	2.81	1.18	2.80	1.08	1.81	1.59	1.63	1.52	1.88
5	3.00	2.93	2.11	2.04	2.03	1.01	1.85	2.04	2.05	1.93
6	2.83	3.17	1.15	2.05	1.99	1.87	2.06	1.77	1.25	1.53
7	3.03	2.03	1.29	2.66	1.65	1.89	1.93	1.11	1.23	1.55
8	2.97	2.12	2.84	1.18	3.07	1.76	1.98	2.60	1.77	1.98
9	2.84	2.20	1.97	2.93	1.90	2.13	2.07	2.00	1.94	1.97
10	3.87	1.92	1.92	2.01	3.04	2.01	1.99	2.05	1.55	1.78
11	4.92	3.97	1.15	1.96	1.11	1.99	1.55	1.56	2.13	1.66
12	2.98	3.11	2.89	2.14	1.86	1.15	1.86	1.05	1.04	1.91
13	2.18	2.91	3.03	2.14	2.10	3.00	1.03	1.94	2.02	1.97
14	2.00	2.80	1.24	1.89	2.03	2.05	2.88	1.96	1.74	1.00
15	2.01	1.99	3.91	1.15	1.97	2.02	1.99	2.01	1.97	1.92
16	3.92	2.16	2.92	1.90	2.00	1.14	1.93	1.99	1.12	1.86
17	2.00	2.84	1.98	2.02	1.96	2.02	2.09	1.91	1.08	1.33
18	3.00	2.99	2.15	2.92	1.94	0.97	3.05	2.13	1.92	1.05
19	2.21	2.9	2.09	2.9	2.02	1.08	2.79	1.99	1.88	1.02
20	1.86	1.96	2.07	2.92	1.20	1.98	1.99	2.18	1.16	1.90
21	2.97	2.09	2.07	2.86	1.14	0.98	1.88	2.11	0.96	1.55
22	2.99	2.89	2.01	2.08	1.98	1.99	3.00	1.84	2.04	1.12
23	5.55	2.04	2.94	2.16	1.33	2.06	1.55	1.42	1.09	1.99
24	2.04	2.03	1.95	2.09	1.96	2.01	1.90	1.96	1.14	1.10
25	2.07	3.01	2.9	2.02	1.97	1.95	1.12	1.55	1.98	2.01
26	2.07	1.98	2.82	3.03	1.10	1.09	1.92	1.98	3.01	2.45
27	2.97	2.90	2.89	1.68	2.99	1.61	2.60	1.78	1.90	1.90
28	1.97	2.20	1.97	2.84	2.01	2.01	2.02	1.92	2.21	2.09

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

รอบที่	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ (headway) วินาที (ต่อ)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29	3.99	2.59	2.95	1.97	1.17	2.01	2.02	1.55	1.79	1.63
30	2.85	2.05	2.09	1.97	1.98	1.99	1.99	2.03	1.03	1.08
31	3.04	2.06	2.91	3.00	2.00	1.08	1.78	1.34	1.86	1.92
32	2.91	2.98	1.99	2.13	1.95	1.78	1.17	1.95	1.03	1.9
33	2.04	2.82	2.19	2.87	2.16	1.89	2.10	1.85	1.98	1.97
34	2.02	2.98	2.03	1.14	1.84	1.15	1.95	1.46	1.60	1.89
35	2.9	1.93	2.09	1.04	1.55	2.06	2.11	1.56	1.92	1.60
36	2.04	2.91	4.01	1.95	2.04	2.08	1.90	2.06	1.95	1.11
37	3.81	3.55	2.13	1.97	1.98	1.10	1.92	2.55	1.89	1.06
38	2.92	2.07	3.48	1.95	2.08	1.05	3.09	1.99	1.92	2.03
39	3.00	2.04	1.98	2.93	2.11	1.97	1.10	1.85	0.03	1.96
40	4.98	1.18	2.92	2.97	1.10	2.84	2.11	1.99	1.09	2.01
41	3.17	1.91	1.99	1.94	2.99	1.99	1.14	1.93	1.94	1.04
42	3.86	2.10	2.03	2.87	1.14	1.95	1.95	2.19	0.95	1.15
43	1.95	1.95	2.95	1.98	2.95	3.04	1.96	1.22	1.85	2.07
44	3.14	1.98	1.99	2.85	1.08	2.02	1.07	1.91	1.92	1.12
45	1.13	3.98	2.86	2.03	3.93	1.18	2.79	1.22	1.89	1.88
46	3.95	3.09	1.81	1.23	3.77	2.12	1.09	1.91	1.13	1.98
47	1.99	2.04	3.89	2.20	2.02	1.95	2.86	2.01	1.95	2.05
48	2.17	2.04	2.02	2.86	1.99	1.95	1.12	2.90	1.11	1.93
49	1.95	2.01	2.01	2.05	2.05	1.84	1.07	1.93	2.03	1.97
50	2.06	2.03	2.91	2.21	1.89	2.04	2.40	2.51	1.15	2.89
51	2.09	2.06	2.78	2.10	1.99	3.06	2.92	1.09	2.04	2.02
52	1.85	2.00	2.05	2.05	2.05	1.87	1.99	1.03	1.62	1.57
53	2.01	2.10	2.91	2.97	2.05	2.92	2.36	1.86	1.78	1.55
54	2.01	2.84	1.96	2.07	1.94	1.19	2.63	2.01	1.95	2.06
55	3.02	2.87	2.14	2.83	2.04	1.94	1.19	2.81	1.14	1.82
56	2.17	2.04	2.84	1.12	1.98	2.55	2.13	1.91	1.86	1.14
57	4.02	1.97	3.93	2.16	1.87	1.98	1.95	1.10	1.97	2.21
58	3.08	2.95	2.89	2.10	1.95	1.10	2.92	1.01	2.88	2.07

