

พฤติกรรมกรยอมรับช่องว่างของผู้ขับขียานพาหนะบริเวณทางแยก  
ในพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมา

นางสาววิลาสินี เป้าน้อย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี  
ปีการศึกษา 2554

**GAP ACCEPTANCE BEHAVIOR AT INTERSECTIONS  
IN NAKHON RATCHASIMA MUNICIPALITY AREA**

**Wilasinee Poanoi**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the  
Degree of Master of Engineering in Transportation Engineering**

**Suranaree University of Technology**

**Academic Year 2011**

พฤติกรรมกรยอมรับช่องว่างของผู้ขับขียานพาหนะบริเวณทางแยก  
ในพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

\_\_\_\_\_

(รศ. ดร. วัฒนวงศ์ รัตนวราห)

ประธานกรรมการ

\_\_\_\_\_

(อ. ดร. ศิริดล ศิริขจร)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

\_\_\_\_\_

(อ. ดร. รัฐพล ภูบุบผาพันธ์)

กรรมการ

\_\_\_\_\_

(ศ. ดร. ชูกิจ ลิ้มปิงานงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

\_\_\_\_\_

(รศ. ร.อ. ดร. กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

วิลาสินี เป้าน้อย : พฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกใน  
พื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมา (GAP ACCEPTANCE BEHAVIOR AT  
INTERSECTIONS IN NAKHON RATCHASIMA MUNICIPALITY AREA)  
อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.ศิริคล ศิริธร, 170 หน้า.

การตัดสินใจยอมรับช่องว่างเพื่อเลี่ยงตัวกระแสดจราจรมีผลต่อความจุของการเคลื่อนที่ใน  
ทิศทางนั้น ๆ และมีผลต่อการตัดสินใจติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมหรือสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก  
งานวิจัยพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อต้องการ  
วิเคราะห์หาค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของผู้ขับขี่ยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น  
สองประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ รถจักรยานยนต์ และรถยนต์นั่ง 4 ล้ออื่น ๆ บริเวณทางแยกในพื้นที่เขต  
เทศบาลนครนครราชสีมา และวิเคราะห์การกระจายตัวของช่องว่างสัมพันธ์กับอัตราการไหลของ  
กระแสดจราจรหลัก โดยเปรียบเทียบทฤษฎีการกระจายตัวแบบ negative exponential กับการกระจาย  
ตัวของช่องว่างในสถานการณ์จริง จากการวิเคราะห์พบว่าค่าช่องว่างวิกฤติสำหรับการเลี่ยงขวาจาก  
ทางหลักเข้าซอยอยู่ในช่วง 6 ถึง 9 วินาที ค่าช่องว่างวิกฤติสำหรับการกลับรถบนทางหลักมีค่า  
ระหว่าง 5 ถึง 9 วินาที และ ค่าช่องว่างวิกฤติสำหรับการเลี้ยวซ้ายออกจากซอยมีค่าระหว่าง 4 ถึง 10  
วินาที และค่าความแปรปรวนของช่องว่าง ลดลงเมื่อปริมาณการไหลของกระแสดจราจรเพิ่มขึ้น และ  
ความจุของการเคลื่อนที่ในทิศทางต่าง ๆ สามารถคำนวณได้จากปริมาณช่องว่างที่สามารถใช้ได้และ  
เวลาในการเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะ

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง  
ปีการศึกษา 2554

ลายมือชื่อนักศึกษา \_\_\_\_\_  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา \_\_\_\_\_

WILASINEE POANOI : GAP ACCEPTANCE BEHAVIOR AT  
INTERSECTIONS IN NAKHON RATCHASIMA MUNICIPALITY AREA.  
THESIS ADVISOR : SIRADOL SIRIDHARA, Ph.D., 170 PP.

ACCEPTED GAP/REJECTED GAP/CRITICAL GAP/GAP DISTRIBUTION/  
FOLLOW-UP TIME

The gap acceptance decision for crossing traffic stream affected the capacity of traffic flow and the decision to install a traffic control device at an intersection. The main objective of the gap acceptance behavior study was to determine critical gaps of two types of vehicles roughly classified into two categories: motorcycles and passenger cars and four-wheeled vehicles at intersections in Nakhon Ratchasima municipality area. Gap distribution was also analyzed in relationship with different levels of mainstream flow on the major road. The analysis compared theoretical Negative Exponential distribution with the observed distribution. The analysis showed that the critical gaps for right-turn movement from the main road were in a range of 6 and 9 seconds, the critical gaps of u-turn on the main road ranged between 5 and 9 seconds, and the critical gaps for left-turn out of the minor street ranged between 4 and 10 seconds. The variance of the gap decreased when the traffic flow increased. Finally the capacity of the flow movement could be calculated for accepted gap and the follow up time of vehicles.

School of Transport Engineering

Academic Year 2011

Student's Signature\_\_\_\_\_

Advisor's Signature\_\_\_\_\_

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บุคคล และกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ อย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการ และ ด้านการดำเนินงานวิจัย อาทิเช่น

อาจารย์ ดร.ศิริคล ศิริธร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่เมตตาให้การอบรมสั่งสอน ชี้แนะแนวทาง ช่วยเหลือในการทำวิจัย ตลอดจนหลักการและทฤษฎีที่สำคัญต่าง ๆ รวมทั้งให้คำแนะนำในการเขียน ตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห ประธานกรรมการ ที่กรุณาให้คำชี้แนะแนวทางการเขียน และช่วยตรวจเนื้อหาวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

อาจารย์ ดร.รัฐพล ภูบุบผาพันธ์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ข้อเสนอแนะและคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ทำให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

คุณอลิษา ศรีคราม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาในการจัดรูปแบบ และตรวจทานความถูกต้องของวิทยานิพนธ์

คุณวันเพ็ญ สืบสาย เลขานุการสาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการประสานงานด้านเอกสารต่าง ๆ ในระหว่างการศึกษา

คุณกาญจน์ ณ ศรีชะ ที่ให้ความกรุณาชี้แนะด้าน software ที่เป็นประโยชน์ในงานวิจัย กองทุนสนับสนุนการวิจัยฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ทุนสนับสนุนเพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ ครู คณาจารย์ทุกท่านที่ได้สั่งสอนประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย จนประสบผลสำเร็จในวันนี้

ท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้ความรัก ดูแลเอาใจใส่ อบรมสั่งสอนให้กำลังใจและส่งเสริมทางการศึกษาเป็นอย่างดี จนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิต

วิลาสินี เป้าน้อย

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฅ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ด
<b>บทที่</b>	
<b>1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
<b>2 ปรัชญ่วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>4</b>
2.1 การเข้าร่วมกระแสจรรยาและช่วงเวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน.....	4
2.2 ลักษณะการมาถึงของจรรยาและการกระจายตัวของช่องว่าง.....	6
2.3 ช่องว่างวิกฤติ (Critical Gap) และการยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance).....	9
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
<b>3 วิธีดำเนินการวิจัย.....</b>	<b>18</b>
3.1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย.....	18
3.2 การกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่ทำการศึกษาวิจัย.....	19
3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัย.....	23
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล.....	24

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5	วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	24
3.6	การถอดข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	26
3.6.1	การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance), การปฏิเสธช่องว่าง (Gap Rejection).....	27
3.6.2	การวิเคราะห์หาค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap).....	27
3.6.3	อัตราการไหลบนถนนสายหลัก (Main flow).....	29
3.6.4	การเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะ (Follow-up time).....	29
3.6.5	ความจุการเลี้ยวหรือความสามารถ รองรับปริมาณการจราจร (Turning capacity).....	30
4	การวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล.....	31
4.1	การยอมรับช่องว่างและปฏิเสธช่องว่าง (Gap Accepted and Rejected).....	31
4.2	ช่องว่างวิกฤติ (Critical Gap) และการยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance).....	32
4.2.1	การวิเคราะห์หาค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical Gap).....	32
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการกระจายตัว ของขนาดช่องว่างระหว่างรถและอัตราการไหลบริเวณทางแยก.....	46
4.4	การเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time or $t_f$ ).....	62
4.5	ความจุหรือความสามารถรองรับปริมาณการจราจร (Capacity).....	63
5	บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	106
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	106
5.1.1	ช่องว่างวิกฤติ (Critical gap).....	106
5.1.2	ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการกระจายตัว ของขนาดช่องว่างระหว่างรถและอัตราการไหล บริเวณทางแยก.....	108



## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างผลการคำนวณทางทฤษฎีของ Negative exponential Shifted negative exponential Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณ ของข้อมูลจากภาคสนาม).....	109
5.1.4 การเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time or $t_f$ ).....	110
5.1.5 ปริมาณความจุของการเลี้ยว (Turning capacity).....	111
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	112
รายการอ้างอิง.....	113
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ....	115
ภาคผนวก ข. ....	142
ภาคผนวก ค. ....	151
ภาคผนวก ง. ....	160
ประวัติผู้เขียน.....	167

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1	สรุปค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของผู้ขับจักรยานพาหนะ บริเวณแยกสี่บศิริ.....39
4.2	สรุปค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของผู้ขับจักรยานพาหนะ บริเวณแยกสุรนารายณ์.....46
4.3	แสดงค่าอัตราการไหลบนถนนสายหลัก (Main flow) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard deviation).....49
4.4	แสดงค่าอัตราการไหลบนถนนสายหลัก (Main flow) และค่าเฉลี่ยช่องว่าง (Average gap).....50
4.5	แสดงการสรุปค่าการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time or $t_f$ ).....63
4.6	แสดงค่าอัตราการไหล (Main flow) ของถนนสายหลัก และค่าปริมาณความจุ (Turning capacity) บนทางแยกถนนสี่บศิริ ของยานพาหนะประเภทที่ 1.....101
4.7	แสดงค่าอัตราการไหล (Main flow) ของถนนสายหลัก และค่าปริมาณความจุ (Turning capacity) บนทางแยกถนนสี่บศิริ ของยานพาหนะประเภทที่ 2.....101
4.8	แสดงค่าอัตราการไหล (Main flow) ของถนนสายหลัก และค่าปริมาณความจุ (Turning capacity) บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ ของยานพาหนะประเภทที่ 1.....98
4.9	แสดงค่าอัตราการไหล (Main flow) ของถนนสายหลัก และค่าปริมาณความจุ (Turning capacity) บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ ของยานพาหนะประเภทที่ 2.....102
5.1	แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของทางสามแยกถนนสี่บศิริ.....106
5.2	แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์.....107
5.3	แสดงค่าอัตราการไหลบนถนนสายหลัก บริเวณทางแยกที่ทำการศึกษา (Main flow).....108

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
5.4	แสดงปริมาณอัตราการไหลและความจุการล้นของยานพาหนะ ประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสี่บศิริ.....	111
5.5	แสดงปริมาณอัตราการไหลและความจุการล้นของยานพาหนะ ประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสี่บศิริ.....	111
5.6	แสดงปริมาณอัตราการไหลและความจุการล้นของยานพาหนะ ประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสุนทรารายณ์.....	112
5.7	แสดงปริมาณอัตราการไหลและความจุการล้นของยานพาหนะ ประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสุนทรารายณ์.....	112



## สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แผนภูมิแสดง time space diagram.....	5
2.2	ประเภทของการเข้าร่วมกระแสจราจรแบบ (a) ideal merge (b) force merge.....	6
2.3	กราฟแสดงการกระจายตัวของการยอมรับและการปฏิเสธช่องว่าง.....	10
3.1	แสดงสัญลักษณ์ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304.....	20
3.2	แสดงลักษณะทางกายภาพของถนนสี่ขีร์ในเขตเทศบาลตำบลปรางค์ชัย.....	20
3.3	แสดงลักษณะทางกายภาพระหว่างทางหลวงสาย 24 และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304.....	21
3.4	แสดงลักษณะทางกายภาพของทางสามแยกถนนสี่ขีร์ตัดกับสี่ขีร์ซอย 3.....	22
3.5	แสดงลักษณะทางกายภาพของทางสามแยกถนนหมายเลข 205 (สุรนารายณ์) ตัดกับถนนเจนจบทิศ (ถนนสุรนารายณ์ซอย 15).....	23
3.6	แสดงตำแหน่งที่ตั้งกล้องถ่ายวิดีโอเก็บข้อมูล บริเวณทางสามแยกถนนสี่ขีร์ตัดกับสี่ขีร์ซอย 3.....	25
3.7	แสดงตำแหน่งที่ตั้งกล้องถ่ายวิดีโอเก็บข้อมูล บริเวณทางแยกถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 ตัดกับถนนเจนจบทิศ.....	26
4.1	แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เกี่ยวข้องกับตัดกระแสจราจร สายหลักเข้าสู่ถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสี่ขีร์ช่วงเช้า.....	33
4.2	แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เกี่ยวข้องออกจากถนนสายรอง เข้าสู่ถนนสายหลักของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสี่ขีร์ช่วงเช้า.....	33
4.3	แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่กลับรถบนถนนสายหลัก ของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสี่ขีร์ช่วงเช้า.....	34
4.4	แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เกี่ยวข้องกับตัดกระแสจราจร สายหลักเข้าสู่ถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสี่ขีร์ช่วงบ่าย.....	34

## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.5	แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เกี่ยวข้องออกจากถนนสายรอง เข้าสู่ถนนสายหลักของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสี่ขีริช่วงบาย .....	35
4.6	แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่กลับรถบนถนนสายหลัก ของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสี่ขีริช่วงบาย .....	35
4.7	แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เกี่ยวข้องตัดกระแสจราจร สายหลักเข้าสู่ถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสี่ขีริช่วงเข้า .....	36
4.8	แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เกี่ยวข้องออกจากถนนสายรอง เข้าสู่ถนนสายหลักของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสี่ขีริช่วงเข้า .....	36
4.9	แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่กลับรถบนถนนสายหลัก ของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสี่ขีริช่วงเข้า .....	37
4.10	แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เกี่ยวข้องตัดกระแสจราจร สายหลักเข้าสู่ถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสี่ขีริช่วงบาย .....	37
4.11	แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เกี่ยวข้องออกจากถนนสายรอง เข้าสู่ถนนสายหลักของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสี่ขีริช่วงบาย .....	38
4.12	แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่กลับรถบนถนนสายหลัก ของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสี่ขีริช่วงบาย .....	38
4.13	แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เกี่ยวข้องตัดกระแสจราจร สายหลักเข้าสู่ถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงเข้า .....	40

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.14 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เกี่ยวข้องออกจากถนนสายรอง เข้าสู่ถนนสายหลักของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงเช้า.....	40
4.15 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่กั้บรถบนถนนสายหลัก ของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงเช้า.....	41
4.16 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เกี่ยวข้องตัดกระแสจราจร สายหลักเข้าสู่ถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงบ่าย.....	41
4.17 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เกี่ยวข้องออกจากถนนสายรอง เข้าสู่ถนนสายหลักของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงบ่าย.....	42
4.18 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่กั้บรถบนถนนสายหลัก ของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงบ่าย.....	42
4.19 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เกี่ยวข้องเข้าสู่ถนนสายรอง ของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงบ่าย.....	43
4.20 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เกี่ยวข้องออกจากถนนสายรอง ของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงบ่าย.....	43
4.21 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่กั้บรถบนถนนสายหลัก ของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงบ่าย.....	44
4.22 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เกี่ยวข้องเข้าสู่ถนนสายรอง ของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงบ่าย.....	44
4.23 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เกี่ยวข้องออกจากถนนสายรอง เข้าสู่ถนนสายหลักของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงบ่าย.....	45
4.24 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่กั้บรถบนถนนสายหลัก ของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงบ่าย.....	45

## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.25	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนและขนาดของช่องว่าง บนถนนสี่ขีรีช่วงเช้า.....	47
4.26	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนและขนาดของช่องว่าง บนถนนสี่ขีรีช่วงบ่าย.....	47
4.27	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนและขนาดของช่องว่าง บนถนนสุรนารายณ์ช่วงเช้า.....	48
4.28	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนและขนาดของช่องว่าง บนถนนสุรนารายณ์ช่วงบ่าย.....	58
4.29	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลบนถนนสายหลัก และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน.....	49
4.30	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลบนถนนสายหลัก และค่าเฉลี่ยช่องว่าง.....	50
4.31	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential, Shifted negative exponential Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสี่ขีรีตัดกับสี่ขีรีซอย 3 ช่วงครึ่งชั่วโมงแรกตอนเช้า.....	52
4.32	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential Shifted negative exponential, Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสี่ขีรีตัดกับสี่ขีรีซอย 3 ช่วงครึ่งชั่วโมงหลังตอนเช้า.....	53
4.33	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential Shifted negative exponential, Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสี่ขีรีตัดกับสี่ขีรีซอย 3 ช่วงครึ่งชั่วโมงแรกตอนบ่าย.....	54

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.34	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential, Shifted negative exponential, Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสี่ขีรตัดกับสี่ขีรซอย 3 ช่วงครึ่งชั่วโมงหลังตอนบ่าย.....	55
4.35	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential, Shifted negative exponential, Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสี่ขีรตัดกับสี่ขีรซอย 3 ทั้งช่วงเช้าและช่วงบ่าย.....	56
4.36	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential, Shifted negative exponential, Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสุรนารายณ์ตัดกับถนนเจนจบทิศ(สุรนารายณ์ซอย 15) ช่วงครึ่งชั่วโมงแรกตอนเช้า.....	57
4.37	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential, Shifted negative exponential, Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสุรนารายณ์ตัดกับถนนเจนจบทิศ(สุรนารายณ์ซอย 15) ช่วงครึ่งชั่วโมงหลังตอนเช้า.....	58
4.38	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential, Shifted negative exponential, Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสุรนารายณ์ตัดกับถนนเจนจบทิศ(สุรนารายณ์ซอย 15) ช่วงครึ่งชั่วโมงแรกตอนบ่าย.....	59



## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
4.39	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential, Shifted negative exponential, Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสุรนารายณ์ตัดกับถนนเจนจบทิศ(สุรนารายณ์ซอย 15) ช่วงครึ่งชั่วโมงหลังตอนบ่าย.....	60
4.40	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential, Shifted negative exponential, Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสุรนารายณ์ตัดกับถนนเจนจบทิศ ทั้งช่วงเช้าและช่วงบ่าย.....	61
4.41	กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลัก บนทางแยกถนนสี่บิสิริช่วงเช้าของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลัก.....	64
4.42	กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลัก บนทางแยกถนนสี่บิสิริช่วงเช้าของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่กลับรถบนกระแสจราจรสายหลัก.....	65
4.43	กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลัก บนทางแยกถนนสี่บิสิริช่วงเช้าของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรอง.....	67
4.44	กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลัก บนทางแยกถนนสี่บิสิริช่วงบ่ายของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลัก.....	68
4.45	กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลัก บนทางแยกถนนสี่บิสิริช่วงบ่ายของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่กลับรถบนกระแสจราจรสายหลัก.....	70

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.46 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลัก บนทางแยกถนนสี่บศิริช่วงป่าของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่เลีย่วซ้ายออกจากถนนสายรอง.....	72
4.47 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลัก บนทางแยกถนนสี่บศิริช่วงเข้าของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่เลีย่วขวาตัดกระแสจราจรสายหลัก.....	73
4.48 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลัก บนทางแยกถนนสี่บศิริช่วงเข้าของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่กลับรถบนถนนสายหลัก.....	75
4.49 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลัก บนทางแยกถนนสี่บศิริช่วงเข้าของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่เลีย่วซ้ายออกจากถนนสายรอง.....	76
4.50 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลัก บนทางแยกถนนสี่บศิริช่วงป่าของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่เลีย่วขวาตัดกระแสจราจรสายหลัก.....	78
4.51 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลัก บนทางแยกถนนสี่บศิริช่วงป่าของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่กลับรถบนถนนสายหลัก.....	79
4.52 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลัก บนทางแยกถนนสี่บศิริช่วงป่าของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่เลีย่วซ้ายออกจากถนนสายรอง.....	81
4.53 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลัก บนทางแยกถนนสุนารายณ์ช่วงเข้าของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่เลีย่วขวาตัดกระแสจราจรสายหลัก.....	82

## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.54 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจากรสายหลัก บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงเข้าของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่กลับรถบนกระแสจากรสายหลัก.....	84
4.55 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจากรสายหลัก บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงเข้าของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรอง.....	85
4.56 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจากรสายหลัก บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงบายของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจากรสายหลัก.....	87
4.57 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจากรสายหลัก บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงบายของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่กลับรถบนกระแสจากรสายหลัก.....	89
4.58 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจากรสายหลัก บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงบายของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรอง.....	91
4.59 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจากรสายหลัก บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงเข้าของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจากรสายหลัก.....	92
4.60 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจากรสายหลัก บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงเข้าของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่กลับรถบนกระแสจากรสายหลัก.....	94
4.61 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจากรสายหลัก บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงเข้าของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรอง.....	95
4.62 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจากรสายหลัก บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงบายของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจากรสายหลัก.....	97

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
4.63	กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลัก บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงป่าของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่กลับรถบนกระแสจราจรสายหลัก.....	98
4.64	กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลัก บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงป่าของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรอง.....	100
4.65	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการไหล บนกระแสจราจรสายหลัก (Main flow) และความจุของการเลี้ยว (Turning capacity) ในรูปแบบต่าง ๆ ของยานพาหนะประเภทที่ 1.....	103
4.66	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการไหล บนกระแสจราจรสายหลัก (Main flow) และความจุของการเลี้ยว (Turning capacity) ในรูปแบบต่าง ๆ ของยานพาหนะประเภทที่ 2.....	104

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

s	=	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจายเวลาระหว่างยานพาหนะ
u	=	ค่าเฉลี่ยช่องว่าง (Average gap)
$T_f$	=	การเคลื่อนที่ตามกัน (Follow up time)
$G_c$	=	ช่องว่างวิกฤติ (sec)
$\bar{t}$	=	ความห่างระหว่างยานพาหนะโดยเฉลี่ย (seconds per vehicle)
$\alpha$	=	ค่าคาดหวังเวลาที่น้อยที่สุดระหว่างยานพาหนะ
K	=	ค่าคงที่
$\lambda$	=	ฟังก์ชันพารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยระหว่างยานพาหนะและใช้เป็นฟังก์ชันพารามิเตอร์ของทั้ง K, $\alpha$
e	=	ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 2.71828

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการพัฒนาเทคโนโลยีเป็นไปอย่างรวดเร็วทำให้ประชากรมีความสามารถครอบครองรถยนต์ส่วนบุคคลสมรรถนะสูงในราคาที่สามารจ่ายได้ เป็นเหตุให้ปริมาณจราจรเพิ่มสูงขึ้นในเส้นทางสายต่าง ๆ อย่างรวดเร็วรวมทั้งระดับความเร็วของรถที่เพิ่มขึ้นทุกปี สิ่งเหล่านี้ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดอันตราย ณ จุดตัดทางแยกหลายแห่งไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยในการออกแบบที่สอดคล้องกับสภาพการณ์ในปัจจุบัน นอกจากนั้นลักษณะของอุบัติเหตุที่ทางแยกเหล่านี้มักจะเป็นอุบัติเหตุร้ายแรง เนื่องจากมักเป็นการชนกันในมุมปะทะที่ใกล้เคียงมุมฉากที่มีความรุนแรงถึงชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางแยกที่ไม่มีการควบคุมสัญญาณไฟ ในกรณีดังกล่าวผู้ขับขี่จะตัดสินใจหรือขับรถออกตัวผ่านกระแสระจราจรโดยอาศัยเพียงการกะประมาณระยะของรถในกระแสระจราจรที่ขัดแย้งและประสบการณ์ในการขับขี่ของแต่ละบุคคล

สาเหตุเริ่มต้นของอุบัติเหตุที่ทางแยกอาจเกิดจากสองปัจจัย ได้แก่ ความผิดพลาดในการประมาณช่องว่างระหว่างรถในกระแสระจราจรที่ไม่สัมพันธ์กับความสามารถในการออกตัวของรถ หรือความสามารถในการขับขี่ และความหุนหันุนใจที่ต้องใช้เวลาในการรอนานเนื่องจากไม่มีช่องว่างที่เหมาะสมในกระแสระจราจรหลักที่รถจะสามารถเข้ามาร่วมได้ สาเหตุแรกเป็นเรื่องของความสามารถในการรับรู้และตอบสนองของแต่ละบุคคล ส่วนสาเหตุที่สองเป็นปัญหาที่เกิดมาจากการพิจารณาเลือกอุปกรณ์ควบคุมทางแยกที่ไม่เหมาะสม จึงไม่สามารถให้บริการแก่รถในทางสายรองได้อย่างเพียงพอ

ในหลายประเทศที่มีมาตรฐานการออกแบบการควบคุมทางแยกโดยอ้างอิงจากความปลอดภัยเป็นหลักจะมีคู่มือแสดงข้อกำหนดในการพิจารณาใช้ป้ายเตือน ป้ายให้ทาง ป้ายหยุด และสัญญาณไฟประเภทต่าง ๆ รวมทั้งสัญญาณคนข้ามถนน ขณะที่ในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มี การกำหนดเกณฑ์มาตรฐานที่ชัดเจนในการพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟที่อ้างอิงกับช่องว่างและ การยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ แม้ว่าจะมีการประยุกต์นำมาตรฐานบางข้อของสหรัฐอเมริกามาใช้ แต่ก็ไม่ได้มีการปฏิบัติอย่างเคร่งครัด และพฤติกรรมการเกิดและการยอมรับช่องว่างของประเทศ ไทยอาจจะแตกต่างจากประเทศสหรัฐอเมริกาเนื่องจากลักษณะนิสัยในการขับขี่และสภาพแวดล้อม ทางสังคมที่แตกต่างกัน การศึกษาเกี่ยวกับช่องว่างและการยอมรับช่องว่างจึงเป็นบันไดขั้นสำคัญ

ที่สามารถนำไปสู่ข้อสรุปในการพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจรเพื่อความปลอดภัยและให้สอดคล้องกับพฤติกรรมจราจรของชาวไทยได้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะศึกษาในเรื่องของพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกในเขตเทศบาลเมือง นครราชสีมา โดยมีวัตถุประสงค์หลักดังต่อไปนี้

1.2.1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการกระจายตัวของขนาดช่องว่างระหว่างรถและอัตราการไหลบริเวณทางแยก

1.2.2 ศึกษาพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

- การยอมรับช่องว่างของการเลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรบนทางสายหลัก
- การยอมรับช่องว่างของการเลี้ยวซ้ายออกจากทางสายรอง
- การยอมรับช่องว่างของการกลับรถบนถนนสายหลัก

1.2.3 ศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนที่ตัดกระแสจราจรตามกันโดยใช้ช่องว่างเดียวกัน

1.2.4 ศึกษาถึงปัจจัยด้านอื่น ๆ อาทิเช่น อัตราการไหล ความจุการเลี้ยว ที่ควรจะนำมาพิจารณาในการตัดสินใจติดตั้งสัญญาณไฟจราจรในลำดับต่อไป

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาช่องว่างและพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างนี้จะเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1.3.1 ทางแยกที่ไม่มีการควบคุมด้วยสัญญาณไฟ บนถนนที่มีเกาะกลางชัดเจนในพื้นที่เทศบาลนครอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

1.3.2 ทำการเก็บข้อมูลทางแยกตัวอย่าง 2 ทางแยก สำหรับการยอมรับช่องว่างแต่ละประเภท โดยทางแยกตัวอย่างจะต้องมีปริมาณจราจรปานกลาง ไม่มีปริมาณจราจรมากเกินไปจนเกิดการติดขัดหรือการเข้าร่วมกระแสจราจรแบบบังคับ (Forced Cut or Forced Merge) และไม่มีปริมาณจราจรน้อยเกินไปจนไม่สามารถวิเคราะห์การปฏิเสธช่องว่าง (Gap Rejection) ได้

1.3.3 เก็บตัวอย่างข้อมูลทางแยก ทางแยกละ 1 สัปดาห์ ในวันอังคาร พุธ และพฤหัสบดี โดยแบ่งช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ช่วงเวลาคือ ช่วงเช้าเวลา 10:30 – 11:30 น. และช่วงบ่ายเวลา 14:30 – 15:30 น. แต่ละช่วงเวลาทำการสำรวจครั้งละ 1 ชั่วโมง

## 1.4 ขั้นตอนการวิจัย

- 1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.2 คัดเลือกทางแยกที่จะทำการศึกษา
- 1.4.3 เก็บบันทึกข้อมูล
- 1.4.4 นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมาวิเคราะห์
- 1.4.5 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการศึกษาวิจัยพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะ บริเวณทางแยกในเขตพื้นที่เทศบาลนครราชสีมา ที่เกิดขึ้นในกระแสดจราจรเมื่อเทียบกับอัตราการใช้ในแต่ละประเภทของถนน การยอมรับช่องว่างของรถที่เลี้ยวขวา การยอมรับช่องว่างของรถที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรอง การยอมรับช่องว่างของรถที่อยู่ในช่องจราจรการกลับรถบนถนนสายหลัก ศึกษาถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อความจุของทางแยกและการเกิดอุบัติเหตุและศึกษาช่วงเวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน จะทำให้ทราบถึง

- 1.5.1 เวลาของช่องว่างและการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะบนโครงข่ายการจราจร
- 1.5.2 สามารถนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าช่องว่างวิกฤติของรถที่รอการเลี้ยวในแต่ละประเภท
- 1.5.3 สามารถนำผลการวิจัยนี้มาวางแผนและกำหนดเป็นมาตรฐานช่องว่างและการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะได้อย่างชัดเจน
- 1.5.4 สามารถนำผลการวิจัยมาใช้ในการออกแบบสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกให้สอดคล้องกับปริมาณความจุบนโครงข่าย อัตราการใช้ของกระแสดจราจรบนโครงข่ายถนนได้



## บทที่ 2

### ปรัทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้เป็นการศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องซึ่งได้อธิบายถึงทฤษฎีพื้นฐานและปรากฏการณ์การยอมรับช่องว่างในกระแสรถของรถที่แทรกตัวเข้าสู่กระแสรถสายหลัก โดยเป็นการศึกษาที่เริ่มจากระดับจุลภาคที่วิเคราะห์ถึงพฤติกรรมรถที่แทรกตัวเข้าสู่ช่องว่างในกระแสรถสายหลัก

#### 2.1 การเข้าร่วมกระแสรถและช่วงเวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน

การเข้าร่วมกระแสรถจากทางเข้าของทางหลวงมีองค์ประกอบที่จะต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

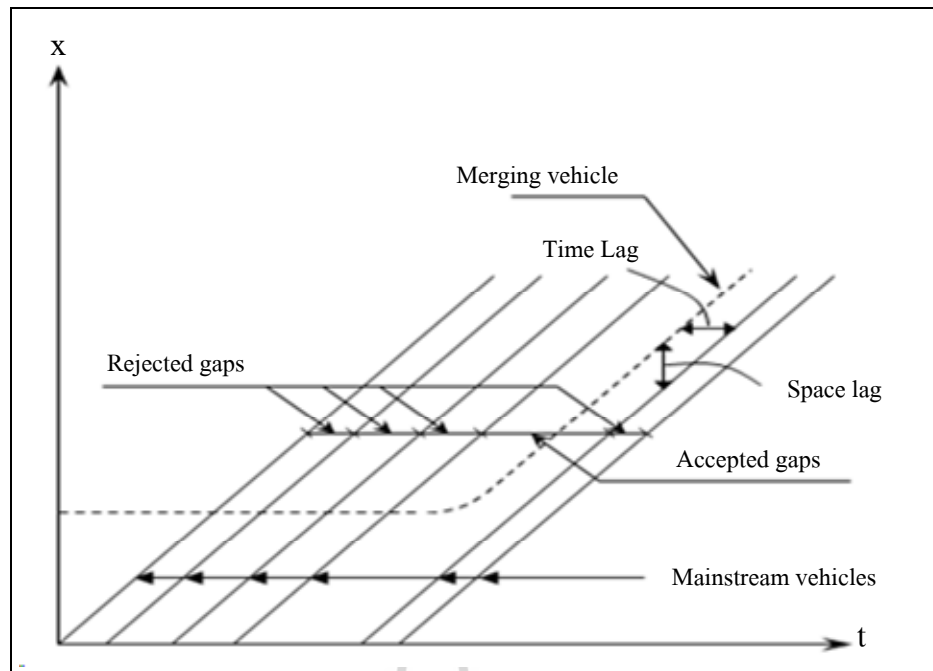
2.1.1 Time Headway คือ ค่าความแตกต่างของเวลาที่รถคันหนึ่งและรถอีกคันหนึ่งที่วิ่งตามหลังกันมาเคลื่อนที่มาถึงยังจุดอ้างอิงเดียวกัน

2.1.2 Space Headway คือ ระยะห่างระหว่างรถคันหน้าและรถคันหลังที่วิ่งตามกันมา

2.1.3 Gap คือ ขนาดช่องว่างที่ยานพาหนะต้องการแทรกตัวเข้าสู่กระแสรถระหว่างรถสองคันได้อย่างปลอดภัย

2.1.4 Time Lag คือ เวลาระหว่างยานพาหนะบนถนนสายรองที่แทรกตัวเข้าสู่กระแสรถสายหลัก ณ จุดอ้างอิงที่กำหนดกับรถที่วิ่งในกระแสรถสายหลักมาถึงยังจุดอ้างอิงเดียวกัน

2.1.5 Space Lag คือ ระยะห่างระหว่างยานพาหนะบนถนนสายรองที่แทรกตัวเข้าสู่กระแสรถสายหลัก ณ เวลาใดเวลาหนึ่งกับยานพาหนะที่วิ่งเคลื่อนที่ในกระแสรถสายหลักมาถึงยังจุดอ้างอิงเดียวกัน



รูปที่ 2.1 แผนภูมิแสดง time space diagram

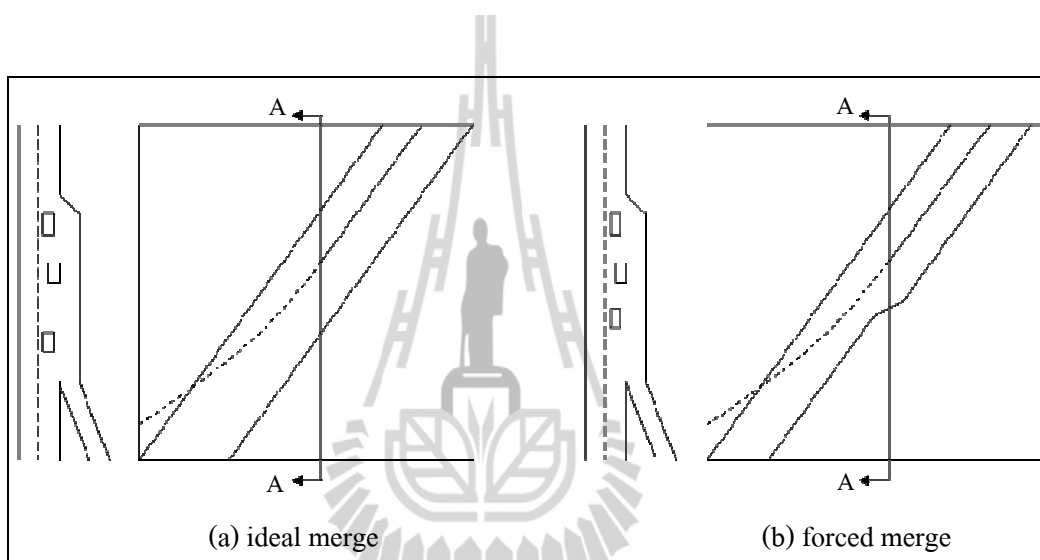
จากรูปที่ 2.1 เป็นแผนภาพแสดงลักษณะการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักของยานพาหนะบนถนนสายรอง ขณะที่ยานพาหนะในถนนสายรองทำการรอเพื่อที่จะแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักก็ได้มียานพาหนะบนถนนสายหลักวิ่งผ่านมาเรื่อย ๆ แต่ช่องว่างที่มีดังกล่าวมีความกว้างไม่มากพอจึงไม่สามารถทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักได้ ลักษณะการเกิดปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ปรากฏการณ์การไม่ยอมรับช่องว่างหรือ Rejected gaps และผู้ขับขี่ยานพาหนะในถนนสายรองรอจนกระทั่งประเมินแล้วว่าช่องว่างระหว่างยานพาหนะคันที่กำลังจะมาถึงมีระยะห่างและปลอดภัยมากพอก็จะทำการตัดสินใจเพื่อที่จะแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักได้ โดยลักษณะการเกิดปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ปรากฏการณ์การยอมรับช่องว่างหรือเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า Gap acceptance

รูปที่ 2.1 นี้จะสังเกตเห็นว่าเมื่อรถในกระแสจราจรสายรองได้ทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักจะเกิดระยะห่างระหว่างยานพาหนะที่แทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักกับยานพาหนะคันหลังที่เคลื่อนที่ตามมาในกระแสจราจรสายหลัก เราเรียกระยะห่างนี้ว่า ระยะห่างระหว่างยานพาหนะ หรือ Space lag และจากการเกิดระยะห่างระหว่างยานพาหนะนี้ทำให้มีช่วงเวลาว่างระหว่างยานพาหนะเกิดขึ้นด้วยเช่นกัน เราเรียกวาระยะห่างระหว่างยานพาหนะที่แทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักกับยานพาหนะที่กำลังวิ่งผ่านมาถึง ณ จุดอ้างอิงเดียวกันนี้ว่า เวลาระหว่างยานพาหนะหรือ Time lag

จากที่ได้ทำการศึกษาพบว่า Drew (1968) ได้จำแนกการแทรกตัวเข้าสู่กระแสรถโดยสารหลักหรือการ merge ออกเป็น 2 แบบ คือ

1. Ideal merge คือ การที่ยานพาหนะในกระแสรถโดยสารรองได้ทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสรถโดยสารหลักแล้วไม่ทำให้ยานพาหนะที่เคลื่อนที่อยู่ในกระแสรถโดยสารหลักต้องเปลี่ยนแปลงตามความเร็วหรือเปลี่ยนแปลงช่องทางการเคลื่อนที่

2. Force merge คือ การที่ยานพาหนะในกระแสรถโดยสารรองได้ทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสรถโดยสารหลักแล้วทำให้ยานพาหนะที่เคลื่อนที่อยู่ในกระแสรถโดยสารหลักต้องเปลี่ยนแปลงตามความเร็วหรือเปลี่ยนแปลงช่องทางการเคลื่อนที่ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 2



รูปที่ 2.2 ประเภทของการเข้าร่วมกระแสรถโดยสารแบบ (a) ideal merge และ (b) forced merge

## 2.2 ลักษณะการมาถึงของจราจรและการกระจายตัวของช่องว่าง

ลักษณะการมาถึงของรถมีการแจกแจงแตกต่างกันไปตามปริมาณจราจร Drew (1968) แสดงให้เห็นว่าสามารถอธิบายการกระจายตัวของ headway ในกระแสรถจราจรทั่วไป โดยใช้รูปแบบพิเศษของ Pearson Type III distribution ที่เรียกว่า Erlang distribution โดยมีรูปของสมการดังนี้

$$f(t) = \frac{(qa)^a}{(a-1)!} t^{a-1} e^{-aqt} \quad a = 1, 2, \dots \quad (2.1)$$

โดยที่  $f(t)$  คือ ฟังก์ชันความน่าจะเป็นของความหนาแน่น

$e$  คือ ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 2.71828

- $q$  คือ ปริมาณการไหลของกระแสจราจร  
 $t$  คือ time headway มีหน่วยเป็น วินาที  
 $a$  คือ ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณการไหลของกระแสจราจร

May (1989) แสดงขอบเขตบนและล่างของลักษณะการมาถึงของยานพาหนะ ได้แก่ กรณีกระแสจราจรเบาบาง และกรณีที่กระแสจราจรหนาแน่น กรณีที่กระแสจราจรเบาบาง การมาถึงของรถจะเป็นแบบสุ่ม (Random arrival) และมีกระจายตัวแบบปัวซอง (Poisson Distribution) โดยมีระยะเวลาระหว่างการมาถึงหรือ time headway ที่กระจายตัวแบบ negative exponential โดย Poisson Distribution อยู่ในรูปแบบดังต่อไปนี้

$$P(x) = \frac{m^x e^{-m}}{x!} \text{ เมื่อ } x = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (2.2)$$

- โดยที่  $P(x)$  คือ ความน่าจะเป็นของยานพาหนะ  $x$  ที่มาถึงในช่วงเวลา  $t$   
 $m$  คือ จำนวนยานพาหนะโดยเฉลี่ยที่มาถึงในช่วงเวลา  $t$   
 $x$  คือ จำนวนยานพาหนะที่มาถึงในช่วงเวลา  $t$   
 $e$  คือ ค่าคงที่ โดยที่ค่า  $e$  เท่ากับ 2.71828...  
 $t$  คือ ช่วงเวลาที่นำมาพิจารณา

กรณีที่  $x = 0$  กล่าวคือไม่มียานพาหนะคันใดเลยที่มาถึงในช่วงเวลาดังกล่าว สามารถเขียนสมการได้ว่า

$$P(0) = e^{-m} \quad (2.3)$$

ถ้าหากไม่มียานพาหนะคันใดมาถึงในช่วงเวลาดังกล่าว ( $t$ ) แต่ระยะเวลาของความห่างระหว่างยานพาหนะจะมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า  $t$  นั่นคือ

$$P(0) = P(h \geq t) \quad (2.4)$$

$$P(h \geq t) = e^{-m} \quad (2.5)$$

ถ้าอัตราการไหลทุก ๆ ชั่วโมง คือ  $V$  และ  $t$  แสดงในหน่วยวินาที จะได้ว่า

$$m = \left(\frac{V}{3600}\right)t \quad (2.6)$$

ดังนั้นจากสมการที่ (2.5) สามารถเขียนเป็นสมการใหม่ได้ว่า

$$P(h \geq t) = e^{-Vt/3600} \quad (2.7)$$

เวลาระหว่างยานพาหนะโดยเฉลี่ย ในหน่วย วินาที ( $\bar{t}$ ) สามารถหาได้จาก อัตราการไหลของทุก ๆ ชั่วโมง ( $V$ ) โดยที่

$$\bar{t} = \frac{3600}{V} \quad (2.8)$$

จากการนำสมการที่ (2.7) และ (2.8) มาประยุกต์เกิดเป็นสมการใหม่เกิดขึ้น คือ

$$P(h \geq t) = e^{-t/\bar{t}} \quad (2.9)$$

ในกระแสดจราจรจริงจะมีระยะช่องว่างที่น้อยที่สุดที่รถไม่สามารถขับตามกันได้สั้นกว่านี้ เนื่องจากความยาวรถและระยะห่างที่ปลอดภัย การใช้ Negative exponential distribution function เพื่อจำลองการกระจายตัวของช่องว่างระหว่างรถจึงมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง จึงมีการปรับแบบจำลองให้เป็น shifted negative exponential model ซึ่งอยู่ในรูปสมการดังต่อไปนี้

- ฟังก์ชันความน่าจะเป็นของความหนาแน่นที่มีค่า  $K=1$  และ  $\alpha \geq 0$

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda(t-\alpha)} \quad (2.10)$$

โดยที่  $\lambda$  คือ ช่องว่างระหว่างยานพาหนะที่น้อยที่สุดที่รถจะขับตามกันได้

ขณะที่ในกระแสจราจรหนาแน่น การมาถึงของรถจะเป็นแบบ uniform arrival และระยะเวลาระหว่างการมาถึงจะกระจายตัวแบบ normal distribution โดยรูปแบบทั่วไปของ normal distribution คือ

$$f(x) = \frac{1}{\alpha\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\bar{U})^2/2\alpha^2} \quad (2.11)$$

โดยที่  $f(x)$  คือ ฟังก์ชันความน่าจะเป็นความหนาแน่นของความเร็ว

$\pi$  คือ ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 3.1416

$e$  คือ ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 2.71828

$X$  คือ ค่าความเร็วที่ทำการตรวจสอบ

$\bar{U}$  คือ ค่ากลางของความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

$\alpha$  คือ ค่ามาตรฐาน

$\alpha^2$  คือ ค่าความแปรปรวน

May ชี้ให้เห็นว่าสภาพกระแสจราจรโดยส่วนมากจะเป็นสภาพจราจรที่มีความหนาแน่นปานกลาง หรือเป็นสถานะที่อยู่ระหว่างขอบเขตบนและขอบเขตล่างดังกล่าว โดยสามารถแสดงให้อยู่ในรูปต่าง ๆ ของ Gamma function แบบ Pearson Type III และกำหนดค่าคงที่ต่าง ๆ กันในแต่ละรูปแบบ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ Drew

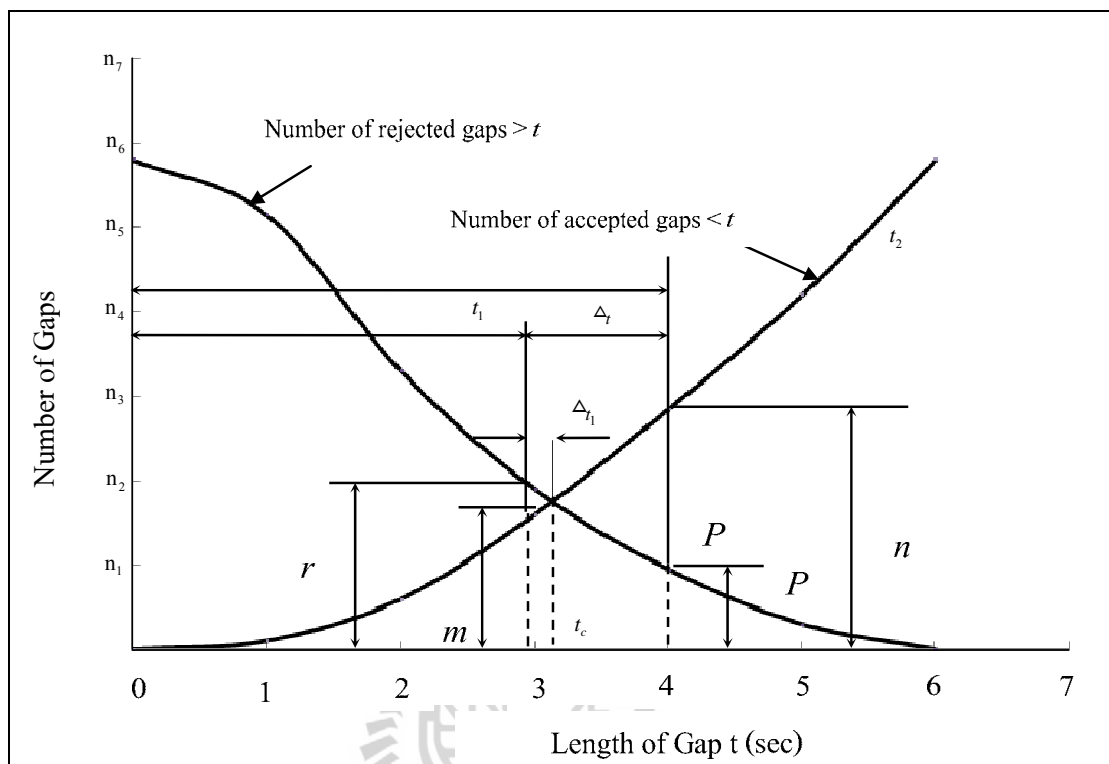
Akcelik (2007) นำเสนอทฤษฎีการกระจายตัวของช่องว่างในกระแสจราจรที่แตกต่างไปซึ่งพัฒนามาจากการกระจายตัวแบบ negative exponential, shifted negative exponential และเพิ่มการพิจารณาปัจจัยของการเกาะกลุ่มของกระแสจราจร (bunching) เนื่องจากการที่ถูกปล่อยออกมาพร้อม ๆ กันจากทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร

### 2.3 ช่องว่างวิกฤติ (Critical Gap) และการยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance)

ยานพาหนะที่จะทำการแทรกตัวเข้าร่วมกระแสจราจรสายหลัก (merge) จะต้องประเมินว่าช่องว่าง (gap) ระหว่างยานพาหนะมีความกว้างมากพอที่สามารถรองรับการ merge ได้หรือไม่ (ยอมรับ gap) โดยการตัดสินใจเลือกเข้าร่วมกระแสจราจรในช่องว่างหนึ่งเรียกว่า Gap Acceptance

ช่องว่างวิกฤติ (Critical Gap) คือ ช่องว่างหรือความยาวของ Gap ที่น้อยที่สุดโดยเฉลี่ยที่รถตัดสินใจใช้ในการเข้าร่วมกระแสจราจร Raff ได้กำหนดให้ critical gap เป็น gap ที่มีจำนวน

accepted gap ที่สั้นกว่า เท่ากับจำนวน rejected gap ที่ยาวกว่า Critical gap สามารถหาได้จากการพล็อตกราฟหรือการคำนวณโดยวิธีกราฟฟิก ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงการกระจายตัวที่เหมาะสมของการยอมรับและการปฏิเสธช่องว่าง

ซึ่งแนวแกน X ของกราฟแสดงค่าขนาดของช่องว่าง  $t$  วินาที แกน Y แสดงค่าจำนวนของช่องว่าง  $\Delta t$  คือ การเพิ่มขึ้นของเวลาเพื่อนำมาใช้สำหรับในการวิเคราะห์หาค่าช่องว่างและค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) จะอยู่ระหว่าง ค่า  $t_1$  และ ค่า  $t_2$  โดยที่ค่า  $t_2 = t_1 + \Delta t$

สมมติให้เส้นโค้งที่ตัดกันอยู่ระหว่าง  $t_1$  และ  $t_2$  เป็นจุดที่เกิดช่องว่างวิกฤติบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษาดังนั้นจึงสามารถคำนวณหาค่า ช่องว่างวิกฤติ (Critical Gap) ได้ดังนี้

$$t_c = t_1 + \Delta t_1$$

$$\frac{\Delta t_1}{r - m} = \frac{\Delta t - \Delta t_1}{n - p}$$

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta t(r-m)}{(n-p)+(r-m)}$$

$$t_c = t_1 + \frac{\Delta t(r-m)}{(n-p)+(r-m)}$$

เมื่อ	$m$	คือ	จำนวนของการยอมรับช่องว่างที่สั้นกว่า $t_1$
	$r$	คือ	จำนวนของการปฏิเสธช่องว่างที่ยาวกว่า $t_1$
	$n$	คือ	จำนวนของการยอมรับช่องว่างที่สั้นกว่า $t_2$
	$p$	คือ	จำนวนของการปฏิเสธช่องว่างที่ยาวกว่า $t_2$
	$t_c$	คือ	ช่องว่างวิกฤติ