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

รอบที่	ระยะเวลาห่างระหว่างรถยนต์ (headway) วินาที (ต่อ)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
59	2.90	3.01	0.90	1.20	2.80	2.07	1.93	1.11	1.87	1.15
60	2.12	2.22	1.96	1.17	2.01	2.82	1.14	1.10	1.93	3.66
61	3.12	2.11	1.95	2.00	1.83	2.00	1.12	1.86	1.06	1.07
62	4.00	3.55	2.01	2.00	1.93	2.00	2.01	1.55	1.88	1.22
63	3.08	2.86	2.03	1.97	1.15	1.99	2.83	1.15	1.93	1.87
64	2.04	2.09	2.10	1.51	1.66	1.09	2.56	1.54	1.55	1.67
65	2.11	1.60	1.33	1.92	2.51	1.56	2.13	1.97	1.19	2.01
66	1.89	1.50	1.97	2.55	1.88	1.45	2.01	1.88	1.76	1.89
67	1.11	1.06	1.33	1.98	1.45	1.43	1.65	2.45	2.01	2.01
68	2.06	2.33	1.22	1.98	1.53	1.97	1.53	2.51	1.55	1.66
69	2.09	1.11	1.03	1.99	2.01	1.77	2.01	1.99	2.01	1.89
70	2.06	1.59	1.17	2.44	1.98	2.56	1.45	2.06	1.56	2.06
ค่าเฉลี่ย	2.73	2.38	2.26	2.15	1.98	1.87	1.94	1.83	1.67	1.74
SD.	0.87	0.63	0.72	0.53	0.56	0.54	0.57	0.45	0.48	0.46

Saturation Flow 1910 คันต่อชั่วโมง

Average headway 1.89 วินาที

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.67

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงระยะเวลาสูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

ตารางผนวกที่ ข1 เวลาที่สูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร
(ช่วงเวลาปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)

รอบที่	ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นไฟเขียวจนถึง	เวลาที่สูญเสีย (คำนวณ)	เวลาที่สูญเสียปรับแก้
	รถยนต์คันที่ 3 ผ่านไป (วินาที)	(วินาที)	(วินาที)
	[1]	[2]	[3]
1	5.60	-0.46	0
2	8.49	2.43	2.43
3	11.26	5.20	5.20
4	9.17	3.11	3.11
5	9.86	3.80	3.80
6	9.57	3.51	3.51
7	8.58	2.52	2.52
8	11.27	5.21	5.21
9	7.88	1.82	1.82
10	7.52	1.46	1.46
11	10.96	4.90	4.90
12	11.00	4.94	4.94
13	9.24	3.18	3.18
14	7.27	1.21	1.21
15	5.63	-0.43	0
16	8.53	2.47	2.47
17	9.85	3.79	3.79
18	7.23	1.17	1.17
19	5.69	-0.37	0
20	7.60	1.54	1.54
21	9.27	3.21	3.21
22	6.41	0.35	0.35
23	9.58	3.52	3.52
24	8.91	2.85	2.85
25	8.62	2.56	2.56
26	8.85	2.79	2.79
27	5.53	-0.53	0

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

รอบที่	ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นไปเที่ยวจนถึง รถยนต์คันที่ 3 ผ่านไป (วินาที)	เวลาที่สูญเสีย (คำนวณ) (วินาที)	เวลาที่สูญเสียปรับแก้ (วินาที)
	[1]	[2]	[3]
28	10.79	4.73	4.73
29	10.91	4.85	4.85
30	7.13	1.07	1.07
31	11.35	5.29	5.29
32	8.49	2.43	2.43
33	7.33	1.27	1.27
34	10.03	3.97	3.97
35	6.99	0.93	0.93
36	8.87	2.81	2.81
37	7.7	1.64	1.64
38	9.43	3.37	3.37
39	6.72	0.66	0.66
40	9.06	3.00	3.00
41	8.28	2.22	2.22
42	11.01	4.95	4.95
43	10.12	4.06	4.06
44	9.87	3.81	3.81
45	7.07	1.01	1.01
46	8.22	2.16	2.16
47	10.25	4.19	4.19
48	9.40	3.34	3.34
49	8.72	2.66	2.66
50	10.15	4.09	4.09
51	9.01	2.95	2.95
52	8.45	2.39	2.39
53	7.10	1.04	1.04
54	8.27	2.21	2.21
55	9.10	3.04	3.04

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

รอบที่	ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นไฟเขียวจนถึง รถยนต์คันที่ 3 ผ่านไป (วินาที)	เวลาที่สูญเสีย (คำนวณ) (วินาที)	เวลาที่สูญเสียปรับแก้ (วินาที)
	[1]	[2]	[3]
56	8.47	2.41	2.41
57	11.08	5.02	5.02
58	9.56	3.50	3.50
59	11.04	4.98	4.98
60	10.67	4.61	4.61
61	8.28	2.22	2.22
62	7.75	1.69	1.69
63	9.04	2.98	2.98
64	10.01	3.95	3.95
65	9.51	3.45	3.45
66	10.46	4.40	4.40
67	8.13	2.07	2.07
68	9.39	3.33	3.33
69	8.71	2.65	2.65
70	5.44	-0.62	0
Average Lost Time			2.79

$$[2] = [1] - 3\text{Average headway}$$

$$\text{Average headway} = 2.02 \text{ วินาที}$$

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.47

ตารางผนวกที่ ข2 เวลาที่สูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ความกว้างช่องจราจร 3.00 เมตร
(กรณี ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)