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

JOEL (1981) ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินปัจจัยทางสถิติของแบบจำลองการยอมรับช่องว่างของ Daganzo ที่อธิบายถึงแบบจำลองของการยอมรับช่องว่าง ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันของการยอมรับช่องว่าง (อาทิเช่น ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาของช่องว่างวิกฤติที่สามารถยอมรับได้ หรือ การยอมรับการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจร) ที่มีความแตกต่างของผู้ขับขี่ ได้อธิบาย แบบจำลองของการยอมรับช่องว่าง ที่เห็นพ้องกับค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันของการยอมรับช่องว่าง ไปจนถึงความแตกต่างของผู้ขับขี่ และเห็นพ้องกับช่วงเวลาในการการยอมรับช่องว่างที่น้อยที่สุดสำหรับผู้ขับขี่ไปจนถึงการยอมรับช่องว่างที่ต่างกันของผู้ขับขี่ โดยแบบจำลองประกอบด้วยตัวแปรคงที่หลายตัวแปร ที่ซึ่งถูกประมาณโดยใช้หลักการทางสถิติจากการเก็บข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขี่เชิงตัวเลขแต่ในทางตรงกันข้ามไม่ได้ทำวิธีการของความต่อเนื่อง ดังนั้นวิธีการของความเป็นไปได้สูงสุดจึงดีกว่าวิธีการประมาณสำหรับแบบจำลองนี้ สามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองของ Daganzo ใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดเนื่องจากไม่ใช้วิธีความต่อเนื่องเพื่อเข้าถึงขนาดของค่าความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างในการประมาณตัวแปรและแนวทางในการประมาณความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ถ้าความคลาดเคลื่อนของตัวอย่างในการประมาณตัวแปรพบว่ามีขนาดใหญ่อาจเป็นที่น่าพอใจของเนื่องจากความแม่นยำของข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากข้างทางกับข้อมูลค่าตัวแปรจากภายนอก ตัวอย่างของ Daganzo ได้เสนอแนะการประมาณค่า  $\sigma_\eta$  การทดสอบภายใต้การควบคุมและ รู้ค่าคงที่ของ  $\sigma_\eta$  ใน  $L_N^C$  ที่มากที่สุด วิธีการมีความเป็นไปได้สำหรับความสัมพันธ์ของผลกระทบของความไม่แน่นอนในการประมาณค่า  $\sigma_\eta$  ความชัดเจนของการทดสอบกับความใกล้เคียงการเข้าถึงค่าของมัน อย่างไรก็ตาม



ความแม่นยำของการประมาณภายนอกของ  $\sigma_{\eta}$  สามารถหาได้ อาจจะใช้ข้อมูลที่มีอยู่จริงในการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนในค่าเฉลี่ยของ  $\hat{t}, \hat{\sigma}_{\epsilon}$

GATTIS, et al (1998) ได้ศึกษาเรื่องการยอมรับช่องว่างบริเวณทางแยกที่มีการควบคุมที่ไม่ได้มาตรฐานโดยที่มาของปัญหาเกิดจากความสับสนหรือเกิดความแปลกใจที่เกิดขึ้นขณะของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณจุดตัดทางแยกเพื่อรอการแทรกตัวเข้าสู่ถนนสายหลัก เนื่องจากปริมาณของยานพาหนะบนถนนสายหลักมีปริมาณมาก ก่อให้เกิดความหลากหลายของสถานการณ์ทำให้ผู้ขับขี่ยานพาหนะสับสนและส่งผลให้เกิดอันตรายที่ร้ายแรงตามมา วิศวกรควรต้องมีแบบประเมินความล่าช้าและความปลอดภัยบริเวณทางสามแยกดังกล่าวเพื่อลดอุบัติเหตุ โดยการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะสภาพการไหลของการจราจรบริเวณสามแยกที่ไม่มีการควบคุมที่ได้มาตรฐานและนำไปหาค่าช่องว่างวิกฤติซึ่งขนาดช่องว่างที่เล็กที่สุดสามารถหาได้จากคู่มือความจุทางหลวงหรือ HCM และจากผลการศึกษานำไปออกแบบสัญญาณการจราจรได้ โดยการวิจัยใช้หลักการดังต่อไปนี้ Sieglach, Greenshields, Raff, acceptance curve และ logit methods มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและจากนำข้อมูลที่ได้อำนาจวิเคราะห์ทำให้ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ยานพาหนะที่มุ่งหน้าไปทางทิศเหนือเท่านั้น มีค่าระยะห่างและเวลาระหว่างยานพาหนะที่ทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักกับยานพาหนะที่อยู่ในกระแสจราจรสายหลักที่เคลื่อนที่ตามมาในกระแสดังกล่าวและเฉลี่ยเท่ากับ 2.2 - 5.6 และ 4.8 - 6.6 วินาที ค่าช่องว่างวิกฤติในกระแสดังกล่าวและเฉลี่ยเท่ากับ 3.3 และ 6 วินาที

ยานพาหนะที่มุ่งหน้าไปทางทิศตะวันออก มีค่าระยะห่างและเวลาระหว่างยานพาหนะที่ทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักกับยานพาหนะที่อยู่ในกระแสจราจรสายหลักที่เคลื่อนที่ตามาทิศทางที่เลี้ยวขวาเท่ากับ 6.5 วินาที ค่าช่องว่างวิกฤติในทิศทางที่เลี้ยวขวาเท่ากับ 7.8 วินาที

Peter, et al (2002) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งรบกวนที่ส่งผลกระทบต่อการใช้โทรศัพท์มือถือในรถยอมรับช่องว่างที่จุดเฉลี่ยของผู้ขับขี่ โดยจากปริมาณการศึกษาพบว่า การใช้โทรศัพท์มือถือในรถของผู้ขับขี่เป็นอุปสรรคที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการรับรู้และตอบสนองต่อการตัดสินใจที่เฉพาะเจาะจง ปัจจุบันยังมีการสำรวจไม่มากพอสำหรับการศึกษาเรื่องของการใช้การติดต่อสื่อสารขั้นพื้นฐาน สิ่งรบกวนและการตัดสินใจที่ก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการขาดสมาธิของคนขับเนื่องจากมีสิ่งรบกวน เช่น การใช้โทรศัพท์มือถือในรถขณะทำการเลี้ยว

การสำรวจใช้วิธีการติดตั้งเครื่องตรวจวัดบนถนน แบ่งการสำรวจออกเป็นสองกรณีคือสำรวจในขณะที่ถนนมีความเปียกชื้นและสำรวจในขณะที่ถนนแห้งหรืออยู่ในสภาวะปกติโดยตลอด การสำรวจนี้จะต้องทำการสำรวจถนนในขณะที่เปียกชื้นและแห้งอย่างละเท่ากัน โดยการสำรวจจะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับ

ขนาดของช่องว่าง (เมตร) ความเร็วของรถคันหน้าและรถคันหลัง (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ประเภทของรถคันหน้าและรถคันหลัง สภาพพื้นผิวถนน (เปียก/แห้ง) ยอมรับช่องว่าง/ไม่ยอมรับช่องว่าง สถานะมี/ไม่มีสิ่งรบกวน โดยทำการเว้นระยะห่างระหว่างรถแต่ละคันเป็นระยะ 120 เมตร แล้วบันทึกผลการทดลองอย่างต่อเนื่องมีผู้ทดสอบทั้งหมด 41 คน ทั้งเพศชายและเพศหญิง มีช่วงอายุระหว่าง 19 - 70 ปี แบ่งช่วงอายุออกเป็น 4 ช่วง ใช้แบบจำลอง Logistic regression ในการวิเคราะห์และทำการทดสอบ ผลการทดลองจากผลการศึกษาแยกออกเป็นสองเงื่อนไข ไม่มีสิ่งรบกวนและมีสิ่งรบกวนภายใต้เงื่อนไขการตัดสินใจ สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการตัดสินใจยอมรับช่องว่างคือ ขนาดของช่องว่างโดยถ้าช่องว่างมีขนาดใหญ่การตัดสินใจในการยอมรับช่องว่างนั้นก็จะง่ายขึ้นและได้รับการยอมรับมาก ค่าเฉลี่ยในการยอมรับช่องว่างเท่ากับ 7 วินาที เวลาของการรอช่องว่างก่อนที่จะทำการยอมรับช่องว่างนั้นก็ไม่ควรนานเกิน 25 วินาที สภาพพื้นผิวถนนที่เปียกทำให้การยอมรับช่องว่างค่อนข้างน้อยเนื่องจากรถจะไม่สามารถชะลอหรือหยุดในอัตราเดียวกันกับในพื้นที่แห้ง หากมีสิ่งรบกวนผู้ขับขี่การตัดสินใจในการยอมรับช่องว่างความเร็วของรถคันหน้าและรถคันหลัง ประเภทของรถคันหน้าและรถคันหลัง และเพศไม่ใช่ผลกระทบที่สำคัญต่อการตัดสินใจแต่ขึ้นกับลักษณะของตัวบุคคล

Moshe, et al. (2002) ได้ศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการตัดสินใจสำหรับช่องว่างที่สามารถยอมรับได้ของผู้ขับขี่ที่รอการแทรกตัวบนทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถของทางแยกที่มีความสัมพันธ์กับช่วงขนาดช่องว่างสั้น ๆ ที่ขัดต่อศักยภาพของการยอมรับช่องว่างโดยแบ่งการศึกษาตามพฤติกรรมการขับขี่ยานพาหนะโดยแบ่งออกเป็นสองประเภทคือผู้ขับขี่ที่มีพฤติกรรมที่รักในการเสี่ยงและผู้ที่ไม่ชอบในการเสี่ยงโดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงแบบปัวซองวิเคราะห์การมาถึงของยานพาหนะ การแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักใช้หลักการการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล และใช้หลักการ logistic regression ในการวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยง และจากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าทางแยกที่มีผู้ขับขี่ยานพาหนะที่รักในความเสี่ยงจะมีปริมาณความจุของกระแสจราจรมากกว่าทางแยกที่มีผู้รักในความเสี่ยงน้อยเนื่องจากผู้ที่ชอบในความเสี่ยงจะตัดสินใจที่จะทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรได้แม้ว่าช่องว่างนั้นจะมีขนาดเล็กก็ตาม

Sun Yon (2005) ศึกษา รูปแบบพฤติกรรมยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ในการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรของถนนทางหลวง เนื่องจากศึกษาพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการจราจรในระดับจุลภาค เมื่อไม่นานนี้ได้ทำการศึกษาเรื่องระบบขนส่งอัจฉริยะจึงสร้างแบบจำลองนี้ขึ้นซึ่งจำเป็นต้องทราบถึงพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะที่กำลังแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลัก โดยการศึกษาได้นำทฤษฎี Probit model มาใช้ในการวิเคราะห์หาพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างในการแทรกตัวของยานพาหนะที่กำลังเปลี่ยนช่องจราจร

บนถนนทางหลวงและใช้โปรแกรม LIMDEP 7.0 ในการประมวลผล ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า ผู้ขับขี่ยานพาหนะยอมรับช่องว่างที่มีขนาดเล็กทั้งนี้เนื่องจากว่าผู้ขับขี่ยานพาหนะต้องการที่จะหลีกเลี่ยงความล่าช้าในการเดินทาง โดยช่วงที่มีความหนาแน่นของจราจรผู้ขับขี่ยานพาหนะจะยอมรับช่องว่างระหว่างยานพาหนะที่มีขนาดความห่างระหว่างยานพาหนะเท่ากับ 32.70 เมตร และจะไม่ยอมรับช่องว่างที่มีขนาดความห่างระหว่างยานพาหนะเท่ากับ 20.41 เมตร ส่วนช่วงเวลาที่การจราจรมีความหนาแน่นแออัดหรือชั่วโมงเร่งด่วนนั้นผู้ขับขี่ยานพาหนะจะยอมรับช่องว่างระหว่างยานพาหนะที่มีขนาดความห่างระหว่างยานพาหนะเท่ากับ 28.71 เมตร และจะไม่ยอมรับช่องว่างที่มีขนาดความห่างระหว่างยานพาหนะเท่ากับ 19.19 เมตร จากผลการศึกษาทำให้ทราบว่าระยะห่างระหว่างยานพาหนะมีความสำคัญมากกว่าเวลาระหว่างยานพาหนะเนื่องจากมีความเร็วเข้ามาเกี่ยวข้องดังนั้นระยะห่างจึงมีความสำคัญมากกว่าเพื่อนำไปออกแบบให้การเปลี่ยนช่องจราจรให้เป็นไปโดยปลอดภัย

Jorge, et al (2006) ได้ศึกษาและวิเคราะห์การจราจรบริเวณทางแยกของเมืองเปอร์โตริโก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเวลาของช่องว่างวิกฤติสำหรับรถที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรอง รถที่เลี้ยวขวาออกจากถนนสายรองเข้าสู่ถนนสายหลักและรถที่รถเลี้ยวซ้ายบนเส้นทางแยกของถนนสายหลักในบริเวณพื้นที่ Mayaguez โดยผลจากการศึกษาร้อยละ 55.5 ของผู้ขับขี่ยานพาหนะจะยอมรับช่องว่างในช่วงเวลา 5 วินาที สำหรับการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่เลี้ยวขวาออกจากถนนสายรองจะมีค่าช่องว่างวิกฤติที่เวลา 4.7 วินาที นอกเหนือจากช่องว่างวิกฤติของรถที่เลี้ยวขวาแล้ว ยังสามารถหาค่าช่องว่างวิกฤติของรถที่เลี้ยวซ้ายจากถนนสายหลักได้ที่เวลา 3.95 วินาที ซึ่งได้นำช่องว่างวิกฤติที่ทำการศึกษามาเปรียบเทียบกับคู่มือการวิเคราะห์ความจุทางหลวงทำให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าผู้ขับขี่ยานพาหนะในพื้นที่ MayaGuez ยอมรับช่องว่างที่น้อยกว่าภูมิภาคอื่นที่ได้ทำการนำเสนอมาก่อนหน้านี้

Drew (1968) วิเคราะห์ว่าค่า  $a$  ในสมการ Erlang Distribution ไม่ได้มีความสัมพันธ์เฉพาะกับปริมาณจราจรเท่านั้น แต่น่าจะมีความสัมพันธ์กับแนวเส้นทาง ความชัน และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ จากการวิเคราะห์เชิงตัวเลขเพื่อที่จะหาช่องว่างวิกฤติจึงมีความซับซ้อนมาก แต่เสนอว่าช่องว่างวิกฤติสามารถประมาณได้จากวิธีสมการถดถอยหลายตัวแปร (multivariable linear regression) ซึ่งตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อช่องว่างวิกฤติ ได้แก่ มุมระหว่างถนนสายหลักและสายรอง ความยาวของช่องจราจรเพื่อการเร่ง และประเภทของการเข้าร่วมกระแสจราจร

Rahmi Akcelik (2007) ได้ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองความจุของการยอมรับช่องว่าง โดยแบบจำลองความจุของการยอมรับช่องว่างนี้ได้ประยุกต์มาจากการวิเคราะห์การเคลื่อนที่เข้าสู่กระแสจราจรตรงบริเวณวงเวียนและการเลี้ยวตัดกระแสจราจรเนื่องจากได้รับสัญญาณ ไปเขียวในทางแยกที่มีสัญญาณของป้ายหยุดและป้ายให้ทางบนถนนสายรองขนาดสองช่องจราจรต่อทิศ

ทางการเคลื่อนที่หนึ่งทิศทาง โดยในกรณีนี้เป็นการใช้แบบจำลองที่มีหลักการเดียวกันหลาย ๆ แบบจำลอง แต่มีความแตกต่างกันในเรื่องเรขาคณิตของทางแยก การควบคุมและพฤติกรรมผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกที่แตกต่างกัน

โดยใช้ระยะเวลาระหว่างรถสองคันที่วิ่งตามหลังกันมาในกระแสรถจรวิ่งตัดกระแสดตรง มาวิเคราะห์การแจกแจงแบบ Bunched Exponential และ Simple Negative Exponential รวบรวมแบบจำลองต่าง ๆ โดยการนำระยะเวลาระหว่างรถสองคันในกระแสดตรงมาใช้ในฟังก์ชันการแจกแจงแบบ brunched exponential และ Simple negative exponential โดยแบบจำลองนี้ใช้ software ชื่อ SIDRA INTERSECTION (Akcelik and Associates Version 2007) ในการบรรยายรายละเอียดของการประมาณค่าความจุจากการเปรียบเทียบแบบจำลองที่มีความแตกต่างกัน บรรยายถึงการนำโปรแกรม (software) SIDRA INTERSECTION กับแบบจำลองทั้งหลายที่มีความแตกต่างกันกับแบบจำลองล่าสุดนี้มาใช้ใน software SIDRA INTERSECTION ด้วยโดยการวิจัยก่อนหน้านำแบบจำลองการยอมรับช่องว่างมาใช้ในโปรแกรม SIDRA 1994 และบรรยายถึงการเปรียบเทียบการแจกแจงของเวลาการมาถึงระหว่างรถสองคัน งานวิจัยของ Akcelik 2006 เป็นการกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันความเร็วกับอัตราการไหล และแบบจำลอง brunched exponential ของการแจกแจงเวลาของระยะห่างระหว่างรถสองคันสำหรับกระแสรถจรที่มีการไหลแบบต่อเนื่อง งานวิจัยนี้ใช้ software SIDRA INTERSECTION ที่กล่าวถึง โดยแบบจำลองของ SIDRA นี้ใช้สำหรับทางแยกที่ไม่มีสัญญาณหรือสัญลักษณ์การจราจร โดยใช้แนวความคิดคล้ายคลึงกับทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร แบบจำลองใช้ bunched exponential model ของการแจกแจงเวลาของระยะห่างระหว่างยานพาหนะมีแนวคิดที่คล้ายคลึงกันที่เวลานี้คือ มีช่วงเวลาของสัญญาณไฟเขียวไฟแดงเหมือนกันกับแบบจำลองของกระแสรถจรที่มีสัญญาณไฟควบคุม นอกจากนี้แบบจำลองควบคุมความจุของการยอมรับช่องว่างที่เวลานี้ใช้วิธีของแบบจำลองค่าเฉลี่ยแถวคอยด้านหลัง สัดส่วนแถวคอยและอัตราแถวคอยที่เพิ่มขึ้น สำหรับการมาถึงของกระแสรถจรหลักที่สอดคล้องกับแบบจำลองสำหรับสัญญาณไฟจราจร ส่วนถนนสาทรองก็เหมือนกันเพียงแต่นำค่าช่องว่าง (Gap) มาช่วยในแบบจำลองของถนนสาทรองซึ่งเป็นถนนที่มีการไหลของกระแสรถจรแบบต่อเนื่องจากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองความจุของการยอมรับช่องว่างและการประมาณค่าความจุจากแบบจำลองแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างเล็กน้อยระหว่างแบบจำลองสำหรับอัตราการไหลที่ต่ำของถนนสายหลัก การแจกแจงของเวลาการมาถึงระหว่างรถคันหน้าละคันหลัง แต่ค่าความแตกต่างระหว่างค่าประมาณความจุเพิ่มขึ้นสูงซึ่งตรงข้ามกับอัตราการไหล เมื่อมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างกันมากจะส่งผลให้เกิดความไม่แน่นอนสำหรับค่าที่ต้องการวิเคราะห์เพราะว่าค่าช่องว่างวิกฤติและเวลาของการเคลื่อนที่ตามกันมาของรถก็ผิดพลาด

ในขณะที่ HCM (TRB2000) และ AUSTROADS (2005) ให้คำแนะนำว่าการคัดเลือกค่าช่องว่างวิกฤติและค่าเวลาของการเคลื่อนที่ตามกันมาของยานพาหนะ โดยไม่ใช่ส่วนประกอบทั้งหมด จึงให้คำแนะนำในเรื่องของรายละเอียดเพิ่มเติมเพื่อแบบจำลองสำหรับทางแยกที่มีสัญญาณไปจราจรควบคุม คือ ประเมินผลของแบบจำลองที่จะใช้ในการนำไปใช้งานจริง นำค่าการแจกแจงระยะเวลาระหว่างระหว่างรถมาหาค่าสุทธินี้เนื่องจากข้อมูลที่เก็บจริงมีความแตกต่างกัน พัฒนาแบบจำลองให้มีรายละเอียดของค่าประมาณของช่องว่างวิกฤติ และเวลาการเคลื่อนที่ตามกันมาของรถในรูปของฟังก์ชันของเรขาคณิตทางแยกและลักษณะการจราจร เช่น จำนวนช่องจราจร รูปแบบการเคลื่อนที่ รถบรรทุกหนัก ความชัน ความเร็วรถบนถนนสายหลัก ป้ายหยุดและป้ายให้ทาง ระยะจำกัดสายตาและเวลาล่าช้าเนื่องจากรถที่เข้าสู่วงเวียนหรือรถที่วิ่งเข้ามาตัดกระแสจราจรและควรที่จะบอกลักษณะสัญญาณไฟจราจร วิธีที่คล้ายกันที่ระบุไว้ใน SIDRA INTERSECTION ไม่เพียงแต่สำหรับแบบจำลองค่าความจุเท่านั้นแต่ยังสำหรับทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร (ค่าความล่าช้า ค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ของแถวคอย อัตราการเพิ่มขึ้นของแถวคอย ผลกระทบต่ออัตราการหยุดสัดส่วนแถวคอย เป็นต้น) ให้กำหนดกรอบการยอมรับแบบจำลองสำหรับการเปรียบเทียบทางแยกเป็นไปอย่างสอดคล้องกัน

Yusheng, et al. (2009) ได้ศึกษารูปแบบการยอมรับช่องว่างสำหรับทางแยกของถนนฟรีเวย์ในเขตเมืองของประเทศจีน โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงแบบ Weibull (Weibull distribution function) ในการคำนวณหาเวลาการเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะบริเวณทางแยกบนฟรีเวย์ซึ่งตั้งอยู่ในเขตเมือง ซึ่งในการทำวิจัยครั้งนี้ได้ให้ความสำคัญในเรื่องของเวลาระหว่างยานพาหนะวิกฤติและเวลาของการเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะ โดยมีวิธีการเก็บสำรวจข้อมูลจากสถานที่จริงจำนวนทั้งสิ้น 200 ตัวอย่าง ผลจากการศึกษาทำให้ทราบว่าเวลาระหว่างยานพาหนะวิกฤติสำหรับรถที่จะแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรกับความเร็วนำมาออกแบบค่าที่แตกต่างกัน โดยเวลาระหว่างยานพาหนะวิกฤติบนถนนสายหลักมีความเร็วเท่ากับ 50 - 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วที่ออกแบบได้บนทางเข้าสู่กระแสจราจรบนทางหลวงมีความเร็วเท่ากับ 30 - 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เวลาระหว่างยานพาหนะวิกฤติของรถที่รอแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจร โดยเฉลี่ยเท่ากับ 2.92 วินาที สำหรับการวิเคราะห์ที่สำรวจ ณ สถานที่จริงจำนวน 200 ตัวอย่างของเมือง Guangqumen บริเวณถนนวงแหวนเมือง Tiejiangying ทางภาคตะวันออกของประเทศจีนและถนนวงแหวนทางตอนใต้ของเมือง Beijing ได้ค่าเวลาการเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.5 วินาที และค่าเวลาระหว่างยานพาหนะวิกฤติเฉลี่ยเท่ากับ 3.0 วินาที

Manual on Uniform Traffic Control Devices (2009) ได้กล่าวไว้ว่าการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรจำเป็นที่จะต้องทราบถึงข้อมูล หลักปฏิบัติในการศึกษาด้านวิศวกรรมของสภาพการจราจร

จะต้องทราบถึงลักษณะทางกายภาพของคนเดินเท้าและลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกที่จะทำการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

การที่จะทราบได้อย่างไรว่าบริเวณทางแยกดังกล่าวสมควรที่จะต้องติดตั้งสัญญาณไฟจราจร จะต้องประกอบด้วยการวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการและความปลอดภัยบริเวณทางแยกนั้น ๆ ดังนั้นหากจะติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ณ บริเวณทางแยกดังกล่าวจำเป็นต้องศึกษาและทราบถึงปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ดังนี้

1. ทราบถึงปริมาณของยานพาหนะที่สัญจรผ่านบริเวณทางแยกทั้งสิ้น 8 ชั่วโมงต่อ 1 วัน
2. ทราบถึงปริมาณของยานพาหนะที่สัญจรผ่านบริเวณทางแยกทั้งสิ้น 4 ชั่วโมงต่อ 1 วัน
3. ทราบถึงปริมาณของยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกในชั่วโมงเร่งด่วน
4. ทราบถึงปริมาณคนเดินเท้าที่สัญจรผ่านไปมาบริเวณทางแยก
5. ศึกษาและพิจารณาถึงทางคนข้ามบริเวณทางแยกนั้น ๆ
6. การประสานสัมพันธ์กันของระบบสัญญาณไฟจราจร
7. คำเนิ่งถึงประสบการณ์ความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น
8. ทราบถึงลักษณะโครงข่ายถนน
9. ทราบว่าทางแยกดังกล่าวอยู่นอกใกล้กับทางข้ามทางรถไฟ (Grade crossing) หรือไม่

ปัจจัยสำคัญดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทั้งหมด 9 ข้อนี้ เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งที่วิศวกรจราจรควรทราบเพื่อนำมาพิจารณาถึงความเหมาะสมและความปลอดภัยในการเลือกติดตั้งสัญญาณไฟจราจรหรือสัญญาณไฟจราจร ณ บริเวณทางแยกให้เหมาะสมและสอดคล้องกับปริมาณการจราจรบนโครงข่ายถนนต่อไป

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงแนวทางในการดำเนินการวิจัยเพื่อให้การศึกษาพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยก ในเขตพื้นที่เทศบาลนครราชสีมา บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ จึงมีขั้นตอนของการดำเนินการศึกษาวิจัยแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน ซึ่งประกอบไปด้วย ขั้นตอนการศึกษาวิจัย ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัย การกำหนดขอบเขตพื้นที่ทำการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและการสรุปผลการศึกษาวิจัยและจัดทำข้อเสนอแนะ โดยมีรายละเอียดขั้นตอนของการศึกษาวิจัย ดังนี้

- 3.1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย
- 3.2 ขอบเขตพื้นที่ทำการวิจัย
- 3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัย
- 3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล
- 3.5 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.6 การถอดข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

ลำดับต่อไปเป็นการกล่าวถึงขั้นตอนการศึกษาวิจัย ซึ่งมีขั้นตอนของการศึกษาวิจัย ดังนี้

- 3.1.1 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับช่องว่างและช่องว่างที่ยอมรับได้ของผู้ขับขี่ยานพาหนะของกระแสรถจักรยานหลักและกระแสรถจักรยานรอง
- 3.1.2 สสำรวจและคัดเลือกทางแยกที่ต้องการศึกษาวิจัย โดยสภาพการจราจรจะต้องมีปริมาณความหนาแน่นของกระแสรถจักรยานกลางคือต้องไม่เบาบางหรือหนาแน่นจนเกินไป ต้องเป็นทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร มีตำแหน่งในการตั้งกล้องวิดีโอที่เหมาะสม
- 3.1.3 ดำเนินการเก็บสำรวจข้อมูลภาคสนามโดยการตั้งกล้องวิดีโอบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษาวิจัยเพื่อบันทึกภาพพฤติกรรมยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษา

3.1.4 ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ทำกรสำรวจมา จากนั้นทำการถ่ายโอนข้อมูลลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการถอดข้อมูลและนำไปวิเคราะห์ผลในลำดับต่อไป

3.1.5 นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ หาขนาดของช่องว่าง การยอมรับช่องว่าง การเคลื่อนที่ตามกันเมื่อขนาดของช่องว่างมีขนาดใหญ่มากพอและค่าของช่องว่างวิกฤติของยานพาหนะที่เลี้ยวขาดกระแสรถจรบนถนนสายหลัก การเลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรอง และการกลับรถบนถนนสายหลักในแต่ละทางแยกออกมา

3.1.6 สร้างแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการกระจายตัวของขนาดช่องว่างระหว่างรถและอัตราการไหลบริเวณทางแยก

3.1.7 สรุปผลการศึกษาวิจัยและจัดทำข้อเสนอแนะ

## 3.2 การกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่ทำการศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่องพฤติกรรมกรยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ครั้งนี้ได้ทำการกำหนดขอบเขตของการศึกษาวิจัยในเขตพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาเนื่องจากทางแยกที่ทำการศึกษาวิจัยนี้เป็นทางแยกที่มีขนาดใหญ่ มีเกาะกลางถนนแบ่งช่องจราจรชัดเจน ไม่มีสัญญาณไฟจราจร มีปริมาณการจราจรของกระแสรถจรปานกลางไม่หนาแน่นจนเกินไป จนเกิดการติดขัดหรือการเข้าร่วมกระแสรถจรแบบบังคับ (Forced Cut or Forced Merge) และไม่มีปริมาณการจราจรที่น้อยเกินไปจนไม่สามารถนำมาวิเคราะห์หาการปฏิเสธช่องว่าง (Gap Rejection) ได้ ซึ่งได้กำหนดทางแยกที่ทำการศึกษาวิจัยออกเป็น 2 ทางแยก ดังนี้

### 3.2.1 บริเวณทางสามแยก ถนนสีบศิริ (Sueb Siri road) ตัดกับ ถนนสีบศิริซอย 3 (Sueb Siri Soi 3 road)

โดยถนนสีบศิริ (Sueb Siri road) เป็นถนนส่วนหนึ่งของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 ถนนส่วนนี้อยู่ในช่วงสุดท้ายจากจำนวนถนนทั้งหมด 7 ช่วง เริ่มจากแยกเข้าเมืองปักธงชัย อำเภอปักธงชัยจนถึงสามแยกวัดใหม่อัมพวัน อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมาโดยชื่อถนน "สีบศิริ" ตั้งขึ้นเพื่อเป็นเกียรติแก่นายจรัส สีบศิริ อดีตนายช่างกำกับการเขตการทางนครราชสีมาช่วงปี พ.ศ. 2490 - 2502 ซึ่งเป็นผู้ควบคุมการก่อสร้างถนนเส้นนี้ โดยถนนสีบศิริ ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน มีความยาวถนนรวมประมาณ 30 กิโลเมตร ส่วนที่ 1 คือทางแยกเข้าเมืองปักธงชัย – ทางต่างระดับนครราชสีมา





รูปที่ 3.1 แสดงสัญลักษณ์ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะทางกายภาพของถนนสี่ขีริในเขตเทศบาลตำบลเมืองปัก



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะทางกายภาพระหว่างทางหลวงสาย 24 และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304

ถนนส่วนนี้อยู่ในเขต อำเภอปักธงชัย และ อำเภอเมืองนครราชสีมา มีความยาวถนนประมาณ 26 กิโลเมตรลักษณะผิวจราจรเป็นแบบลาดยางแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete) ขนาด 2 ช่องจราจรต่อหนึ่งทิศทาง มีเกาะกลางถนนที่แบ่งช่องจราจรทั้งสองทิศทางออกจากกันอย่างชัดเจน พร้อมไหล่ทางสำหรับรถประเภทมอเตอร์ไซค์ (ในช่วงเขตเทศบาลตำบลเมืองปัก จะมีระบบระบายน้ำและทางเท้าเพิ่มเติม) โดยมีจุดเริ่มต้น เริ่มจากทางแยกเข้าเมืองปักธงชัย (ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 เดิม) อำเภอปักธงชัย เรื่อยไปบรรจบกับทางเลี้ยวเมือง (ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304) ที่บริเวณหน้าโรงพยาบาลปักธงชัย ถนนจากบริเวณหน้าโรงพยาบาลปักธงชัยจนถึงเขตเทศบาลนครนครราชสีมา มีชื่อเรียกว่า " ถนนราชสีมา-ปักธงชัย " จากนั้นมุ่งขึ้นทิศเหนือตัดกับทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 24 เข้าสู่อำเภอเมืองนครราชสีมา สิ้นสุดที่ ทางต่างระดับนครราชสีมา (จุดเชื่อมต่อกับ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 สายเลี้ยวเมือง) บริเวณกิโลเมตรที่ 7 อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ถนนช่วงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาระยะทางประมาณ 1 กิโลเมตรนั้น มีชื่อเรียกว่า " ถนนปักธงชัย "

ถนนสีบศิริ (Sueb Siri road) มีลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างถนนเป็นแบบ 2 ช่องจราจรต่อหนึ่งทิศทางลักษณะผิวจราจรเป็นแบบคอนกรีต (Concrete) และถนนสีบศิริซอย 3 มีลักษณะเป็นถนนที่มีจำนวนหนึ่งช่องจราจรต่อหนึ่งทิศทางผิวจราจรมีลักษณะทางกายภาพเป็น

แบบลาดยางแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete) ซึ่งทางด้านทิศใต้ของถนนสี่ขีร์ชอย 3 ติดกับร้านเนื้อย่างเกาหลีเส้นทางรัก ทิศเหนือติดกับร้านอั้งเป่าบ้านคาร์แคร์



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะทางกายภาพของทางสามแยกถนนสี่ขีร์ชอยตัดกับถนนสี่ขีร์ชอย 3

### 3.2.2 บริเวณสามแยกถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205(สุรนารายณ์) ตัดกับ ถนนเจนจบทิศ(ถนนสุรนารายณ์ชอย 15)

ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 หรือถนนสุรนารายณ์มีความยาวทั้งสิ้น 233 กิโลเมตร หรือ 144.78 ไมล์ ถนนสุรนารายณ์ (Suranarai Road) หรือ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 (บ้านหมี่-นครราชสีมา) เริ่มจากทางหลวงจังหวัดหมายเลข 3196 ที่อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี จากนั้นจึงตัดกับถนนพหลโยธินที่อำเภอโคกสำโรง และตัดกับถนนสระบุรี - หล่มสัก (ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 21) ที่บ้านม่วงค่อม อำเภอชัยบาดาล จากนั้นจึงเข้าสู่ท้องที่อำเภอลำสนธิ แล้วขึ้นเขาพังเหยเข้าสู่เขตจังหวัดชัยภูมิในท้องที่อำเภอเทพสถิตผ่านท้องที่อำเภอป่าเห็จณรงค์ และตัดกับถนนสีคิ้ว - ชัยภูมิ (ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 201) ที่บ้านหนองบัวโคก อำเภอจัตุรัส จากนั้นจึงเข้าสู่เขตจังหวัดนครราชสีมาในท้องที่อำเภอพระทองคำ อำเภอโนนไทย โดยตัดกับถนนมิตรภาพ (ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2) ที่บ้านจอหอ อำเภอเมืองนครราชสีมา และไปสิ้นสุดที่ถนนราชสีมา - โชคชัย (ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224) ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาโดยถนนสายนี้เป็นถนนเก่าแก่ในสมัยจอมพล ป.พิบูลสงคราม เป็นนายกรัฐมนตรีสมัยแรก (ช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2) โดยสมัยนั้นถนนสายนี้หากเป็นไปตามนโยบายของจอมพล ป. พิบูลสงคราม จะสามารถตัดออกสู่กัมพูชาได้

ถนนสุรนารายณ์ช่วงตั้งแต่อำเภอโคกสำโรงไปจนถึงตัวเมืองนครราชสีมา จะใช้หลักกิโลเมตรของถนนพหลโยธินเป็นหลัก จึงทำให้หลักกิโลเมตรมีจำนวนเลขกิโลเมตรมาก (ตัวอย่าง เช่น กิโลเมตรที่ 200 ในความเป็นจริงน่าจะเป็นกิโลเมตรที่ 30) โดยที่ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 (สุรนารายณ์) ที่ทำการศึกษาวิจัยนี้ มีลักษณะช่องจราจรจำนวน 3 ช่องจราจรต่อหนึ่งทิศทางและถนนสุรนารายณ์ซอย 15 หน้าเทศบาลตำบลจอหอ มีลักษณะทางกายภาพเป็นถนนที่มีหนึ่งช่องจราจรต่อหนึ่งทิศทาง



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะทางกายภาพของทางสามแยก ถนนหมายเลข 205 (สุรนารายณ์) ตัดกับ ถนนเงินจันทิศ (ถนนสุรนารายณ์ซอย 15)

### 3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

จากการศึกษาวิจัย เรื่องพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกในพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมา ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลประเภทปฐมภูมิ (Primary Data) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้มาจากการศึกษาสำรวจจากสถานที่ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยจริง โดยใช้วิธีการเก็บสำรวจข้อมูลภาคสนามจากการใช้กล้องวิดีโอในการเก็บบันทึกข้อมูลทางกายภาพด้านพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกที่มีขนาดใหญ่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร มีเกาะกลางถนนแบ่งช่องจราจรชัดเจน จากการสำรวจข้อมูลหลักที่นำมาวิเคราะห์ได้แก่ การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) และการปฏิเสธช่องว่าง (Gap Rejection) ของการเลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรบนทางสายหลัก การเลี้ยวซ้ายออกจากทางสายรองและการกลับรถบนถนนสายหลัก โดยจำแนกประเภทของยานพาหนะที่ทำการศึกษาวิเคราะห์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 คือ รถจักรยานยนต์

ประเภทที่ 2 คือ รถยนต์นั่ง 4 ล้อ รถไฟวีล รถปิคอัพ รถบรรทุก 4 ล้อ รถสองแถว 4 ล้อ  
ซูบารุและรถตู้

### 3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

จากการศึกษาวิจัยพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกในพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมาที่มีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

- กล้องวิดีโอ สำหรับใช้ในการบันทึกข้อมูลพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษาวิจัย ซึ่งมีความละเอียดสามารถบันทึกข้อมูลเป็นไฟล์วิดีโอ ลงบน External harddisk ได้

- สาย link ระหว่างกล้องบันทึกภาพเคลื่อนที่หาวิดีโอและเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้สำหรับถ่ายโอนข้อมูลที่ทำกรบันทึกข้อมูลการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกลงสู่เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลในลำดับต่อไป

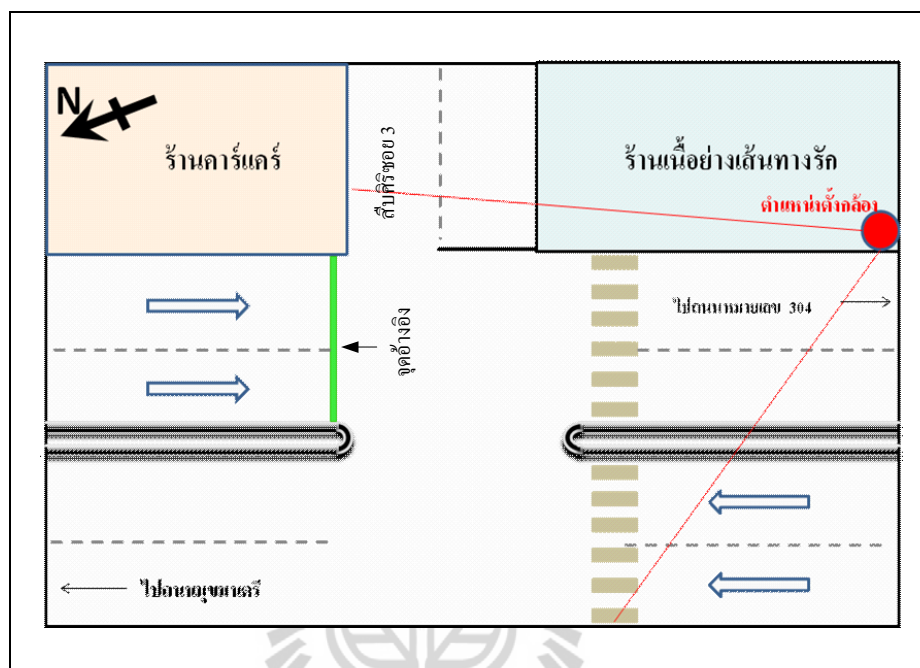
- ขาตั้งกล้อง ความสูง 170 เซนติเมตร เพื่อเพิ่มมุมมองและทัศนวิสัยของภาพให้มีความกว้างของมุมมองมากขึ้นในขณะที่ทำการบันทึกข้อมูลสามารถมองเห็นลักษณะของการยอมรับช่องว่างของการเลี้ยวขวาตัดกระแสรถจราจรบนทางสายหลัก การเลี้ยวซ้ายออกจากทางสายรอง การกลับรถบนถนนสายหลัก ได้อย่างชัดเจน

- นาฬิกาจับเวลา เพื่อใช้ระบุเวลาเมื่อยานพาหนะผ่านมายังจุดอ้างอิงที่กำหนดในหน่วยวินาที เพื่อต้องการวิเคราะห์ข้อมูลของการยอมรับช่องว่างและการปฏิเสธช่องว่างโดยละเอียด

### 3.5 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

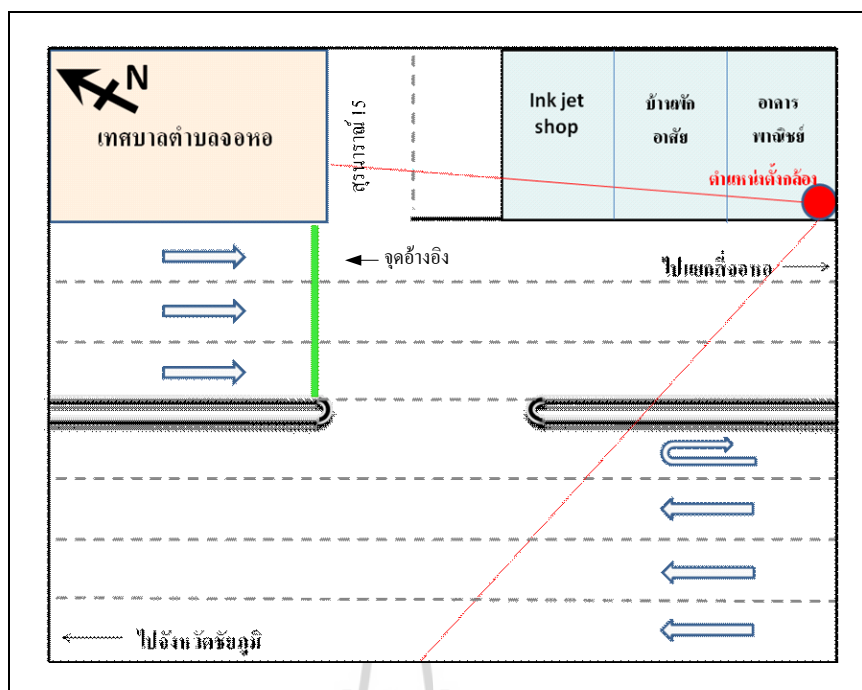
การเก็บรวบรวมข้อมูลพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกในเขตพื้นที่เทศบาลเมือง นครราชสีมา โดยมีทางแยกที่จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด 2 ทางแยก จะเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการใช้กล้องวิดีโอ โดยเก็บภาพเน้นความสนใจไปยังบริเวณเส้นอ้างอิงบนถนนบริเวณทางแยก ภาพที่เห็นจะเห็นเป็นมุมมองกว้างมากพอที่จะเห็นถึงลักษณะพฤติกรรมการเลี้ยวขวาตัดกระแสรถจราจรบนทางสายหลัก การเลี้ยวซ้ายออกจากทางสายรอง การกลับรถบนถนนสายหลัก ได้อย่างชัดเจน ซึ่งได้ออกแบบช่วงเวลาที่จะทำการเก็บบันทึกข้อมูลออกเป็น 2 ช่วงเวลาได้แก่ ช่วงเช้าตั้งแต่ 10:30 – 11:30 น. และช่วงบ่ายตั้งแต่ 14:30 - 15:30 น. ทางแยกละ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน คือวัน อังคาร พุธและพฤหัสบดี โดยทำการตั้งกล้องในตำแหน่งที่เหมาะสมสามารถมองเห็นลักษณะทางกายภาพของทางแยกได้ครบถ้วนชัดเจน ดังนี้

- บริเวณสามแยกถนนสี่ศรีตัดกับ ถนนสี่ศรีซอย 3 โดยหน้าร้านเส้นทางรักจะทำการตั้งกล้องในบริเวณพื้นที่ของร้านเส้นทางรักซึ่งภาพวิดีโอที่ได้จะสามารถมองเห็นถึงพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะได้อย่างชัดเจนเนื่องจากร้านเส้นทางรักอยู่ในตำแหน่งที่ตั้งที่มีความสูงจากระดับพื้นถนนขึ้นมียก 100 เซนติเมตร ทำให้ได้มุมมองที่กว้างขึ้น



รูปที่ 3.6 แสดงตำแหน่งที่ตั้งกล้องบันทึกภาพวิดีโอบริเวณทางสามแยกถนนสี่ศรีตัดกับถนนสี่ศรีซอย 3

- บริเวณสามแยกถนนหมายเลข 205 (สุรนารายณ์) ตัดกับ ถนนเจนจบทิศ ตั้งกล้องบนศาลาอาหารพาณิชย์สองชั้น เนื่องจากไม่มีสิ่งกีดขวางใด ๆ เลยจึงสามารถเก็บข้อมูลได้โดยละเอียดครบถ้วน



รูปที่ 3.7 แสดงตำแหน่งที่ตั้งกล้องถ่ายภาพวิดีโอเก็บบันทึกข้อมูลบริเวณทางแยกถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 (สุรนารายณ์) ตัดกับ ถนนเจนจบทิศ (ถนนสุรนารายณ์ซอย 15)

### 3.6 การถอดข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อทำการเก็บสำรวจข้อมูลด้วยกล้องบันทึกภาพวิดีโอจากภาคสนามบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษาได้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว นำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกจากกล้องวิดีโอนี้มาบันทึกลงในเครื่องคอมพิวเตอร์และทำสำเนาไว้ใน External harddisk อีกหนึ่งชุดเพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูล แล้วผู้วิจัยได้นำภาพถ่ายจากกล้องวิดีโอที่ได้ทำการบันทึกลงในคอมพิวเตอร์นี้ มาทำการถอดข้อมูลและวิเคราะห์หาค่าขนาดของการยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) และการปฏิเสธช่องว่าง (Gap Rejection) เพื่อนำข้อมูลการยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) และการปฏิเสธช่องว่าง (Gap Rejection) ที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์ หาค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) อัตราการไหลบนถนนสายหลัก (Main flow) ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการกระจายตัวของขนาดช่องว่างระหว่างรถและอัตราการไหลบริเวณทางแยก การเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะ (Follow-up time) และความจุการเลี้ยวหรือความสามารถรองรับปริมาณการจราจร (Turning capacity) ของการเลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรบนทางสายหลัก การเลี้ยวซ้ายออกจากทางสายตรง การกลับรถบนถนนสาย

หลักบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษาวิจัยทั้ง 2 ทางแยก ซึ่งประกอบไปด้วย ทางแยกถนนสี่สิริตัดกับ ถนนสี่สิริซอย 3 และทางแยกถนนสุนทรารายณ์ตัดกับถนนเจนจบทิศ

โดยการวิเคราะห์ที่ได้แบ่งออกเป็นหัวข้อย่อย ๆ ดังนี้

### 3.6.1 การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) การปฏิเสธช่องว่าง (Gap Rejection)

จากการศึกษาวิจัยพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกในพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมา ประกอบไปด้วย ทางแยกถนนสี่สิริตัดกับสี่สิริซอย 3 และ ทางแยกถนนสุนทรารายณ์ตัดกับถนนเจนจบทิศ

ผลที่ได้จากการบันทึกภาพเคลื่อนไหวจากกล้องบันทึกภาพถ่ายวิดีโอ ทำให้สามารถนำมาจำแนก ประเภทของยานพาหนะที่เล่นผ่านบริเวณทางสามแยกถนนสี่สิริตัดกับสี่สิริซอย 3 และทางสามแยกถนนสุนทรารายณ์หรือถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 ตัดกับ สุนทรารายณ์ซอย 15 ออกได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

ประเภทที่ 1 คือ รถจักรยานยนต์ รถสามล้อเครื่อง

ประเภทที่ 2 คือ รถยนต์นั่ง 4 ล้อ รถไฟฟ้ ารถปิคอัพ รถบรรทุก 4 ล้อ รถสองแถว 4 ล้อ ชูบารูและรถตู้

โดยยานพาหนะทั้งสองประเภท ผู้วิจัยได้จำแนกการศึกษาวิจัยพฤติกรรมการยอมรับช่องว่าง (Accepted gap) และปฏิเสธช่องว่าง (Rejected gap) ออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

1. การยอมรับช่องว่างของการเลี้ยวขวาตัดกระแสรถบนทางสายหลัก
2. การยอมรับช่องว่างของการเลี้ยวซ้ายออกจากทางสายรอง
3. การยอมรับช่องว่างของการกลับรถบนทางสายหลัก

ดังนั้นจากการถ่ายโอนข้อมูลการบันทึกภาพเคลื่อนไหวจากกล้องบันทึกภาพถ่ายวิดีโอลงมายังเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วใช้โปรแกรม GOM Player ในการเปิดดูภาพเคลื่อนไหวที่บันทึกมา ด้วยการใช้นาฬิกาจับเวลาหาค่าการยอมรับช่องว่าง (Accepted gap) และการปฏิเสธช่องว่าง (Rejected gap) ของยานพาหนะประเภทที่ 1 และ 2 ที่เคลื่อนที่ผ่านเส้นอ้างอิงที่กำหนด (Reference line) แล้วทำการบันทึกเวลาทุกครั้งเมื่อล้อหน้าของยานพาหนะคันหน้าและคันที่เคลื่อนที่ตามมาได้เคลื่อนที่ผ่านเส้นอ้างอิงที่กำหนดไว้ ซึ่งข้อมูลการยอมรับช่องว่าง (Accepted gap) และปฏิเสธช่องว่าง (Rejected gap) ของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกแต่ละประเภทได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก

### 3.6.2 การวิเคราะห์หาค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap)

จากผลการวิเคราะห์การยอมรับช่องว่าง (Accepted gap) และ การปฏิเสธช่องว่าง (Rejected gap) โดยผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในภาคผนวก ก นั้น สามารถนำมาวิเคราะห์หาค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ซึ่งแนวแกน X ของกราฟแสดงค่าขนาดของช่องว่าง  $t$  วินาที แกน Y



แสดงค่าจำนวนของช่องว่าง  $\Delta t$  คือ การเพิ่มขึ้นของเวลาเพื่อนำมาใช้สำหรับในการวิเคราะห์หาค่าช่องว่างและค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) จะอยู่ระหว่าง ค่า  $t_1$  และ ค่า  $t_2$  โดยที่ค่า  $t_2 = t_1 + \Delta t$