รอบ ที่	ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นไฟเขียวจนถึง รถยนต์คันที่ 3 ผ่านไป (วินาที)	เวลาที่สูญเสีย (คำนวณ) (วินาที)	เวลาที่สูญเสียปรับแก้ (วินาที)
	[1]	[2]	[3]
1	8.26	2.38	2.38
2	8.95	3.07	3.07
3	6.65	0.77	0.77
4	8.9	3.02	3.02
5	5.84	-0.04	0
6	7.54	1.66	1.66
7	6.11	0.23	0.23
8	7.06	1.18	1.18
9	8.33	2.45	2.45
10	8.54	2.66	2.66
11	6.55	0.67	0.67
12	7.18	1.30	1.30
13	7.35	1.47	1.47
14	9.02	3.14	3.14
15	9.91	4.03	4.03
16	8.05	2.17	2.17
17	6.00	0.12	0.12
18	7.09	1.21	1.21
19	7.93	2.05	2.05
20	6.19	0.31	0.31
21	6.2	0.32	0.32
22	8.96	3.08	3.08
23	9.06	3.18	3.18
24	6.90	1.02	1.02
25	5.98	0.10	0.10
26	6.02	0.14	0.14
27	7.97	2.09	2.09

ตารางผนวกที่ ข2 (ต่อ)

รอบ ที่	ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นไฟเขียวจนถึง รถยนต์คันที่ 3 ผ่านไป (วินาที)	เวลาที่สูญเสีย (คำนวณ) (วินาที)	เวลาที่สูญเสียปรับแก้ (วินาที)
	[1]	[2]	[3]
28	10.98	5.10	5.10
29	6.02	0.14	0.14
30	9.00	3.12	3.12
31	6.99	1.11	1.11
32	6.09	0.21	0.21
33	6.79	0.91	0.91
34	8.94	3.06	3.06
35	6.95	1.07	1.07
36	6.99	1.11	1.11
37	6.97	1.09	1.09
38	6.08	0.20	0.20
39	9.00	3.12	3.12
40	7.27	1.39	1.39
41	8.01	2.13	2.13
42	6.05	0.17	0.17
43	9.98	4.10	4.10
44	10.13	4.25	4.25
45	10.82	4.94	4.94
46	7.55	1.67	1.67
47	8.11	2.23	2.23
48	7.02	1.14	1.14
49	6.00	0.12	0.12
50	7.13	1.25	1.25
51	9.86	3.98	3.98
52	10.13	4.25	4.25
53	7.98	2.10	2.10
54	8.78	2.90	2.90
55	8.81	2.93	2.93

ตารางผนวกที่ ข2 (ต่อ)

รอบ ที่	ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นไฟเขียวจนถึง รถยนต์คันที่ 3 ผ่านไป (วินาที)	เวลาที่สูญเสีย (คำนวณ) (วินาที)	เวลาที่สูญเสียปรับแก้ (วินาที)
	[1]	[2]	[3]
56	6.95	1.07	1.07
57	8.88	3.00	3.00
58	9.02	3.14	3.14
59	8.99	3.11	3.11
60	5.86	-0.02	0
61	6.03	0.15	0.15
62	7.94	2.06	2.06
63	6.11	0.23	0.23
64	6.16	0.28	0.28
65	8.58	2.70	2.70
66	6.94	1.06	1.06
67	7.83	1.95	1.95
68	7.61	1.73	1.73
69	7.78	1.90	1.90
70	9.69	3.81	3.81
Average Lost Time			1.85

$$[2] = [1] - 3 \text{Average headway}$$

$$\text{Average headway} = 1.96 \text{ วินาที}$$

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.36

ตารางผนวกที่ ข3 เวลาที่สูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร
(ช่วงเวลาปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)

รอบ ที่	ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นไฟเขียวจนถึง รถยนต์คันที่ 3 ผ่านไป (วินาที)	เวลาที่สูญเสีย (คำนวณ) (วินาที)	เวลาที่สูญเสียปรับแก้ (วินาที)
	[1]	[2]	[3]
1	7.99	2.11	2.11
2	11.69	5.81	5.81
3	8.84	2.96	2.96
4	6.93	1.05	1.05
5	10.01	4.13	4.13
6	8.14	2.26	2.26
7	8.90	3.02	3.02
8	9.50	3.62	3.62
9	11.01	5.13	5.13
10	7.17	1.29	1.29
11	8.91	3.03	3.03
12	6.48	0.60	0.60
13	8.87	2.99	2.99
14	11.21	5.33	5.33
15	6.06	0.18	0.18
16	7.08	1.20	1.20
17	9.86	3.98	3.98
18	8.06	2.18	2.18
19	7.88	2.00	2.00
20	7.87	1.99	1.99
21	7.16	1.28	1.28
22	7.82	1.94	1.94
23	7.89	2.01	2.01
24	8.02	2.14	2.14
25	8.33	2.45	2.45
26	6.91	1.03	1.03
27	7.14	1.26	1.26

ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

รอบ ที่	ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นไฟเขียวจนถึง รถยนต์คันที่ 3 ผ่านไป (วินาที)	เวลาที่สูญเสีย (คำนวณ) (วินาที)	เวลาที่สูญเสียปรับแก้ (วินาที)
	[1]	[2]	[3]
28	6.88	1.00	1.00
29	6.06	0.18	0.18
30	7.04	1.16	1.16
31	8.04	2.16	2.16
32	12.09	6.21	6.21
33	7.95	2.07	2.07
34	7.02	1.14	1.14
35	8.97	3.09	3.09
36	8.93	3.05	3.05
37	9.83	3.95	3.95
38	9.76	3.88	3.88
39	7.12	1.24	1.24
40	7.12	1.24	1.24
41	8.53	2.65	2.65
42	7.01	1.13	1.13
43	7.25	1.37	1.37
44	7.91	2.03	2.03
45	7.18	1.30	1.30
46	7.79	1.91	1.91
47	9.97	4.09	4.09
48	8.49	2.61	2.61
49	7.16	1.28	1.28
50	7.03	1.15	1.15
51	8.00	2.12	2.12
52	8.15	2.27	2.27
53	6.16	0.28	0.28
54	7.12	1.24	1.24
55	9.13	3.25	3.25
56	10.99	5.11	5.11

ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

รอบ ที่	ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นไฟเขียวจนถึง รถยนต์คันที่ 3 ผ่านไป (วินาที)	เวลาที่สูญเสีย (คำนวณ) (วินาที)	เวลาที่สูญเสียปรับแก้ (วินาที)
	[1]	[2]	[3]
57	5.4	-0.48	0
58	7.94	2.06	2.06
59	11.04	5.16	5.16
60	7.99	2.11	2.11
61	7.85	1.97	1.97
62	7.99	2.11	2.11
63	7.98	2.10	2.10
64	8.22	2.34	2.34
65	8.00	2.12	2.12
66	9.83	3.95	3.95
67	7.04	1.16	1.16
68	7.34	1.46	1.46
69	7.98	2.10	2.10
70	10.01	4.13	4.13
Average Lost Time			2.31

$$[2] = [1] - 3\text{Average headway}$$

$$\text{Average headway} = 1.95 \text{ วินาที}$$

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.41

ตารางผนวกที่ ข4 เวลาที่สูญเสียเริ่มต้นของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ความกว้างช่องจราจร 3.30 เมตร
(ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)

รอบ ที่	ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นไฟเขียวจนถึง รถยนต์คันที่ 3 ผ่านไป (วินาที)	เวลาที่สูญเสีย (คำนวณ) (วินาที)	เวลาที่สูญเสียปรับแก้ (วินาที)
	[1]	[2]	[3]
1	7.01	1.37	1.37
2	8.04	2.37	2.37
3	7.77	2.10	2.10
4	6.15	0.48	0.48
5	8.04	2.37	2.37
6	7.15	1.48	1.48
7	6.35	0.68	0.68
8	7.93	2.26	2.26
9	7.01	1.34	1.34
10	7.71	2.04	2.04
11	10.04	4.37	4.37
12	8.98	3.31	3.31
13	8.12	2.45	2.45
14	6.04	0.37	0.37
15	7.91	2.24	2.24
16	9.00	3.33	3.33
17	6.82	1.15	1.15
18	8.14	2.47	2.47
19	7.20	1.53	1.53
20	5.89	0.22	0.22
21	7.13	1.46	1.46
22	7.89	2.22	2.22
23	10.53	4.86	4.86
24	6.02	0.35	0.35
25	7.98	2.31	2.31
26	6.87	1.20	1.20
27	8.76	3.09	3.09

ตารางผนวกที่ ข4 (ต่อ)

รอบ ที่	ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นไฟเขียวจนถึง รถยนต์คันที่ 3 ผ่านไป (วินาที)	เวลาที่สูญเสีย (คำนวณ) (วินาที)	เวลาที่สูญเสียปรับแก้ (วินาที)
	[1]	[2]	[3]
28	6.14	0.47	0.47
29	9.53	3.86	3.86
30	6.99	1.32	1.32
31	8.01	2.34	2.34
32	7.88	2.21	2.21
33	7.05	1.38	1.38
34	7.03	1.36	1.36
35	6.92	1.25	1.25
36	8.96	3.29	3.29
37	9.49	3.82	3.82
38	8.47	2.8	2.8
39	7.02	1.35	1.35
40	9.08	3.41	3.41
41	7.07	1.40	1.40
42	7.99	2.32	2.32
43	6.85	1.18	1.18
44	7.11	1.44	1.44
45	7.97	2.30	2.30
46	8.85	3.18	3.18
47	7.92	2.25	2.25
48	6.23	0.56	0.56
49	5.97	0.3	0.3
50	7.00	1.33	1.33
51	6.93	1.26	1.26
52	5.90	0.23	0.23
53	7.02	1.35	1.35
54	6.81	1.14	1.14
55	8.03	2.36	2.36

ตารางผนวกที่ ข4 (ต่อ)

รอบ ที่	ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นไฟเขียวจนถึง รถยนต์คันที่ 3 ผ่านไป (วินาที)	เวลาที่สูญเสีย (คำนวณ) (วินาที)	เวลาที่สูญเสียปรับแก้ (วินาที)
	[1]	[2]	[3]
56	7.05	1.38	1.38
57	9.92	4.25	4.25
58	8.92	3.25	3.25
59	6.81	1.14	1.14
60	6.30	0.63	0.63
61	7.18	1.51	1.51
62	9.56	3.89	3.89
63	7.97	2.30	2.30
64	6.23	0.56	0.56
65	5.04	-0.63	0
66	5.36	-0.31	0
67	3.50	-2.17	0
68	5.61	-0.06	0
69	4.23	-1.44	0
70	4.82	-0.85	0
Average Lost Time			1.77

$$[2] = [1] - 3\text{Average headway}$$

$$\text{Average headway} = 1.89 \text{ วินาที}$$

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.20

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกสัญญาณไฟจราจร

ตารางผนวกที่ ค1 ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกเมื่อสัญญาณไฟจราจรแสดงไฟ
เหลือง (ช่วงเวลาปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกเมื่อไฟเหลืองแสดงขึ้น (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
1	33	37	46
2	60	66	64
3	63	45	60
4	59	59	60
5	60	60	58
6	55	38	53
7	49	51	37
8	60	59	62
9	45	50	49
10	51	53	57
11	53	58	54
12	49	51	49
13	58	74	58
14	57	54	33
15	67	63	70
16	53	49	35
17	64	57	79
18	70	49	57
19	60	41	55
20	60	55	54
21	54	47	51
22	54	53	62
23	60	60	59
24	63	58	55
25	45	47	51
26	62	74	70
27	60	55	59
28	62	55	64