สมมติให้เส้นโค้งที่ตัดกันอยู่ระหว่าง  $t_1$  และ  $t_2$  เป็นจุดที่เกิดช่องว่างวิกฤติบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษาดังนั้นจึงสามารถคำนวณหาค่า ช่องว่างวิกฤติ (Critical Gap) ได้ดังนี้

$$t_c = t_1 + \Delta t_1$$

$$\frac{\Delta t_1}{r - m} = \frac{\Delta t - \Delta t_1}{n - p}$$

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta t(r - m)}{(n - p) + (r - m)}$$

$$t_c = t_1 + \frac{\Delta t(r - m)}{(n - p) + (r - m)}$$

เมื่อ  $m$  คือ จำนวนของการยอมรับช่องว่างที่สั้นกว่า  $t_1$

$r$  คือ จำนวนของการปฏิเสธช่องว่างที่ยาวกว่า  $t_1$

$n$  คือ จำนวนของการยอมรับช่องว่างที่สั้นกว่า  $t_2$

$p$  คือ จำนวนของการปฏิเสธช่องว่างที่ยาวกว่า  $t_2$

$t_c$  คือ ช่องว่างวิกฤติ

จากการนำข้อมูลในภาคผนวก ก ดังกล่าวมาวิเคราะห์ด้วยการพล็อตข้อมูลลงบนกราฟ แกนตั้งแสดงค่าของจำนวนช่องว่าง (Number of Gap) แนวแกนอนแสดงค่าขนาดของช่องว่างซึ่งมีหน่วยเป็น วินาที สามารถสังเกตเห็นได้จากรูปกราฟที่แสดงจะเห็นเป็นเส้นแนวโน้มสองเส้นตัดกัน จากกราฟจะมี เส้นสีแดงแสดงค่าจำนวนการปฏิเสธช่องว่าง (Rejected gap) เส้นสีฟ้าแสดงค่าการยอมรับช่องว่าง (Accepted gap) และจุดตัดของกราฟทั้งสองเส้นคือค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) คือค่าช่องว่างที่น้อยที่สุดที่ผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษา สามารถยอมรับได้ ซึ่งการวิเคราะห์จะทำการแยกวิเคราะห์ประเภทยานพาหนะออกเป็น 2 ประเภท แต่ละ

ประเภทจะแยกการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ช่วงเวลา ซึ่งแต่ละช่วงเวลานั้นจะแยกประเภทลักษณะการยอมรับช่องว่างออกเป็น 3 ประเภท ดังนั้น ช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ในแต่ละทางแยกจะมีด้วยกันทั้งสิ้นจำนวน 12 ค่าตามลักษณะการเลี้ยวตัดกระแสจราจร

### 3.6.3 อัตราการไหลบนถนนสายหลัก (Main flow)

เมื่อทำการวิเคราะห์จนสามารถทราบค่าของการยอมรับช่องว่าง (Accepted gap) และการปฏิเสธช่องว่าง (Rejected gap) แล้วสามารถนำมาวิเคราะห์หาค่าอัตราการไหลบนสายหลักของทางสามแยกถนนสี่ขีรีและถนนสุรนารายณ์ได้ โดยอัตราการไหลจะเท่ากับจำนวนช่องว่างทั้งหมดบวกหนึ่ง เนื่องมาจากว่าการวิเคราะห์ปริมาณช่องว่างบนถนนสายหลักของทั้ง 2 ทางแยกนั้นทำการศึกษาวิเคราะห์โดยการสร้างเส้นอ้างอิงบนถนนสายหลักขึ้นหนึ่งเส้นเมื่อยานพาหนะคันแรกวิ่งผ่านเส้นอ้างอิงนั้น แล้วมียานพาหนะอีกหนึ่งคันวิ่งตามหลังมานั้นถือว่าได้เกิดช่องว่างเกิดขึ้นแล้ววิเคราะห์ไปจนครบ 1 ชั่วโมง โดยแต่ละช่องว่างนั้นจะมีขนาดความกว้างของแต่ละช่องว่าง ซึ่งที่นี้แสดงในหน่วยของวินาที

### 3.6.4 การเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะ (Follow-up time)

การเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time) คือ การที่ยานพาหนะคันหน้าและคันหลังสามารถเคลื่อนที่ตามกันได้โดยใช้ช่องว่างเดียวกัน ซึ่งจากการวิเคราะห์หาค่าการยอมรับช่องว่าง (Accepted gap) และการปฏิเสธช่องว่าง (Rejected gap) จะสามารถสังเกตเห็นได้ว่ามียานพาหนะที่สามารถเคลื่อนที่ตามกันได้โดยใช้ช่องว่างเดียวกัน ของทั้งการเลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลัก การเลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักและการกลับรถบนถนนสายหลัก ของยานพาหนะทั้ง 2 ประเภท

มียานพาหนะทำการรอเพื่อที่จะเลี้ยวบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษารอบไป ด้วย ทางแยกถนนสี่ขีรีและทางแยกถนนสุรนารายณ์ ซึ่งในที่นี้มีด้วยกันทั้งหมด 3 ลักษณะ โดยยานพาหนะที่จะทำการเลี้ยวนี้ประเมินแล้วว่า ช่องว่างที่เกิดขึ้นดังกล่าวในขณะนั้น มีความกว้างมากพอที่ยานพาหนะของตนจะเคลื่อนที่ผ่านไปได้อย่างปลอดภัยยานพาหนะคันหน้าก็ได้ทำการยอมรับช่องว่างที่เกิดขึ้นแล้วทำการเลี้ยว และในขณะเดียวกันผู้ขับขี่ยานพาหนะคันที่ 2 ที่รอช่องว่างเพื่อที่จะทำการเลี้ยวเช่นเดียวกัน ก็ประเมินช่องว่างที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นช่องว่างเดียวกันกับยานพาหนะคันแรกที่ตัดสินใจใช้ช่องว่างดังกล่าวนี้ว่าเป็นช่องว่างที่มีความกว้างมากพอที่ยานพาหนะของตนสามารถเคลื่อนที่ผ่านไปได้อย่างปลอดภัยจึงตัดสินใจใช้ช่องว่างเดียวกันกับยานพาหนะคันหน้า จึงเกิดพฤติกรรมของการเคลื่อนที่ตามกันเกิดขึ้น

เวลาของการเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะสามารถหาได้ดังนี้ เมื่อยานพาหนะคันแรกเคลื่อนที่ผ่านจุดอ้างอิง และมียานพาหนะคันที่ 2 เคลื่อนที่ผ่านมาถึง ณ จุดอ้างอิงเดียวกันแล้วทำการบันทึกเวลาระหว่างยานพาหนะคันแรกและคันที่สอง หากช่องว่างดังกล่าวมียานพาหนะคันที่

3 และ คันที่ 4 สามารถเคลื่อนที่ตามกันมาได้ก็ทำการบันทึกเวลาระหว่างยานพาหนะคันที่ 2 และ คันที่ 3 แล้วบันทึกเวลาระหว่างยานพาหนะคันที่ 3 และ คันที่ 4 ก็จะได้เวลาของการเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะบริเวณทางแยก

เวลาของการเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะบริเวณทางแยกทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 2 ทางแยก แบ่งประเภทยานพาหนะที่ทำการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ประเภท และแต่ละประเภทแบ่งช่วงเวลาทำการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงเช้าและช่วงบ่าย ซึ่งได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค

### 3.6.5 ความจุการเลี้ยวหรือความสามารถรองรับปริมาณการจราจร (Turning capacity)

จากการวิเคราะห์ทั้งหมดข้างต้น ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์ถึงการยอมรับช่องว่าง (Accepted gap) การปฏิเสธช่องว่าง (Rejected gap) อัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลัก (Main flow) และเวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time) ของทั้งทางแยกถนนสี่ขีรีและทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ไม่ว่าจะเป็นช่วงเวลาเช้าและบ่ายแล้ว ยังสามารถนำค่าที่วิเคราะห์ได้ดังกล่าวมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าปริมาณความจุของการเลี้ยว (Turning capacity) ของทั้งเลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเข้าสู่กระแสจราจรสายรอง การกลับรถบนถนนสายหลักและการเลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลัก โดยสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

$$\text{Turning Capacity} = (0 \text{ veh} \times G_0) + (1 \text{ veh} \times G_1) + (2 \text{ veh} \times G_2) + (3 \text{ veh} \times G_3) + \dots + (n \text{ veh} \times G_n) \quad (3.1)$$

เมื่อ  $G_i$  เท่ากับ ช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้  $n$  คัน โดย  $G_c + (n-1)T_f < G_i < G_c + n T_f$

## บทที่ 4

### การวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

จากการศึกษาวิจัย เรื่องพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกในพื้นที่เขตเทศบาลนครราชสีมา โดยมีวัตถุประสงค์หลักของการวิจัยคือ เพื่อต้องการวิเคราะห์หาค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) และความจุการเลี้ยว (Turning capacity) ของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษา ซึ่งใช้ข้อมูลที่ถ่ายโอนมาจากกล้องวิดีโอที่บันทึกภาพเคลื่อนไหวของการยอมรับช่องว่าง (Accepted gap) การปฏิเสธช่องว่าง (Rejected gap) อัตราการไหลของกระแสจราจรบนถนนสายหลัก บริเวณทางสามแยกถนนสีปรีดัดกับถนนสีปรีชอย 3 และทางสามแยกถนนสุนทรารายณ์ตัดกับถนนเจนจบทิศ (สุนทรารายณ์ชอย 15) เป็นข้อมูลหลักที่นำมาใช้สำหรับการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ เพื่อนำไปใช้ในการสรุปผลหาค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) และค่าความจุการเลี้ยว (Turning capacity) ของรถแต่ละประเภทในช่วงเวลาเช้าและบ่าย

#### 4.1 การยอมรับช่องว่างและปฏิเสธช่องว่าง (Gap Accepted and Rejected)

จากการศึกษาวิจัยพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกในพื้นที่เขตเทศบาลนครราชสีมา ผลที่ได้จากการบันทึกภาพเคลื่อนไหวจากกล้องบันทึกภาพถ่ายวิดีโอ โดยจำแนกยานพาหนะที่นำมาวิเคราะห์ห่ออกเป็น 2 ประเภทดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งยานพาหนะทั้งสองประเภท ผู้วิจัยได้จำแนกการศึกษาพฤติกรรมการยอมรับช่องว่าง (Accepted gap) และปฏิเสธช่องว่าง (Rejected gap) ออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

1. การยอมรับช่องว่างของการเลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรบนทางสายหลัก
2. การยอมรับช่องว่างของการเลี้ยวซ้ายออกจากทางสายรอง
3. การยอมรับช่องว่างของการกลับรถบนทางสายหลัก

ซึ่งข้อมูลการยอมรับช่องว่าง (Accepted gap) และปฏิเสธช่องว่าง (Rejected gap) ของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกแต่ละประเภทได้แสดงไว้แล้วในภาคผนวก ก จากข้อมูลการยอมรับช่องว่าง (Accepted gap) และปฏิเสธช่องว่าง (Rejected gap) ของผู้ขับขี่ยานพาหนะนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อวิเคราะห์หาค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) อัตราการไหลบนกระแสจราจรสายหลัก (Main flow) ได้

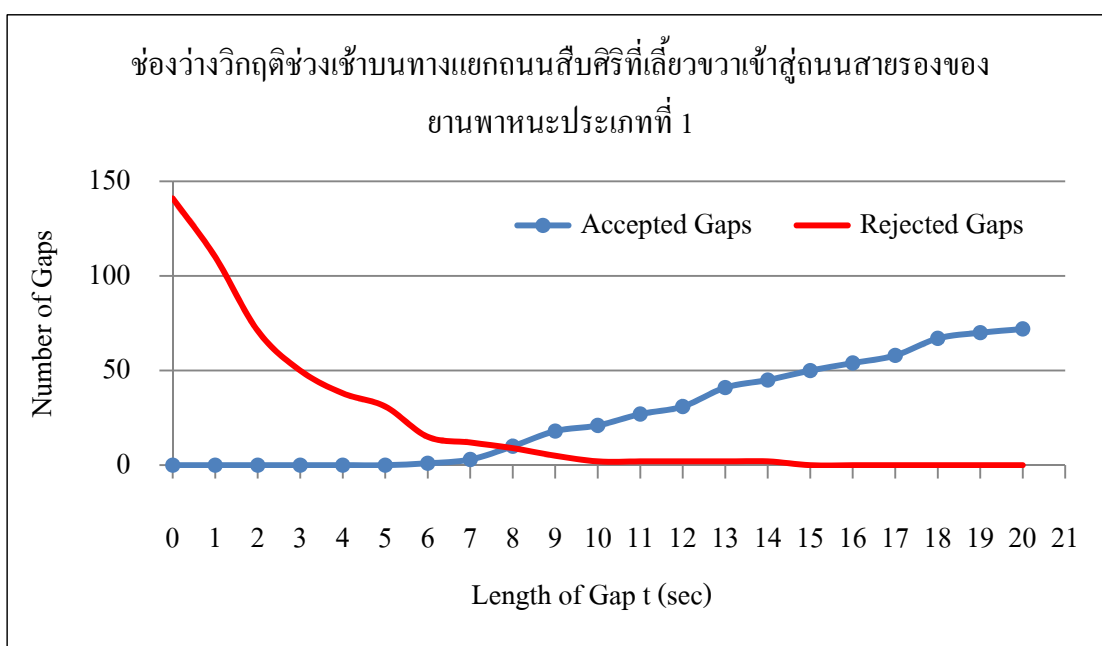
## 4.2 ช่องว่างวิกฤติ (Critical Gap) และช่องว่าง (Gap)

จากที่ได้วิเคราะห์ผลการยอมรับช่องว่าง (Accepted gap) และการปฏิเสธช่องว่าง (Rejected gap) ของยานพาหนะในแต่ละประเภทและแต่ละช่วงเวลา ของกรณีศึกษาทั้งทางแยกถนนเนจวบทิศ (สุรนารายณ์ซอย 15) ตัดกับถนนสุรนารายณ์ และทางแยกถนนสี่สิริซอย 3 ตัดกับถนนสี่สิริ ทำให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำมาวิเคราะห์หาค่าช่องว่างหรือความยาวของ gap ที่น้อยที่สุดโดยเฉลี่ยที่ผู้ขับขี่ยานพาหนะใช้ตัดสินใจในการเข้าร่วมกระแสจราจรสายหลักหรือมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) โดยการนำชุดข้อมูลที่ได้จากวิเคราะห์ผลการยอมรับช่องว่าง (Accepted gap) และ การปฏิเสธช่องว่าง (Rejected gap) ในข้อที่ 4.1 มาพล็อตลงบนกราฟหรือคำนวณโดยวิธีการกราฟฟิก จากนั้นจะเห็นได้ว่ารูปเส้นกราฟที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นโค้งสองเส้นตัดกัน เส้นหนึ่งแสดงผลของการปฏิเสธช่องว่าง (Rejected gap) และอีกเส้นหนึ่งแสดงของการยอมรับช่องว่าง (Accepted gap) และจุดที่กราฟทั้งสองเส้นตัดกันคือค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของบริเวณที่ทำการศึกษาวิจัย

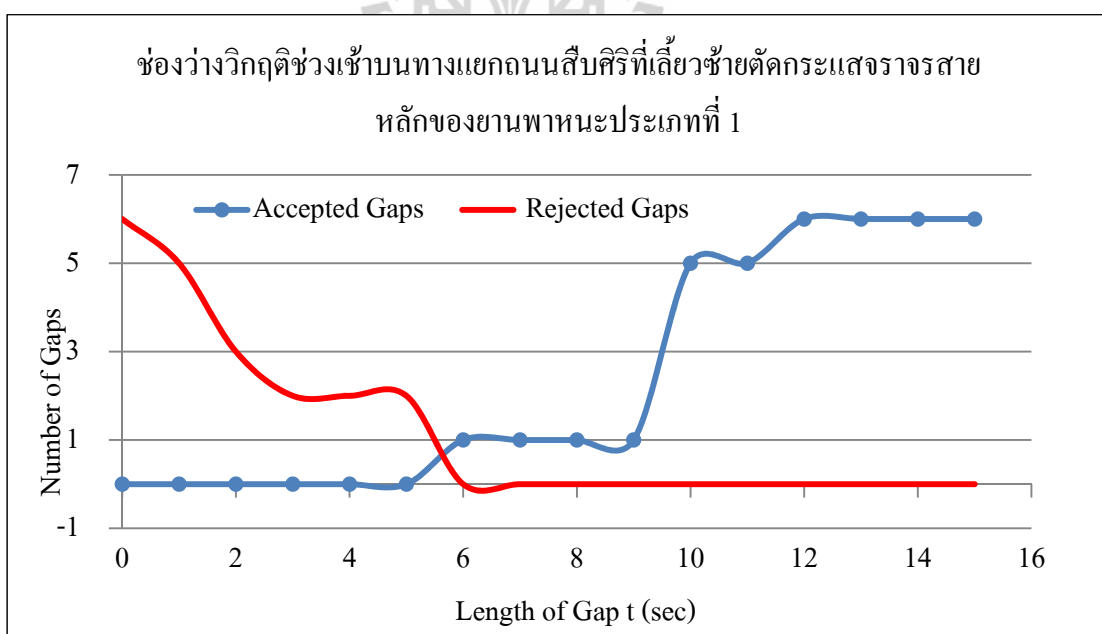
ซึ่งในลำดับต่อไปนี้จะเป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์หาค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ในรูปแบบของการสร้างกราฟ cumulative curves สำหรับการปฏิเสธช่องว่าง (Rejected gap) และการยอมรับช่องว่าง (Accepted gap) ของช่วงเวลาเช้าและบ่ายบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษาวิจัย

### 4.2.1 การวิเคราะห์หาค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap)

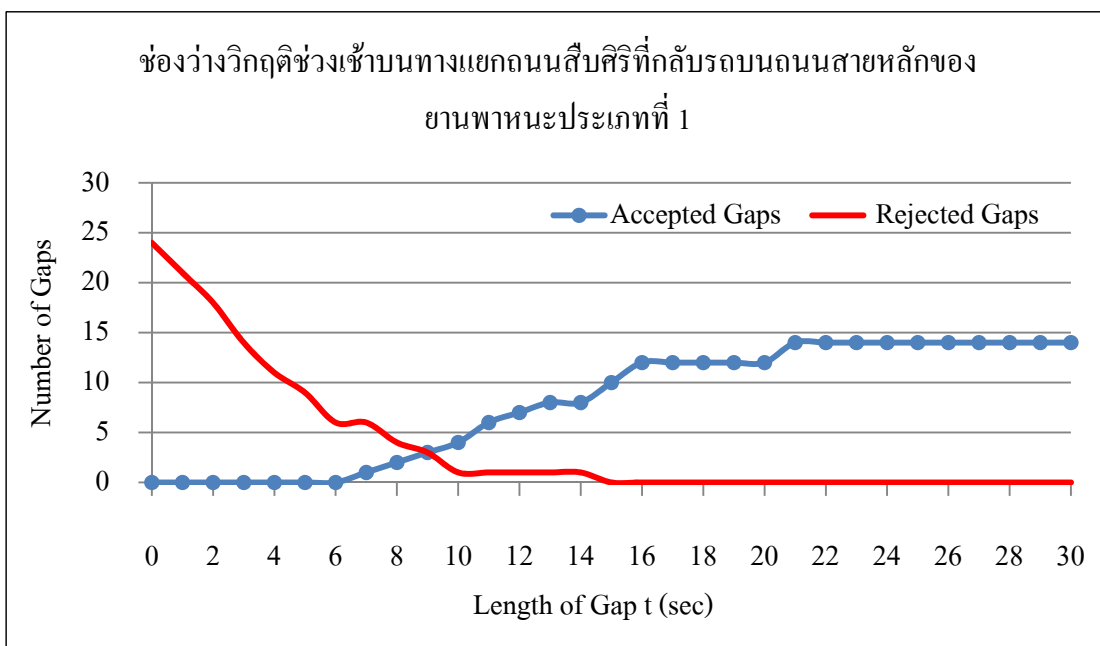
จากผลการวิเคราะห์การยอมรับช่องว่าง (Accepted gap) และ การปฏิเสธช่องว่าง (Rejected gap) โดยผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในภาคผนวก ก นั้น สามารถนำมาวิเคราะห์หาค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ได้ดังต่อไปนี้



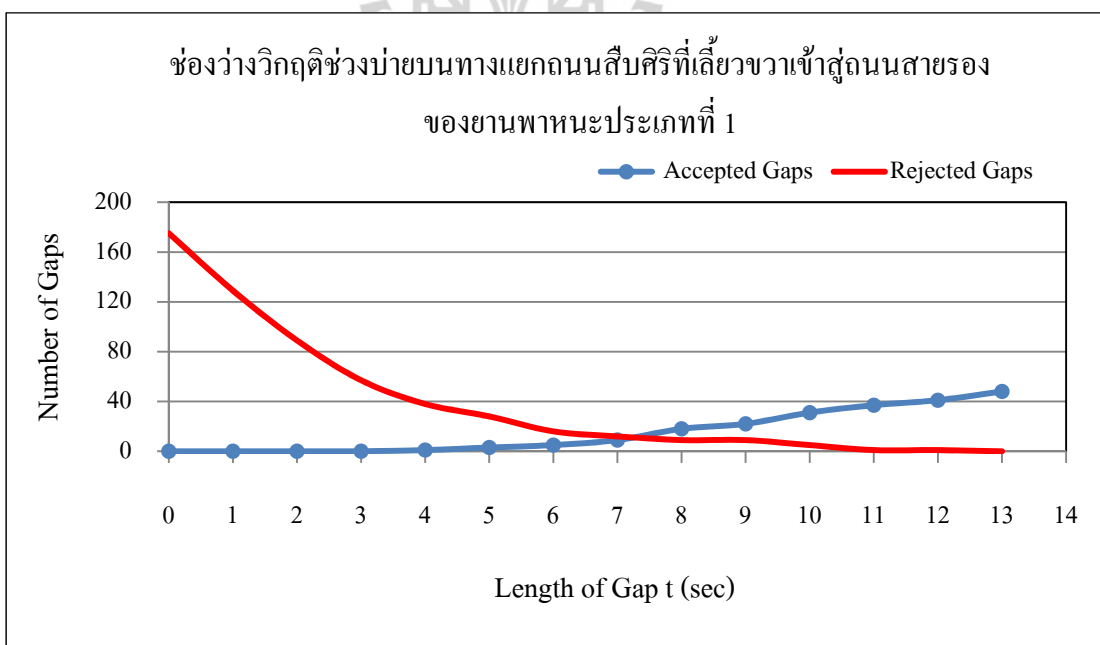
รูปที่ 4.1 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เลียวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเข้าสู่ถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสี่ขีร์ช่วงเข้า



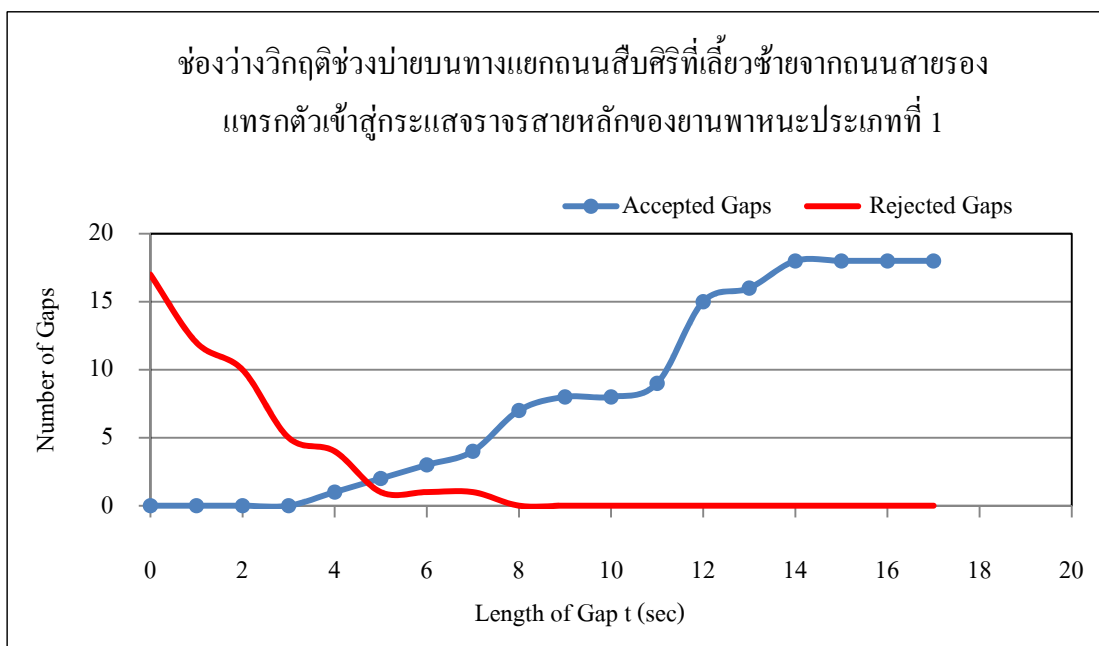
รูปที่ 4.2 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เลียวซ้ายออกจากถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสี่ขีร์ช่วงเข้า