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกเมื่อไฟเหลืองแสดงขึ้น (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
29	54	45	50
30	53	75	63
31	70	54	60
32	60	62	57
33	74	74	51
34	62	59	86
35	71	71	64
36	59	55	61
37	60	71	55
38	47	49	50
39	79	75	54
40	53	53	47
41	51	59	39
42	67	70	70
43	63	70	64
44	67	54	53
45	55	54	50
46	58	58	60
47	76	75	60
48	67	66	47
49	60	47	46
50	74	82	60
51	38	51	42
52	54	53	63
53	59	59	45
54	55	57	58
55	60	60	51
56	53	45	47
57	50	45	48
58	58	63	59

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกเมื่อไฟเหลืองแสดงขึ้น (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
59	92	92	72
60	51	53	51
61	64	54	49
62	59	58	57
63	43	41	43
64	53	54	62
65	41	63	52
66	49	58	60
67	53	80	64
68	54	53	53
69	50	53	50
70	58	55	57
71	82	64	62
72	54	58	59
73	51	50	55
74	54	54	54
75	55	54	57
76	63	59	60
77	42	46	49
78	67	66	60
79	71	70	71
80	55	56	60
81	50	52	61
82	49	46	50
83	47	49	51
84	39	43	43
85	45	55	60
86	46	57	47
87	47	49	51
88	54	53	57

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกเมื่อไฟเหลืองแสดงขึ้น (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
89	47	49	47
90	42	43	42
91	37	37	37
92	64	63	70
93	71	59	65
94	55	56	72
95	49	51	53
96	53	63	60
97	71	59	50
98	51	62	45
99	71	53	61
100	39	45	49
101	61	58	62
102	45	43	51
103	70	62	74
104	64	73	71
105	43	37	51
106	59	54	49
107	55	49	53
108	47	65	42
109	50	52	55
110	47	49	47
111	41	41	49
112	58	57	59
113	43	46	54
114	72	67	70
115	43	59	42
116	68	74	70
117	53	55	64
118	43	55	55

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกเมื่อไฟเหลืองแสดงขึ้น (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
119	42	45	50
120	60	65	70
121	37	45	50
122	54	55	55
123	79	51	47
124	50	47	49
125	43	49	51
126	60	60	57
127	43	41	48
128	54	58	55
129	82	74	65
130	53	54	51
131	43	42	42
132	49	45	49
133	35	51	43
134	43	45	49
135	59	62	54
136	50	53	53
137	54	50	66
138	46	46	52
139	62	70	65
140	51	49	53
141	60	71	63
142	38	41	53
143	50	53	58
144	49	51	52
145	51	63	65
146	62	58	59
147	72	59	65
148	51	53	59

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกเมื่อไฟเหลืองแสดงขึ้น (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
	149	55	54
150	61	59	45

ความเร็วเฉลี่ยที่ผ่านทางแยกมีค่าเท่ากับ 55 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 9.69

ตารางผนวกที่ ค2 ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกเมื่อสัญญาณไฟจราจรแสดงไฟ
เหลือง (ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกเมื่อไฟเหลืองแสดงขึ้น (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
1	42	57	50
2	37	34	35
3	55	54	57
4	41	41	48
5	41	43	45
6	42	38	50
7	41	41	41
8	47	41	50
9	35	43	44
10	53	50	45
11	59	55	46
12	38	35	39
13	38	45	50
14	49	50	45
15	57	46	50
16	59	80	78
17	47	41	41
18	43	39	35
19	42	41	43
20	55	47	45
21	59	42	56
22	45	42	45
23	37	38	35
24	43	49	45
25	56	58	58
26	47	43	42
27	49	59	54
28	49	50	41

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกเมื่อไฟเหลืองแสดงขึ้น (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
29	42	47	52
30	43	58	44
31	41	39	45
32	55	52	51
33	49	50	57
34	66	65	64
35	50	47	55
36	39	41	57
37	47	45	49
38	35	45	39
39	39	41	35
40	39	47	40
41	43	45	47
42	39	35	46
43	67	60	59
44	34	37	38
45	37	33	31
46	37	39	45
47	53	51	47
48	47	41	41
49	45	37	35
50	38	37	46
51	47	42	46
52	49	45	40
53	49	47	59
54	46	49	51
55	38	47	44
56	61	67	64
57	49	45	40
58	42	54	47

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกเมื่อไฟเหลืองแสดงขึ้น (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
59	42	54	45
60	43	37	37
61	50	50	47
62	49	51	47
63	34	46	47
64	45	40	55
65	54	49	50
66	37	43	46
67	38	39	45
68	38	39	45
69	49	47	51
70	49	51	53
71	55	51	54
72	55	49	57
73	51	53	47
74	51	49	53
75	52	55	45
76	49	53	55
77	63	55	59
78	38	47	51
79	41	45	43
80	42	45	49
81	55	50	47
82	30	50	49
83	49	55	53
84	42	43	43
85	53	48	57
86	53	50	47
87	39	41	45
88	39	39	37

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกเมื่อไฟเหลืองแสดงขึ้น (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
89	43	42	45
90	38	41	45
91	49	53	53
92	60	54	54
93	50	43	45
94	39	45	47
95	43	54	41
96	35	38	46
97	50	49	54
98	43	41	41
99	47	58	58
100	54	50	52
101	51	47	49
102	38	41	37
103	42	42	40
104	45	39	52
105	53	54	47
106	45	53	55
107	45	51	53
108	39	38	43
109	45	50	49
110	66	42	43
111	47	53	51
112	57	66	51
113	49	53	55
114	50	66	60
115	45	41	50
116	46	43	44
117	57	43	49
118	45	45	52