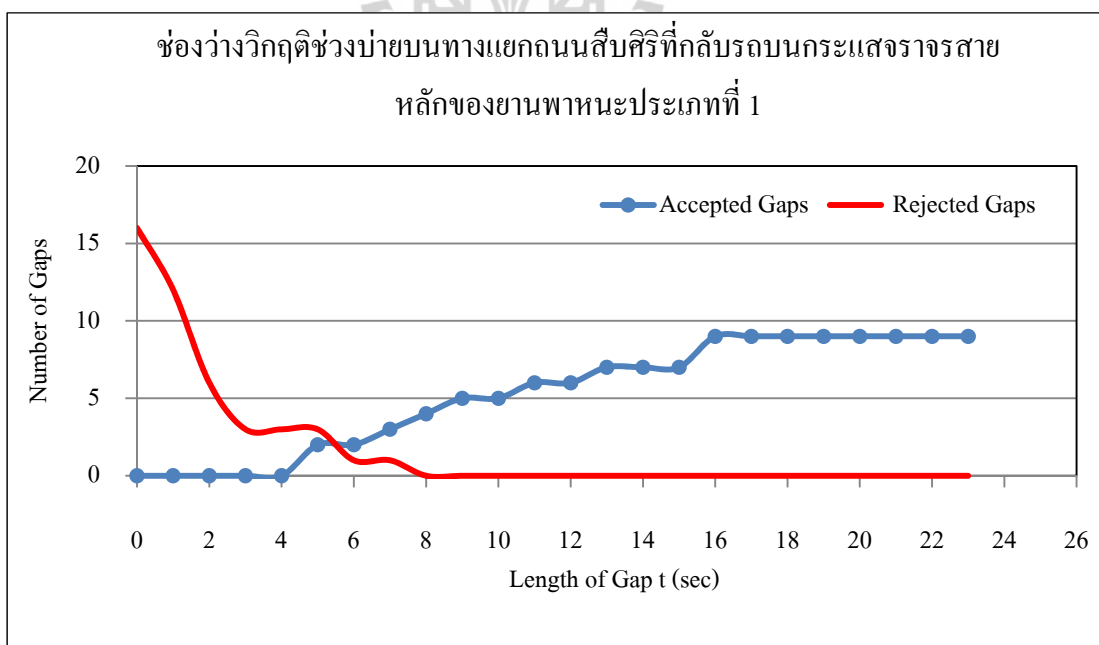
รูปที่ 4.3 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่กั้บรถบนถนนสายหลักของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสี่ขีร์ช่วงเข้า



รูปที่ 4.4 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเข้าสู่ถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสี่ขีร์ช่วงบ่าย

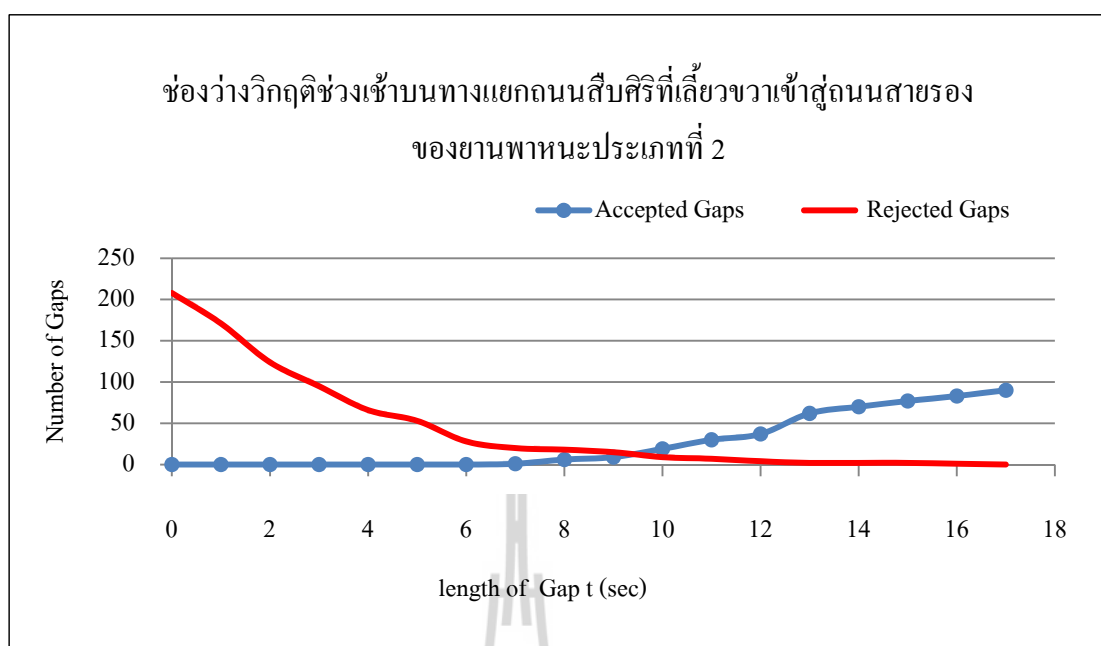


รูปที่ 4.5 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เลียวซ้ายออกจากถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสี่ขีร์ช่วงบ่าย

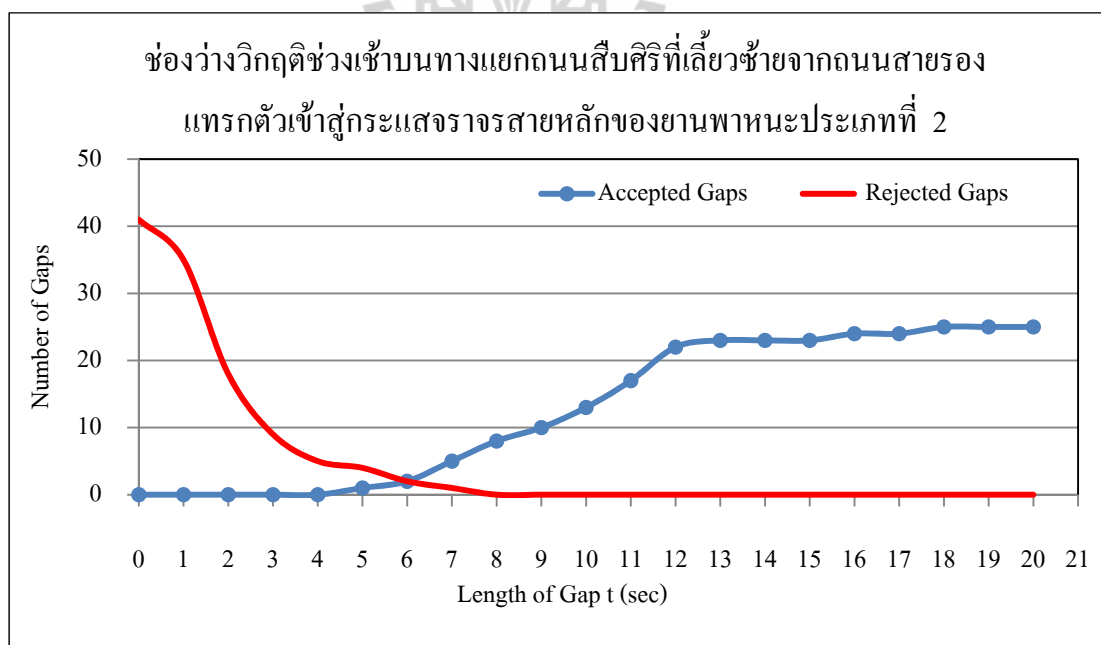


รูปที่ 4.6 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่กลับรถบนถนนสายหลักของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสี่ขีร์ช่วงบ่าย

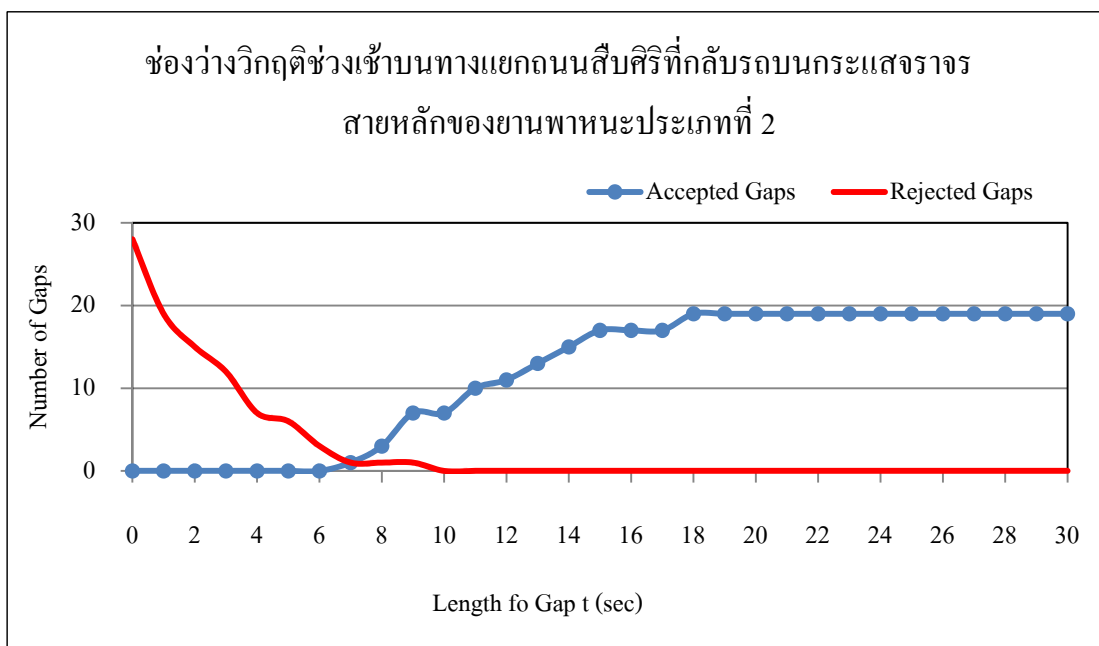




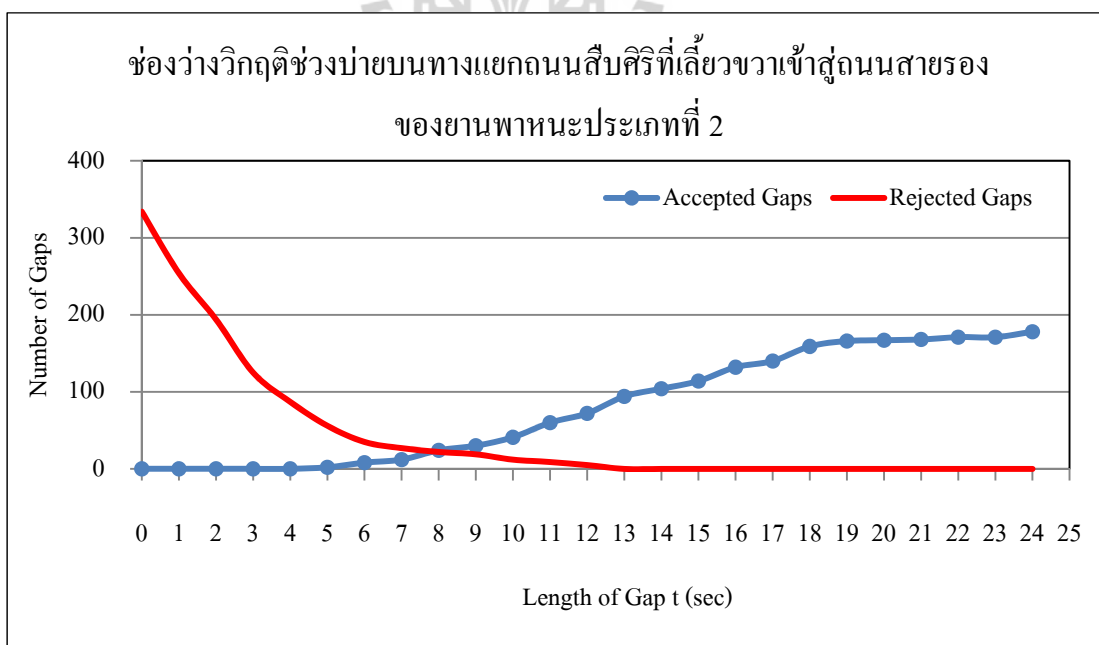
รูปที่ 4.7 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เลียวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเข้าสู่ถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสี่ขีริช่วงเข้า



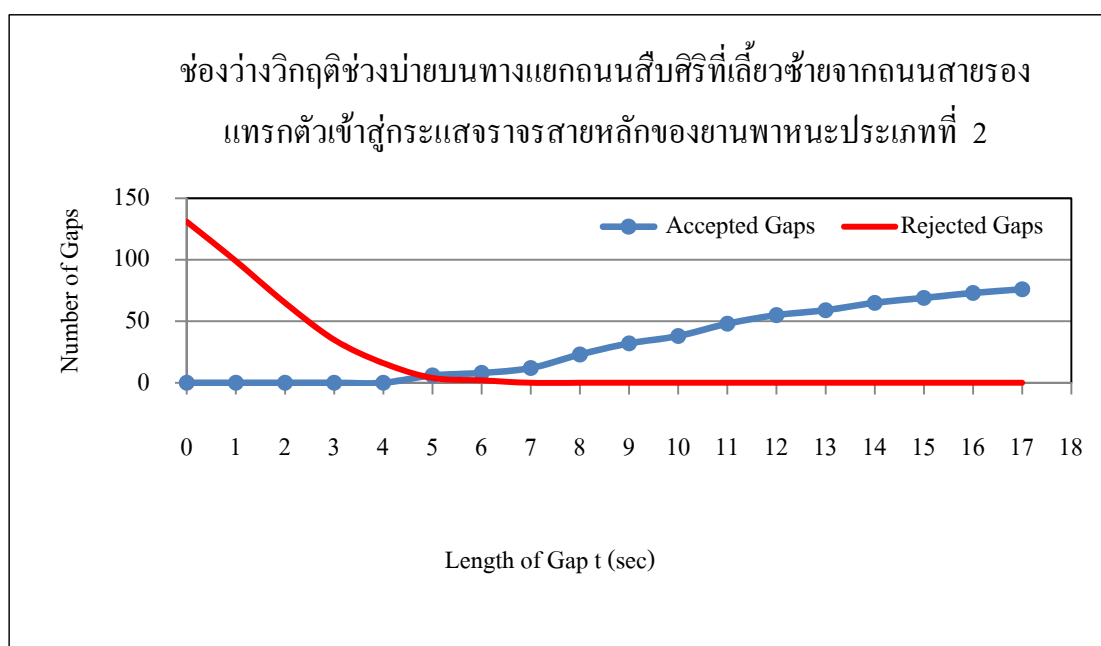
รูปที่ 4.8 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เลียวซ้ายออกจากถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสี่ขีริช่วงเข้า



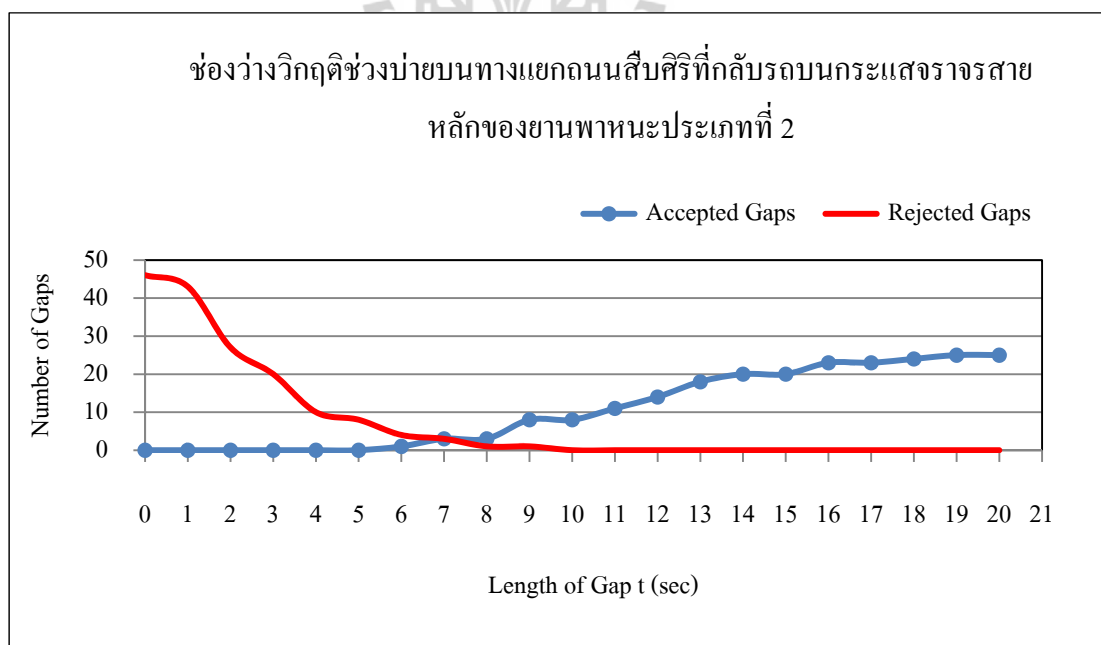
รูปที่ 4.9 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่กลับรถบนถนนสายหลักของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสี่ขีรีช่วงเข้า



รูปที่ 4.10 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เลี้ยวขวาดัดกระแสดจราจรสายหลักเข้าสู่ถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสี่ขีรีช่วงบาย



รูปที่ 4.11 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เลียวชัยออกจากถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสี่ขีริช่วงบ่าย

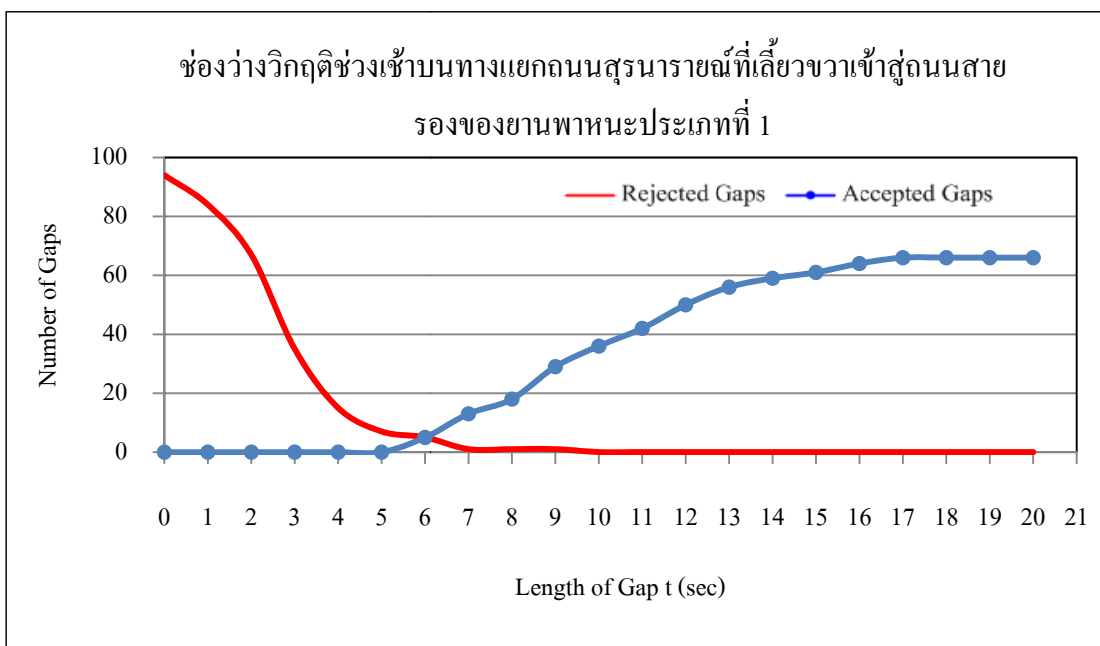


รูปที่ 4.12 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่กลับรถบนถนนสายหลักของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสี่ขีริช่วงบ่าย

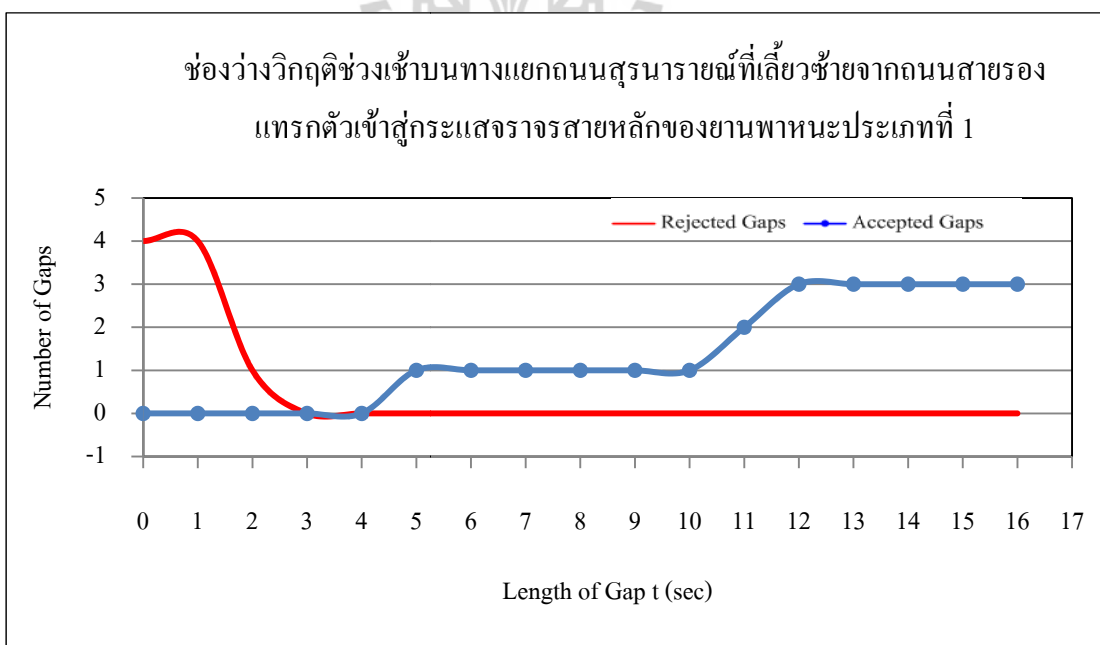
ตารางที่ 4.1: สรุปค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณแยกสี่บศิริ

ช่วงเวลา	ประเภทของยานพาหนะ	ลักษณะการเลี้ยวตัดกระแสจราจร		
		เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเข้าสู่กระแสจราจรสายรอง (Turn right) มีหน่วยเป็น วินาที (t sec)	เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อเข้าสู่กระแสจราจรสายหลัก (Turn left) มีหน่วยเป็น วินาที (t sec)	กลับรถบนกระแสจราจรสายหลัก (U - Turn ) มีหน่วยเป็น วินาที (t sec)
เช้า	ประเภทที่ 1	7.90	5.67	9.00
	ประเภทที่ 2	9.38	6.00	7.00
บ่าย	ประเภทที่ 1	7.25	4.75	5.50
	ประเภทที่ 2	7.88	4.73	7.00

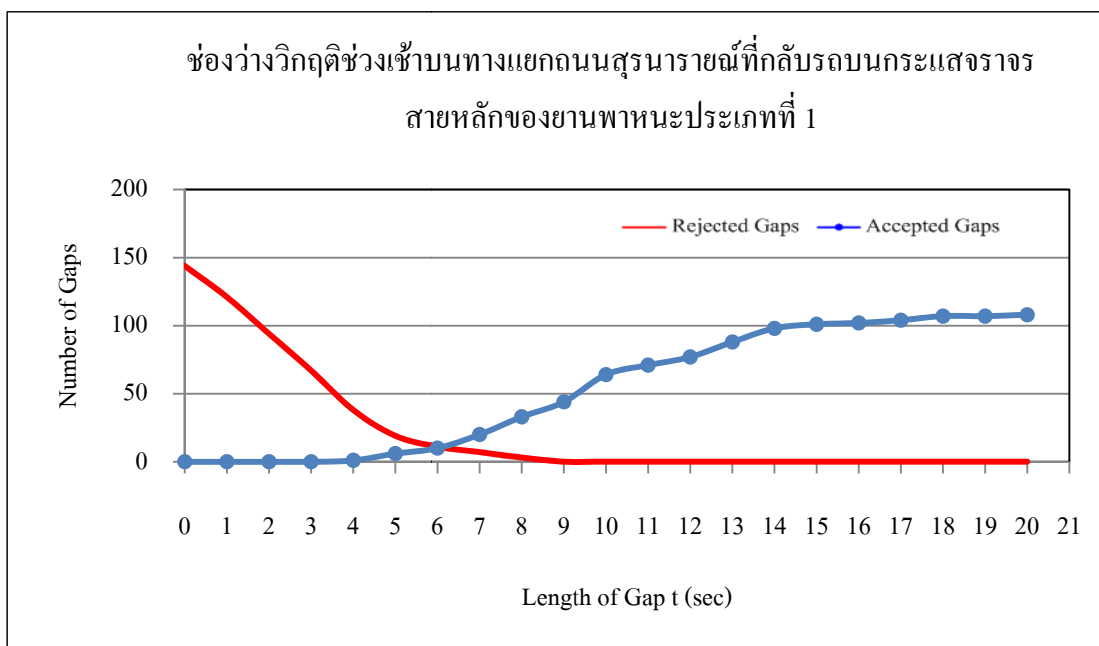
กราฟแสดงการสร้าง cumulative curve ในรูปที่ 4.13 - 4.24 เพื่อแสดงการหาค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) บริเวณทางแยกถนนสุรนารายณ์ทั้งช่วงเวลาเช้าและบ่าย



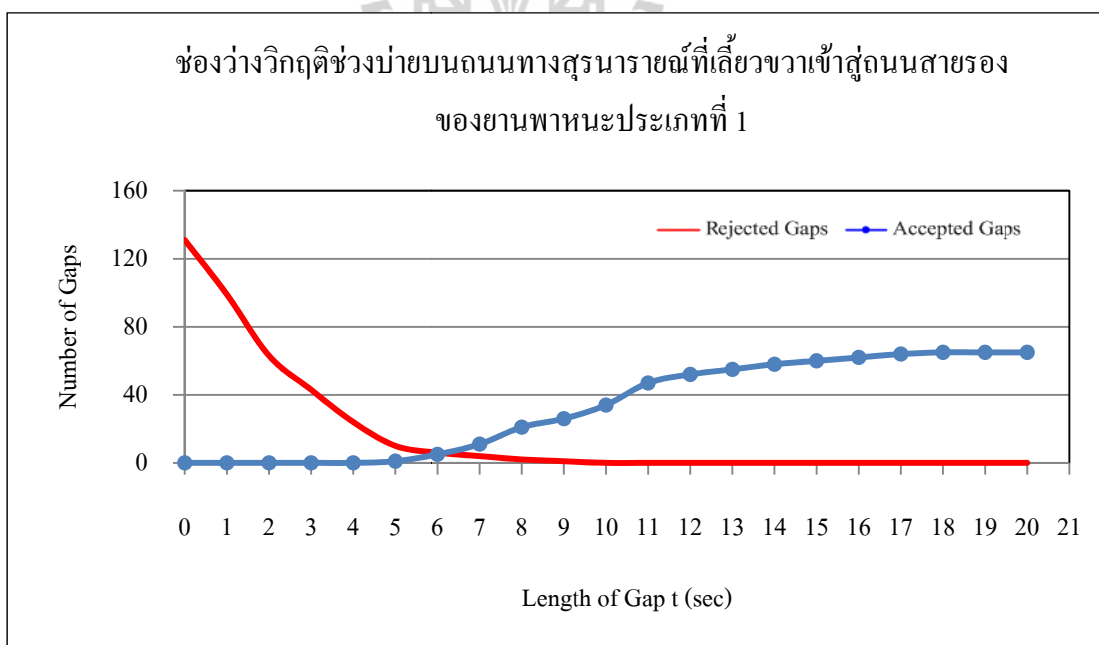
รูปที่ 4.13 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เกี่ยวข้องตัดกระแสจราจรสายหลักเข้าสู่ถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงเข้า



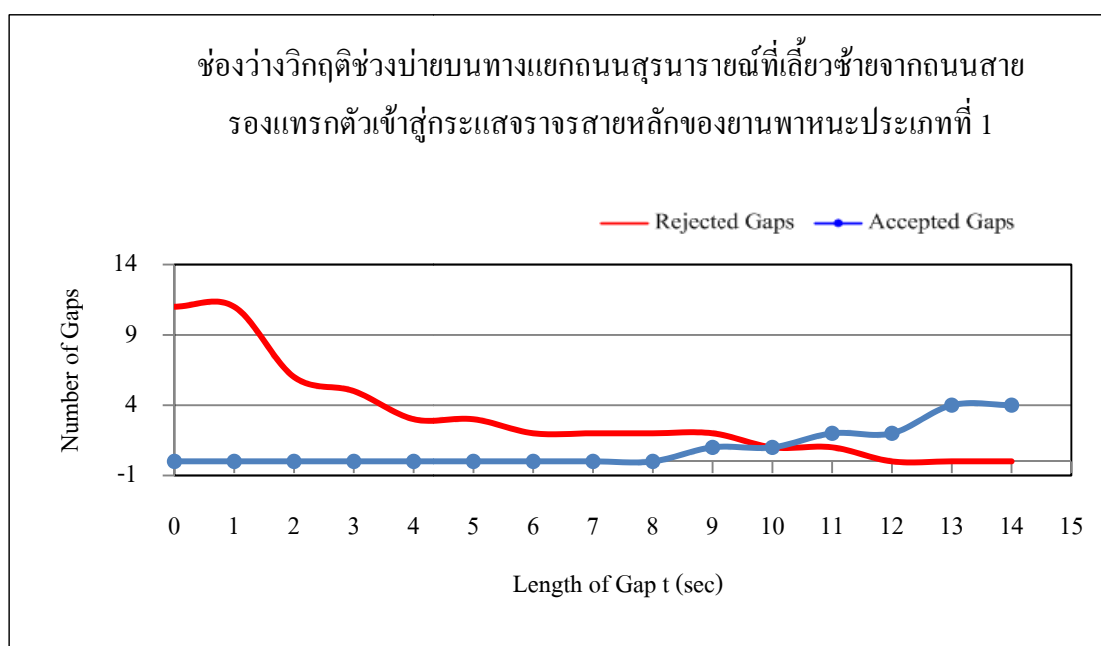
รูปที่ 4.14 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เกี่ยวข้องซ้ายออกจากถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงเข้า



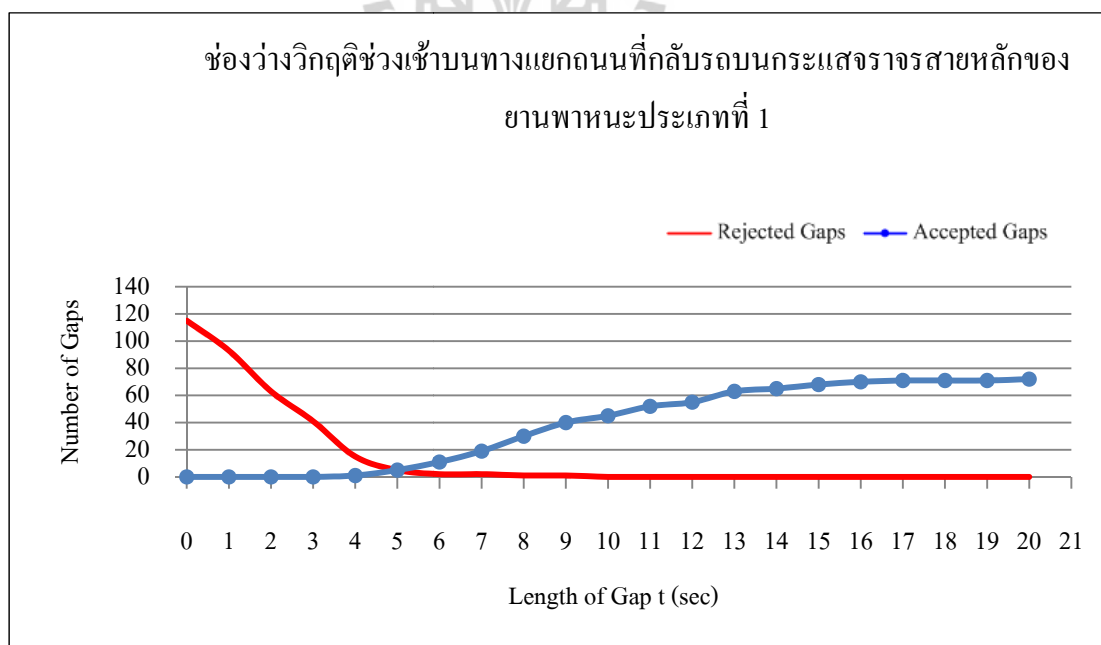
รูปที่ 4.15 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่กลับรถบนถนนสายหลักของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงเข้า



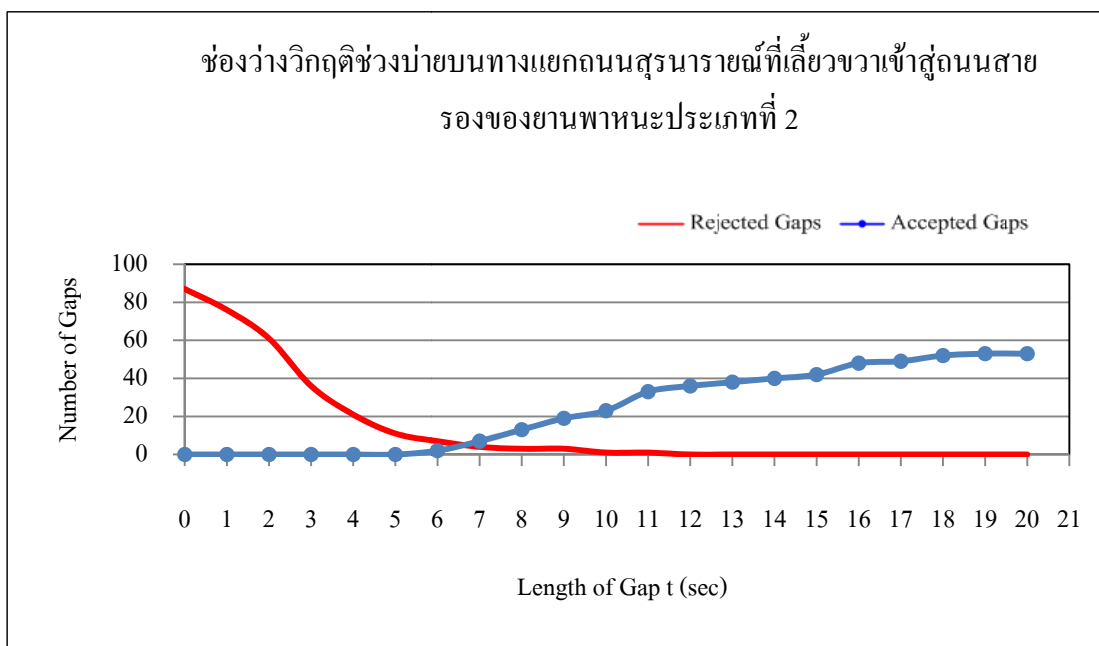
รูปที่ 4.16 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เลี้ยวขวาคัดกระแสรถสายหลักเข้าสู่ถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงบาย



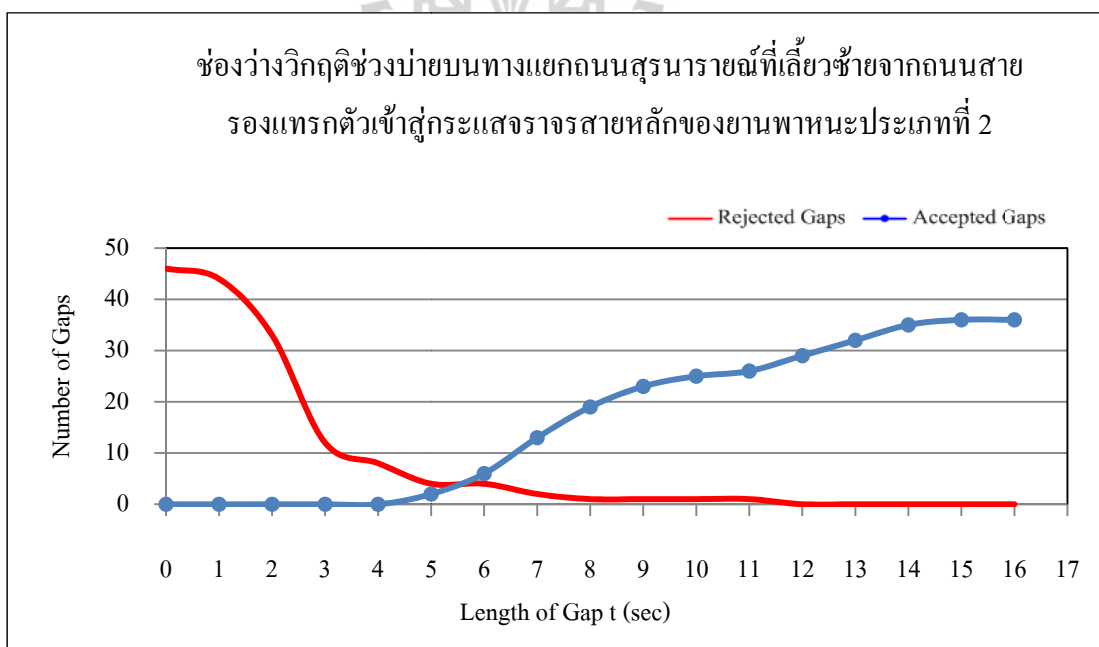
รูปที่ 4.17 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เลียวซ้ายออกจากถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงป้าย



รูปที่ 4.18 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่กลับรถบนถนนสายหลักของยานพาหนะประเภทที่ 1 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงป้าย

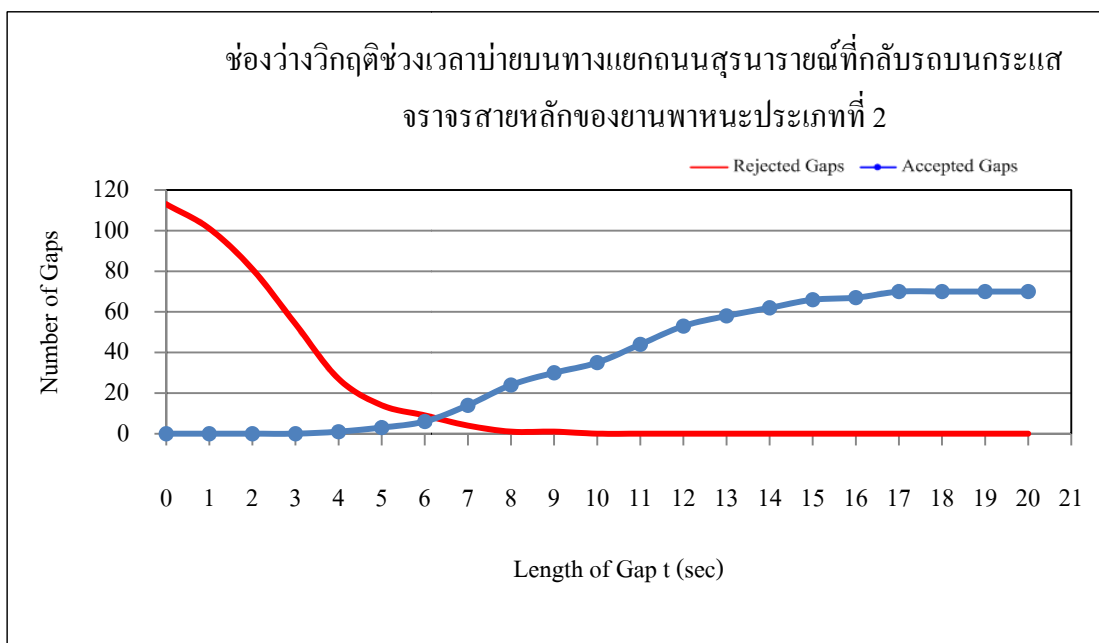


รูปที่ 4.19 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเข้าสู่ถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงเช้า

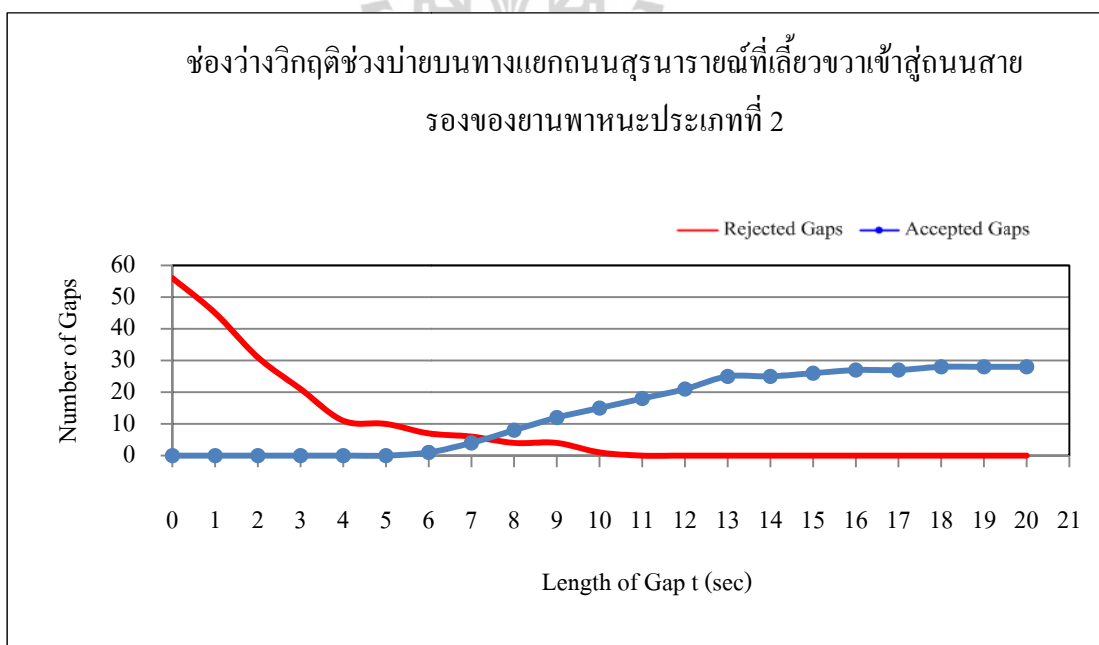


รูปที่ 4.20 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงเช้า

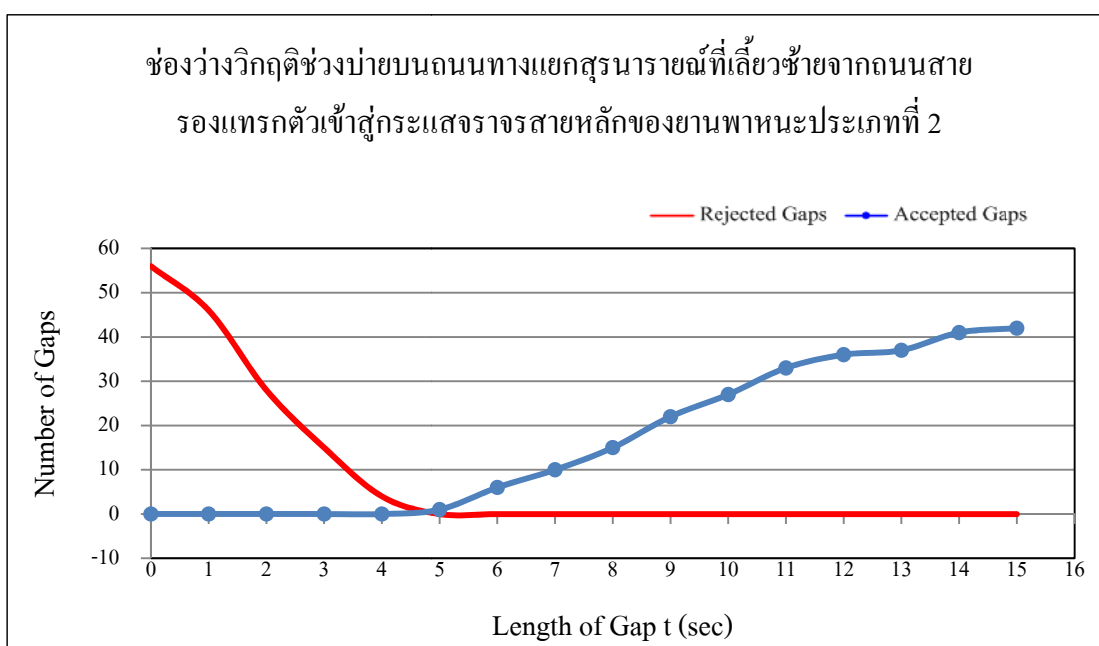




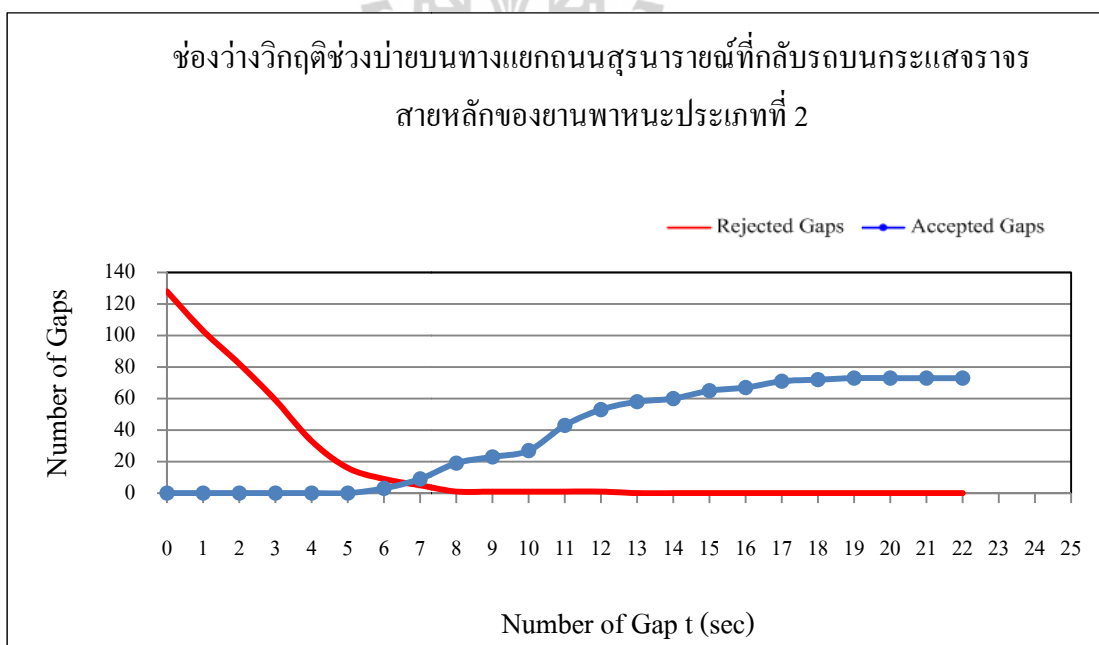
รูปที่ 4.21 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่กั้ลั้บรถบนถนนสายหลักของ ยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงย่ำ



รูปที่ 4.22 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เลี้ยวขวาคัดกระแสจราจรสายหลักเข้าสู่ถนนสายรองของยานพาหนะประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงย่ำ



รูปที่ 4.23 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่เลียวซ้ายออกจากถนนสายรองของยานพาหนะ  
ประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงบ่าย



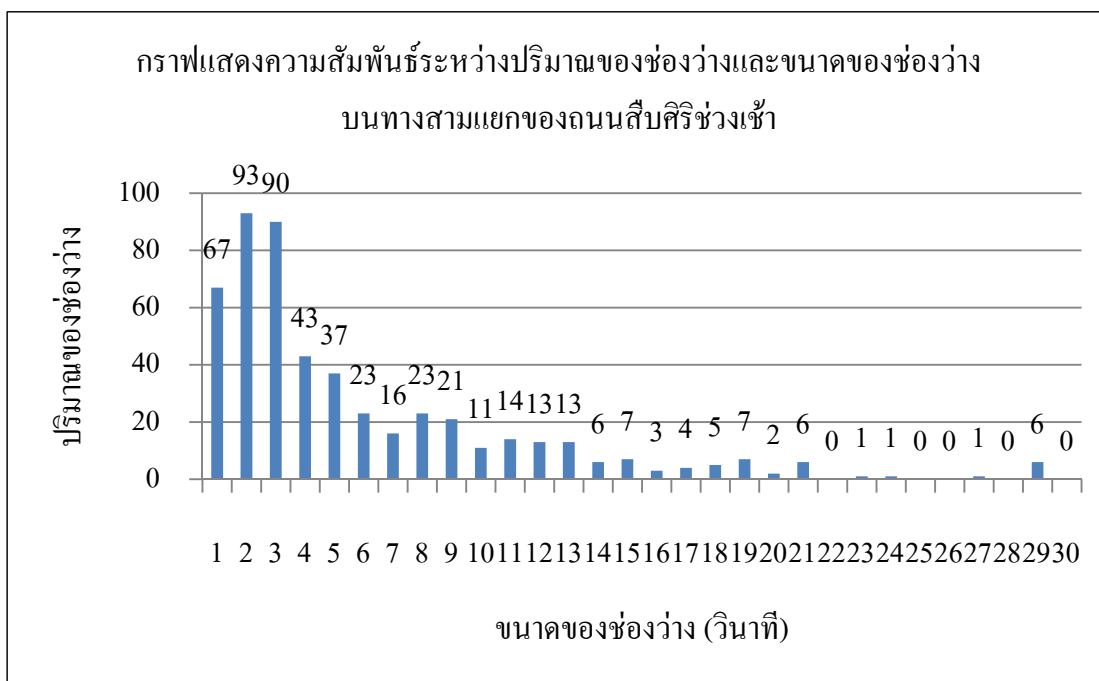
รูปที่ 4.24 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ที่กั้บรถบนถนนสายหลักของ ยานพาหนะ  
ประเภทที่ 2 บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ช่วงบ่าย

ตารางที่ 4.2 สรุปค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) บริเวณทางแยกถนนสุรนารายณ์

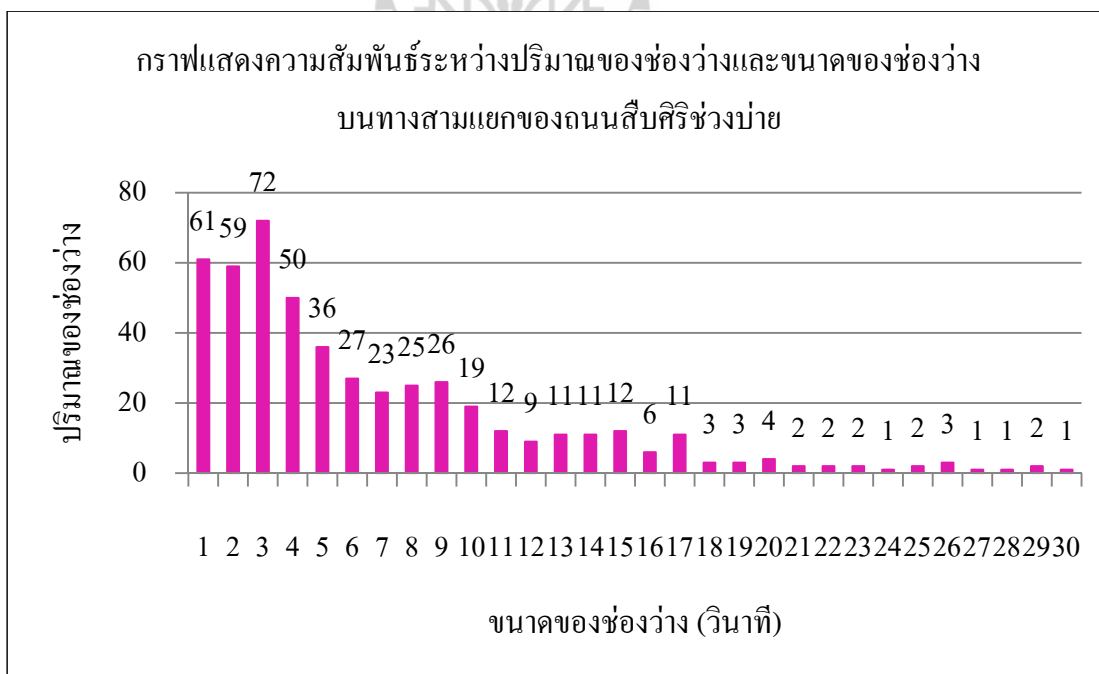
ช่วงเวลา	ประเภทของยานพาหนะ	ลักษณะการเลี้ยวตัดกระแสจราจร		
		เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเข้าสู่กระแสจราจรสายรอง (Turn right) มีหน่วยเป็นวินาที (t sec)	เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อเข้าสู่กระแสจราจรสายหลัก (Turn left) มีหน่วยเป็นวินาที (t sec)	กลับรถบนกระแสจราจรสายหลัก (U - Turn ) มีหน่วยเป็นวินาที (t sec)
เช้า	ประเภทที่ 1	6.00	4.00	6.07
	ประเภทที่ 2	6.63	5.50	6.23
บ่าย	ประเภทที่ 1	6.14	10.00	5.00
	ประเภทที่ 2	7.33	4.80	6.60