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกเมื่อไฟเหลืองแสดงขึ้น (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
119	42	42	45
120	49	37	49
121	35	45	49
122	50	35	51
123	35	31	37
124	54	43	59
125	74	53	58
126	41	45	31
127	43	50	53
128	55	55	50
129	50	54	46
130	57	55	49
131	49	51	49
132	46	47	39
133	49	39	41
134	38	42	39
135	51	55	54
136	37	45	41
137	33	49	41
138	57	40	40
139	62	55	40
140	33	39	42
141	42	57	52
142	51	46	45
143	47	45	45
144	53	47	39
145	58	63	65
146	56	58	42
147	41	55	50
148	47	50	49

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกเมื่อไฟเหลืองแสดงขึ้น		
	(กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
149	55	55	50
150	68	60	55

ความเร็วเฉลี่ยที่ผ่านทางแยกมีค่าเท่ากับ 47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.66

ตารางผนวกที่ ค3 ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกก่อนสัญญาณไฟจราจรแสดงไฟ
เหลือง 10 วินาที (ช่วงเวลาปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกก่อนสัญญาณไฟเหลืองแสดงขึ้น 10 วินาที (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
1	60	55	66
2	59	56	59
3	67	50	55
4	58	45	56
5	59	55	58
6	58	35	55
7	66	50	40
8	50	40	64
9	50	56	50
10	55	48	55
11	53	55	54
12	50	49	50
13	60	66	59
14	55	49	40
15	65	55	70
16	55	50	39
17	60	49	80
18	68	44	60
19	63	50	65
20	55	51	56
21	65	48	50
22	55	45	56
23	59	50	55
24	63	55	50
25	55	45	45
26	63	58	66
27	59	55	65
28	63	56	59

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกก่อนสัญญาณไฟเหลืองแสดงขึ้น 10 วินาที (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
29	66	49	50
30	50	80	60
31	69	55	63
32	63	49	50
33	71	70	55
34	65	55	70
35	65	66	60
36	55	59	59
37	60	55	50
38	50	60	49
39	69	66	50
40	66	59	66
41	50	48	69
42	60	45	60
43	55	66	80
44	68	66	65
45	50	50	49
46	55	45	50
47	66	60	60
48	68	55	50
49	59	48	55
50	64	82	65
51	44	69	48
52	52	71	50
53	55	55	44
54	58	59	48
55	59	57	55
56	49	56	57
57	51	55	48
58	55	51	90

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกก่อนสัญญาณไฟเหลืองแสดงขึ้น 10 วินาที (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
59	80	53	70
60	55	58	66
61	60	57	48
62	55	56	55
63	40	50	50
64	53	45	49
65	45	43	50
66	40	50	56
67	52	48	66
68	44	40	58
69	50	50	48
70	56	44	80
71	85	84	60
72	55	55	51
73	49	46	53
74	56	68	58
75	66	60	45
76	53	50	54
77	55	53	50
78	59	48	59
79	84	59	66
80	66	68	59
81	69	52	60
82	70	46	53
83	66	45	51
84	45	48	45
85	55	45	58
86	65	48	45
87	58	47	48
88	66	53	55

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกก่อนสัญญาณไฟเหลืองแสดงขึ้น 10 วินาที (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
89	40	40	48
90	40	44	65
91	39	38	39
92	65	55	65
93	66	59	58
94	55	57	69
95	50	50	58
96	52	55	60
97	66	56	55
98	70	60	55
99	71	58	58
100	44	55	50
101	55	45	59
102	45	58	60
103	69	60	67
104	60	67	62
105	40	55	50
106	55	58	52
107	59	45	50
108	66	55	50
109	45	49	53
110	55	50	58
111	39	50	60
112	56	65	60
113	48	54	55
114	49	45	59
115	50	60	60
116	51	55	56
117	51	55	60
118	53	55	58

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกก่อนสัญญาณไฟเหลืองแสดงขึ้น 10 วินาที (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
119	66	48	68
120	69	59	59
121	59	58	66
122	55	66	65
123	80	58	40
124	50	59	51
125	44	68	50
126	66	90	55
127	45	48	48
128	56	90	51
129	63	88	66
130	50	70	52
131	43	71	40
132	41	65	48
133	50	59	45
134	45	55	48
135	55	62	52
136	50	55	53
137	44	59	68
138	58	54	65
139	56	66	66
140	51	69	50
141	59	67	60
142	60	58	53
143	63	59	58
144	66	66	52
145	68	69	65
146	55	70	55
147	56	72	65
148	40	75	60

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกก่อนสัญญาณไฟเหลืองแสดงขึ้น 10 วินาที (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
149	43	78	55
150	61	60	68

ความเร็วเฉลี่ยที่ผ่านทางแยกมีค่าเท่ากับ 56 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 9.57

ตารางผนวกที่ ค4 ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกก่อนสัญญาณไฟจราจรแสดงไฟ
เหลือง 10 วินาที (ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกก่อนสัญญาณไฟเหลืองแสดงขึ้น 10 วินาที (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
1	66	50	66
2	53	50	56
3	65	45	66
4	38	55	65
5	60	60	55
6	48	40	42
7	50	46	37
8	44	45	60
9	70	65	55
10	75	55	60
11	70	65	56
12	55	43	55
13	50	47	55
14	69	56	46
15	58	50	50
16	46	46	39
17	50	50	45
18	38	41	41
19	56	47	45
20	40	40	35
21	55	45	66
22	80	50	56
23	77	70	45
24	45	50	45
25	60	60	90
26	45	55	88
27	50	39	77
28	50	55	74

ตารางผนวกที่ ค4 (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกก่อนสัญญาณไฟเหลืองแสดงขึ้น 10 วินาที (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
29	55	52	75
30	63	66	80
31	69	75	68
32	46	68	69
33	56	77	88
34	66	68	68
35	69	71	62
36	63	75	69
37	44	66	71
38	54	69	70
39	56	66	76
40	63	61	55
41	54	63	68
42	49	59	59
43	42	50	60
44	50	69	66
45	66	80	63
46	69	66	68
47	55	80	59
48	70	33	67
49	82	45	66
50	90	66	69
51	55	55	80
52	49	45	102
53	45	40	55
54	55	55	69
55	65	65	70
56	39	68	66
57	45	44	70
58	68	39	55

ตารางผนวกที่ ค4 (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกก่อนสัญญาณไฟเหลืองแสดงขึ้น 10 วินาที (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
59	66	65	59
60	53	46	68
61	55	51	69
62	50	58	64
63	52	68	59
64	49	63	66
65	84	55	55
66	66	68	50
67	47	64	46
68	45	66	49
69	66	55	66
70	65	48	59
71	65	49	58
72	55	80	66
73	47	77	78
74	43	46	60
75	49	55	56
76	59	65	65
77	69	69	55
78	70	70	80
79	77	90	67
80	65	66	63
81	55	68	65
82	66	70	80
83	55	55	66
84	56	69	69
85	65	49	56
86	66	66	68
87	75	56	66
88	65	55	65

ตารางผนวกที่ ๔ (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกก่อนสัญญาณไฟเหลืองแสดงขึ้น 10 วินาที (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
89	55	65	69
90	59	53	46
91	53	54	59
92	52	39	66
93	65	50	64
94	65	66	46
95	66	60	49
96	50	59	55
97	43	60	51
98	44	55	50
99	65	69	53
100	58	60	59
101	65	66	66
102	66	65	90
103	63	65	98
104	40	64	66
105	36	68	87
106	66	55	81
107	59	102	83
108	57	61	55
109	54	58	66
110	51	55	59
111	50	66	64
112	53	53	58
113	66	44	66
114	65	66	70
115	72	50	75
116	45	65	65
117	65	55	55
118	55	50	69

ตารางผนวกที่ ค4 (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกก่อนสัญญาณไฟเหลืองแสดงขึ้น 10 วินาที (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
119	77	70	71
120	65	69	72
121	45	55	66
122	58	59	69
123	65	66	90
124	85	69	84
125	66	65	86
126	65	68	83
127	55	99	70
128	59	69	44
129	60	55	46
130	66	87	55
131	65	66	76
132	69	55	82
133	64	59	66
134	63	66	68
135	68	75	69
136	65	68	75
137	55	69	78
138	50	66	71
139	41	48	73
140	42	69	66
141	48	55	63
142	49	57	53
143	46	59	55
144	39	68	69
145	55	59	71
146	50	66	66
147	56	46	69
148	65	55	54

ตารางผนวกที่ ค4 (ต่อ)

รอบที่	ความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคลวิ่งผ่านทางแยกก่อนสัญญาณไฟเหลืองแสดงขึ้น 10 วินาที (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)		
149	70	69	56
150	54	64	66

ความเร็วเฉลี่ยที่ผ่านทางแยกมีค่าเท่ากับ 61 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 11.78

ภาคผนวก ง

ตารางแสดงจำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟแดง ณ ทางแยกสัญญาณไฟจราจร

ตารางผนวกที่ ๑ จำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟแดง ณ ทางแยกสัญญาณไฟจราจร (ช่วงเวลาปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)

รอบที่	จำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟแดง (คันต่อรอบสัญญาณไฟจราจร)			รวม
	รถจักรยานยนต์	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	รถโดยสารประจำทาง	
1				0
2	1	5		6
3				0
4		4		4
5	2	1		3
6	2	1		3
7	1	1		2
8		2		2
9		1		1
10	2	2		4
11		3		3
12	2	1	1	4
13	1	1		2
14		2		2
15				0
16		1		1
17		1		1
18		1	1	2
19		1		1
20	1	2		3
21	1	1		2
22		1	1	2
23		2		2
24				0
25		2		2
26		1		1

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

รอบที่	จำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟแดง (คันต่อรอบสัญญาณไฟจราจร)			รวม
	รถจักรยานยนต์	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	รถโดยสารประจำทาง	
27	1	2		3
28				0
29		2		2
30		1	1	2
31			1	1
32		1	1	2
33		4		4
34		1		1
35		1		1
36		1		1
37				0
38				0
39		2		2
40		1	1	2
41		2		2
42	2	5		7
43		2		2
44	1	2		3
45				0
46		4		4
47		3		3
48		1		1
49		3		3
50		1		1
51		4		4
52		2		2
53		2		2

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

รอบที่	จำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟแดง (คันต่อรอบสัญญาณไฟจราจร)			รวม
	รถจักรยานยนต์	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	รถโดยสารประจำทาง	
54		3		3
55		3		3
56		2		2
57	1			1
58				0
59		3		3
60				0
61		1		1
62		1		1
63		3		3
64		1		1
65	2	3		5
66		1		1
67		1	1	2
68	2	2		4
69				0
70		5		5
71		1	1	2
72	1	4		5
73	2	5	1	8
74	1	3	1	5
75		2		2
76		7		7
77		4		4
78		4		4
79	3			3
80	1	5		6

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

รอบที่	จำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟแดง (คันต่อรอบสัญญาณไฟจราจร)			รวม
	รถจักรยานยนต์	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	รถโดยสารประจำทาง	
81	1	3		4
82		5		5
83	2			2
84		2		2
85		4	1	5
86		2		2
87		3		3
88		1		1
89		1		1
90		4		4
91		2	1	3
92	1	1		2
93		3		3
94		3		3
95		5		5
96		3	1	4
97		5		5
98		4		4
99	1	2		3
100		3		3
101		3		3
102	2	4		6
103	2	3		5
104		5	1	6
105		3		3
106	1	3		4
107	2	3		5

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

รอบที่	จำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟแดง (คันต่อรอบสัญญาณไฟจราจร)			รวม
	รถจักรยานยนต์	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	รถโดยสารประจำทาง	
108		5		5
109		3		3
110		4		4
111		4		4
112	1	1		2
113	1	2		3
114	2	2		4
115	2			2
116		3		3
117		3		3
118		1		1
119		3	1	4
120		5		5
121	2	5		7
122		4	2	6
123		4		4
124		3		3
125	1	2		3
126		5		5
127		3	1	4
128	3	2		5
129		2		2
130		2		2
131	3			3
132		6		6
133	2	5		7
134		2		2

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

รอบที่	จำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟแดง (คันต่อรอบสัญญาณไฟจราจร)			รวม
	รถจักรยานยนต์	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	รถโดยสารประจำทาง	
135		1		1
136		4	1	5
137	3	3		6
138	3	2		5
139		2		2
140		6		6
141		5		5
142	2	5		7
143	1	2		3
144	1	3		4
145		5		5
146		5		5
147		2		2
148		2	1	3
149		6		6
150	2	5		7
รวม	71	367	21	459

จำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟแดงเฉลี่ย 2.91 คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคลต่อรอบสัญญาณไฟจราจร
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.89

ตารางผนวกที่ 2 จำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟแดง ณ ทางแยกสัญญาณไฟจราจร (ช่วงเวลาเปิดสัญญาณไฟจราจรแบบแสดงเวลา)

รอบที่	จำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟแดง (คันต่อรอบสัญญาณไฟจราจร)			รวม
	รถจักรยานยนต์	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	รถโดยสารประจำทาง	
1				0
2				0
3				0
4				0
5				0
6		2		2
7		1		1
8		1		1
9	1	1		2
10	1	3	1	5
11		1		1
12	3			3
13		3		3
14	2	3		5
15	1			1
16		1		1
17		2		2
18	2	3		5
19	2	1	1	4
20		2		2
21	1	1		2
22		2		2
23		2		2
24		4		4
25	1	4		5
26	2	2		4

ตารางผนวกที่ ๒ (ต่อ)

รอบที่	จำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟแดง (คันต่อรอบสัญญาณไฟจราจร)			รวม
	รถจักรยานยนต์	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	รถโดยสารประจำทาง	
27				0
28		1		1
29		2		2
30	1	4		5
31				0
32				0
33	1	1		2
34	4			4
35	2	5		7
36		7		7
37				0
38		3		3
39		4		4
40				0
41	2	3		5
42				0
43				0
44		3		3
45				0
46		2		2
47		2		2
48		3		3
49		2		2
50		1		1
51	1	2		3
52		3		3
53		3		3

ตารางผนวกที่ ๑๒ (ต่อ)

รอบที่	จำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟ (คันต่อรอบสัญญาณไฟจราจร)			รวม
	รถจักรยานยนต์	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	รถโดยสารประจำทาง	
54	3	4		7
55				0
56		4		4
57				0
58		3		3
59		2		2
60	1	2		3
61	1	2		3
62		4		4
63	1	3		4
64				0
65	1			1
66		4		4
67		4		4
68				0
69		1		1
70		2		2
71		3		3
72		1		1
73				0
74		3		3
75		3		3
76		2		2
77		2		2
78				0
79		2		2
80	1	2		3

ตารางผนวกที่ ๒ (ต่อ)

รอบที่	จำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟแดง (คันต่อรอบสัญญาณไฟจราจร)			รวม
	รถจักรยานยนต์	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	รถโดยสารประจำทาง	
81				0
82				0
83		3		3
84	1	3		4
85	1	2		3
86		2		2
87		2		2
88		3		3
89		3		3
90		4		4
91				0
92		2		2
93		2		2
94		3		3
95	2	4		6
96		4		4
97		2		2
98		2		2
99				0
100				0
101		3		3
102		2	1	3
103				0
104		1		1
105		4		4
106				0
107				0

ตารางผนวกที่ ๑2 (ต่อ)

รอบที่	จำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟแดง (คันต่อรอบสัญญาณไฟจราจร)			รวม
	รถจักรยานยนต์	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	รถโดยสารประจำทาง	
108		3		3
109		1		1
110	1	4		5
111				0
112				0
113		2		2
114				0
115				0
116	2	3	1	6
117		4		4
118				0
119		2		2
120		3		3
121		2		2
122				0
123		2		2
124	1	3	1	5
125		2		2
126				0
127				0
128		2		2
129	1	3		4
130		2	1	3
131				0
132		3		3
133		3		3
134				0

ตารางผนวกที่ ๒ (ต่อ)

รอบที่	จำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟ (คันต่อรอบสัญญาณไฟจราจร)			รวม
	รถจักรยานยนต์	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	รถโดยสารประจำทาง	
135		2		2
136				0
137		1		1
138		2		2
139				0
140				0
141				0
142		1		1
143		2		2
144	1			1
145		1		1
146				0
147				0
148			1	1
149	1			1
150		2		2
รวม	47	251	7	305

จำนวนรถที่ฝ่าสัญญาณไฟจราจรเฉลี่ย 1.88 คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคลต่อรอบสัญญาณไฟจราจร
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.63

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายปกาสิต จิรศักดิ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 8 มีนาคม 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดเพชรบูรณ์
ประวัติการศึกษา	วศ.บ.(วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	Award for Excellent Performance of Special Technology Award, TIC 100 in Taiwan
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-