#### 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการกระจายตัวของขนาดช่องว่างระหว่างรถและอัตราการไหลบริเวณทางแยก

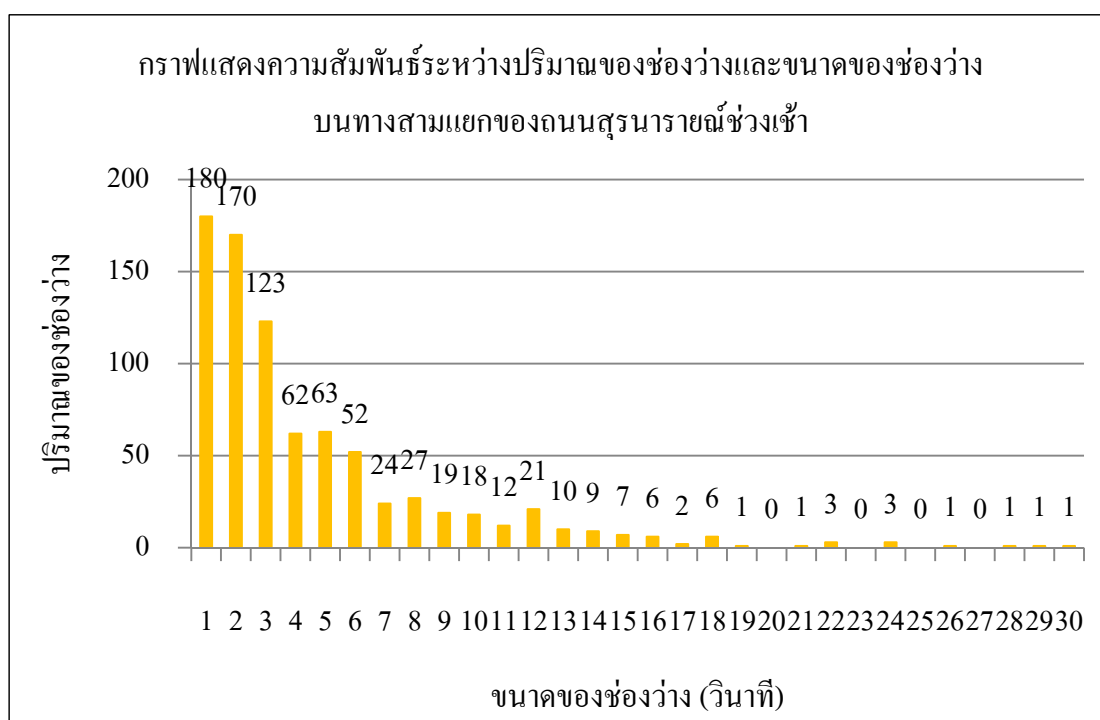
จากการศึกษาวิเคราะห์ในช่วงแรกนั้นเป็นการศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับการยอมรับช่องว่าง (Accepted gap) และการปฏิเสธช่องว่าง (Rejected gap) จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์จะทำให้สามารถทราบค่าของช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) บริเวณทางแยกที่ทำการศึกษาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จากนั้นไปจะมาทำการวิเคราะห์ศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการกระจายตัวของขนาดช่องว่างระหว่างยานพาหนะ เนื่องจากช่องว่างระหว่างยานพาหนะนั้นทำให้เราสามารถทราบถึงค่าของอัตราการไหลของยานพาหนะที่สัญจรผ่านบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษานบนถนนสายหลัก ไม่ว่าจะเป็นทั้งถนนสี่บิสิริและถนนสุรนารายณ์ โดยต่อไปนี้จะแสดงรูปการกระจายของขนาดช่องว่างของทั้ง 2 ทางแยกที่ทำการศึกษานั้นได้แก่ การกระจายตัวของขนาดช่องว่างของทางแยกถนนสี่บิสิริ และทางแยกสุรนารายณ์ โดยแสดงในรูปข้างล่าง ดังนี้



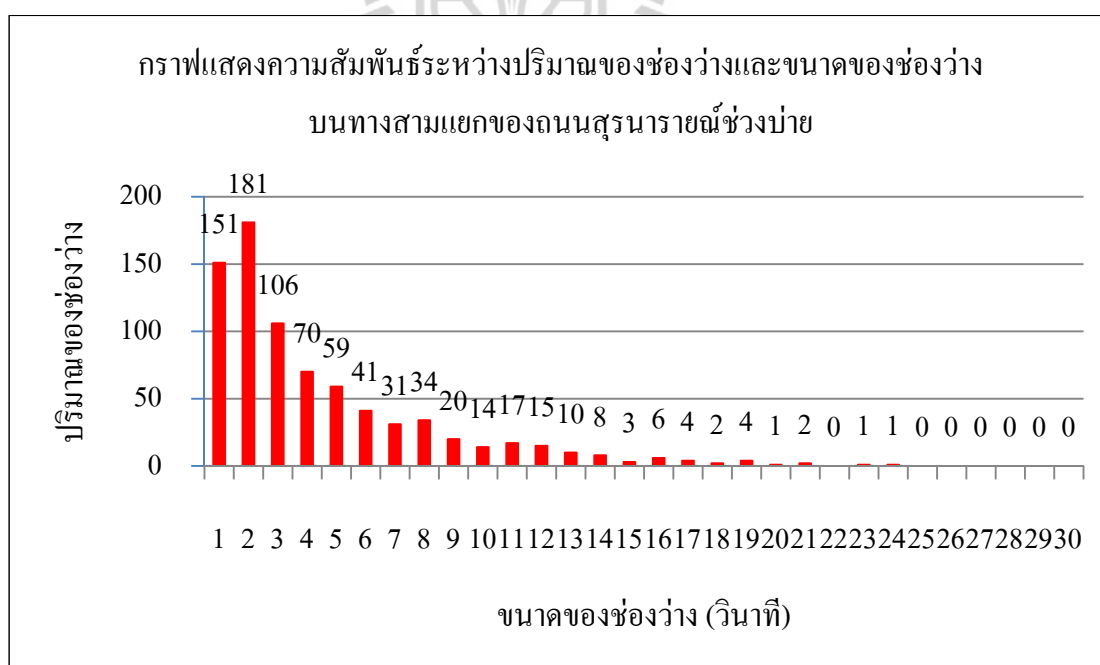
รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนและขนาดของช่องว่างบนถนนสี่ศิริช่วงเช้า



รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนและขนาดของช่องว่างบนถนนสี่ศิริช่วงบ่าย



รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนและขนาดของช่องว่างบนถนนสุรนารายณ์ช่วงเช้า

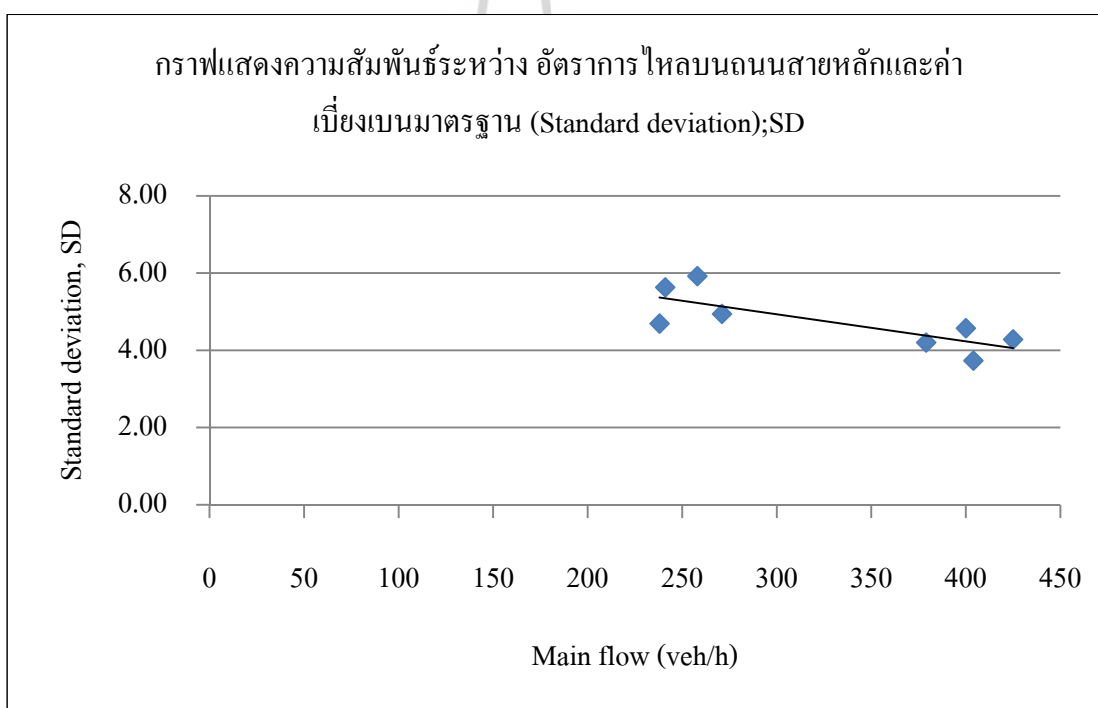


รูปที่ 4.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนและขนาดของช่องว่างบนถนนสุรนารายณ์ช่วงบ่าย

จากการวิเคราะห์สามารถนำค่าอัตราการไหลบนถนนสายหลัก (Main flow) ของแต่ละทางแยกเพื่อวิเคราะห์หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และค่าเฉลี่ยของช่องว่าง (Average gap) ได้ดังนี้ ซึ่งผลการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าอัตราการไหลบนถนนสายหลัก (Main flow) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

การไหล (Flow) (คันต่อชั่วโมง)	238	241	258	271	379	400	404	425
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน SD	4.69	5.63	5.92	4.94	4.20	4.57	3.73	4.28



รูปที่ 4.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลบนถนนสายหลักและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

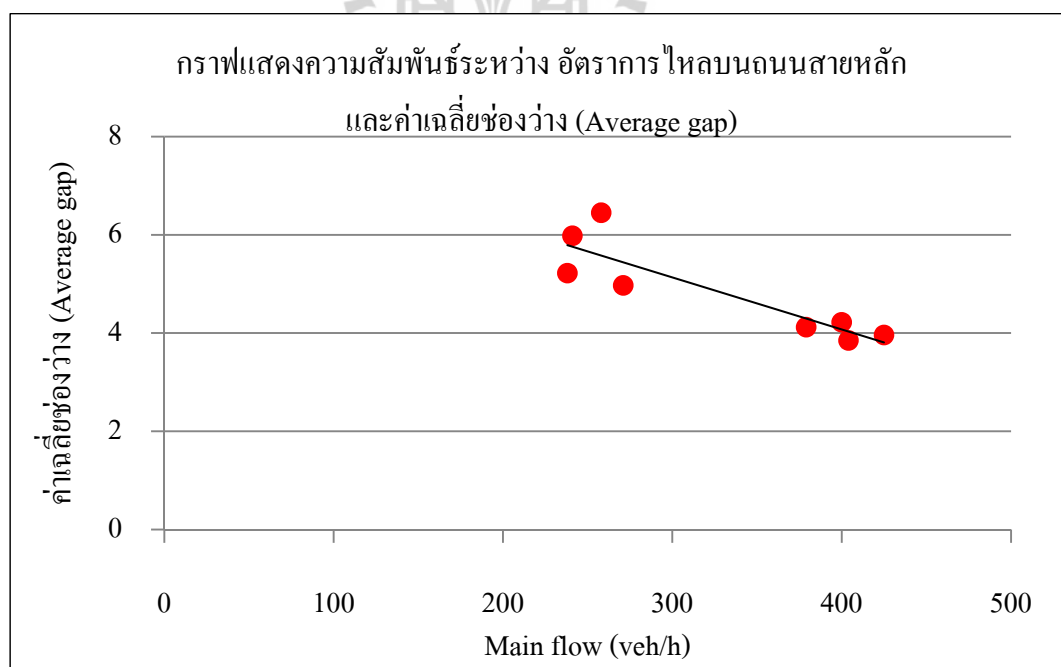
จากรูปที่ 4.29 สามารถวิเคราะห์ได้ว่าค่าอัตราการไหลมีค่าน้อย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีค่ามากและเมื่อค่าอัตราการไหลเพิ่มมากขึ้นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีค่าน้อย ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลบนกระแสดจราจรสายหลักและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง โดยสมการค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) คือ

$$\text{Standard deviation} = \sqrt{\sum f_i \left( \frac{(u_i - u)^2}{N-1} \right)}$$

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าอัตราการไหลบนถนนสายหลัก (Main flow) และค่าเฉลี่ยช่องว่าง

(Average gap) U

อัตราการไหล (Flow) (คันต่อชั่วโมง)	238	241	258	271	379	400	404	425
ค่าเฉลี่ยช่องว่าง (Average gap): U	5.22	5.98	6.45	4.97	4.12	4.22	3.85	3.96



รูปที่ 4.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลบนถนนสายหลักและค่าเฉลี่ยช่องว่าง

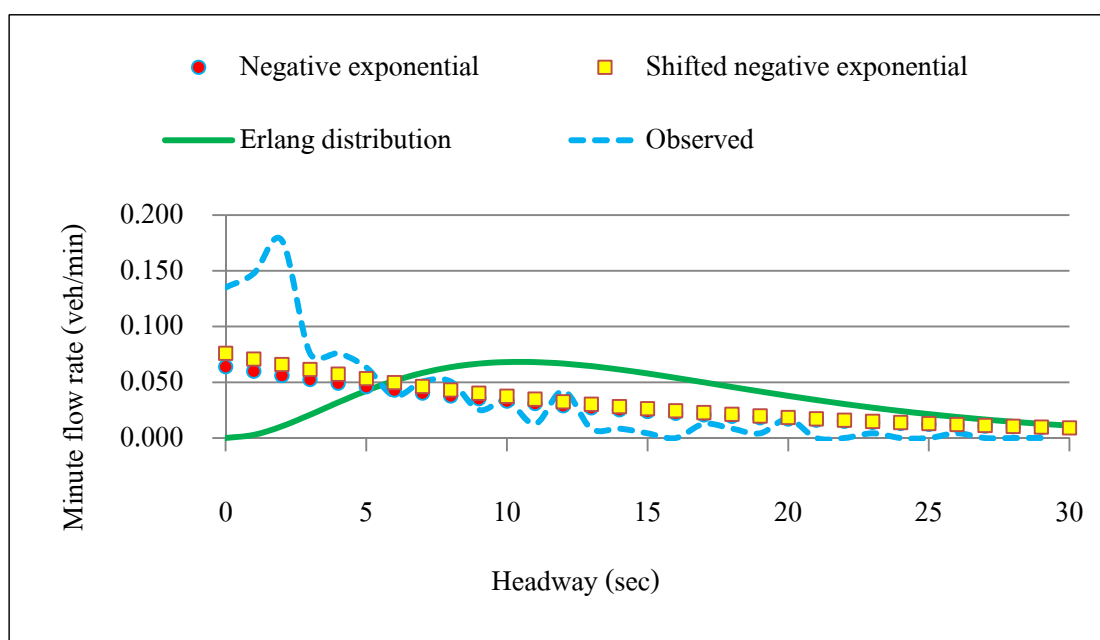
จากรูปที่ 4.30 สามารถวิเคราะห์ได้ว่าเมื่อค่าอัตราการไหลมีค่าน้อย ค่าช่องว่างเฉลี่ยจะมีค่ามากและเมื่อค่าอัตราการไหลเพิ่มมากขึ้นค่าช่องว่างเฉลี่ยจะมีค่าน้อย ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลบนกระแสน้ำจืดและค่าช่องว่างเฉลี่ยมีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง โดยสมการค่าช่องว่างเฉลี่ย (Average gap) คือ

$$\text{Average gap} = \frac{\sum f_i * u_i}{\sum f_i}$$

จากนี้ไปเป็นการวิเคราะห์โดยการนำข้อมูลที่ได้ออกมาจากการคำนวณซึ่งนำผลการคำนวณของ Negative exponential Shifted negative exponential Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ซึ่งแสดงผลไว้ในภาคผนวก ข นำมาเขียนลงบนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลการคำนวณของ Negative exponential Shifted negative exponential Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางสามแยกที่ทำการศึกษาวิจัยทั้งสองทางแยก อันได้แก่ ทางแยกถนนสี่กั๊กกับสี่กั๊กซอย 3 และ ทางแยกถนนสุรนารายณ์ตัดกับถนนเจนจบทิศ หรือสุรนารายณ์ซอย 15

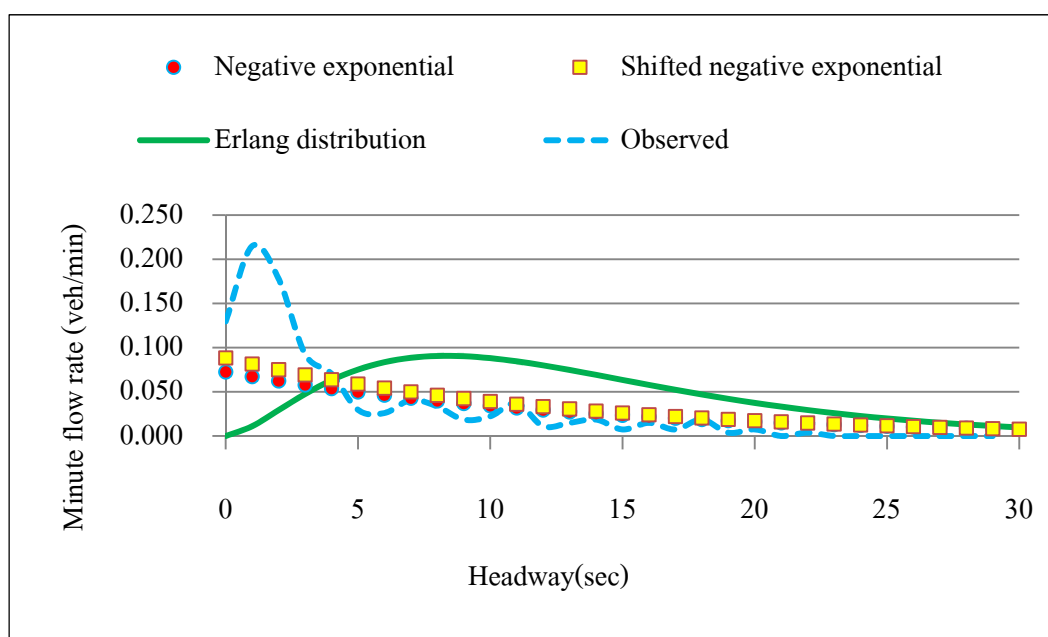
ต่อไปนี้จะเป็นการนำเสนอกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลการคำนวณของ Negative exponential Shifted negative exponential Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสี่กั๊กกับสี่กั๊กซอย 3



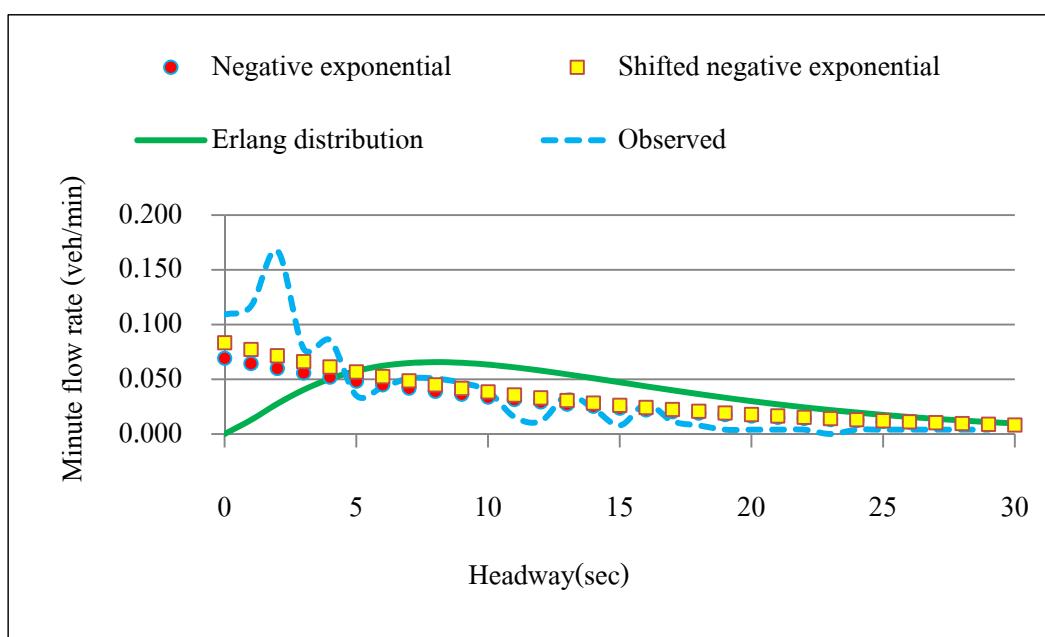


รูปที่ 4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential Shifted negative exponential Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสี่ขีรตัดกับสี่ขีรซอย 3 ช่วงครึ่งชั่วโมงแรกตอนเช้า

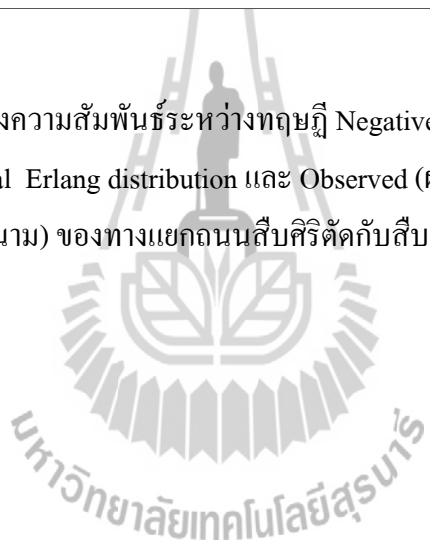


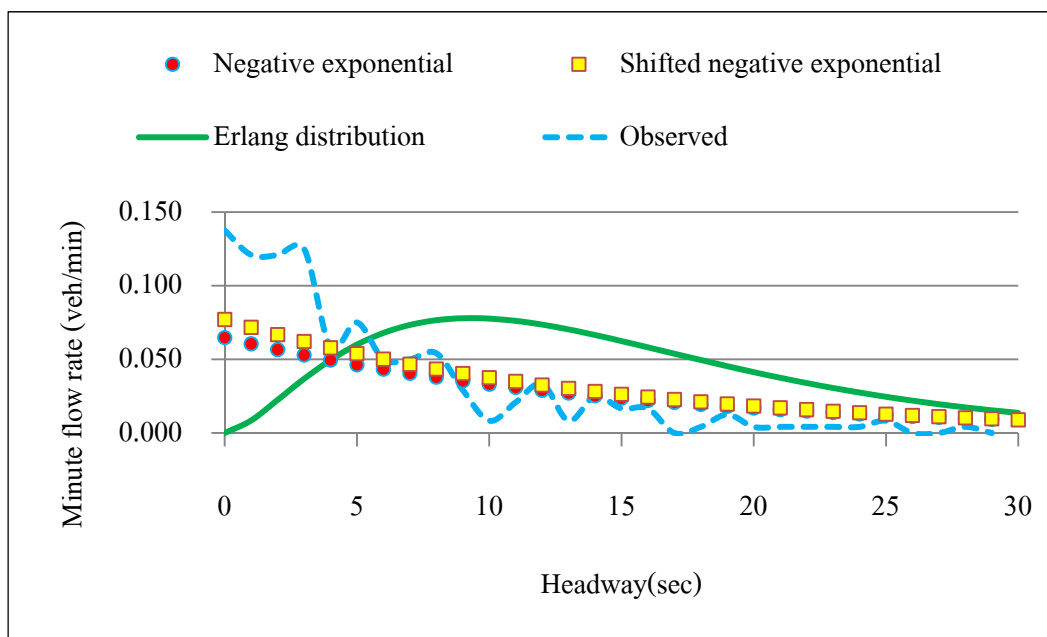


รูปที่ 4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential Shifted negative exponential Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสี่ขีรตัดกับสี่ขีรซอย 3 ช่วงครึ่งชั่วโมง หลังตอนเช้า



รูปที่ 4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential Shifted negative exponential Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสี่สิริตัดกับสี่สิริซอย 3 ช่วงครึ่งชั่วโมงแรกตอนบ่าย

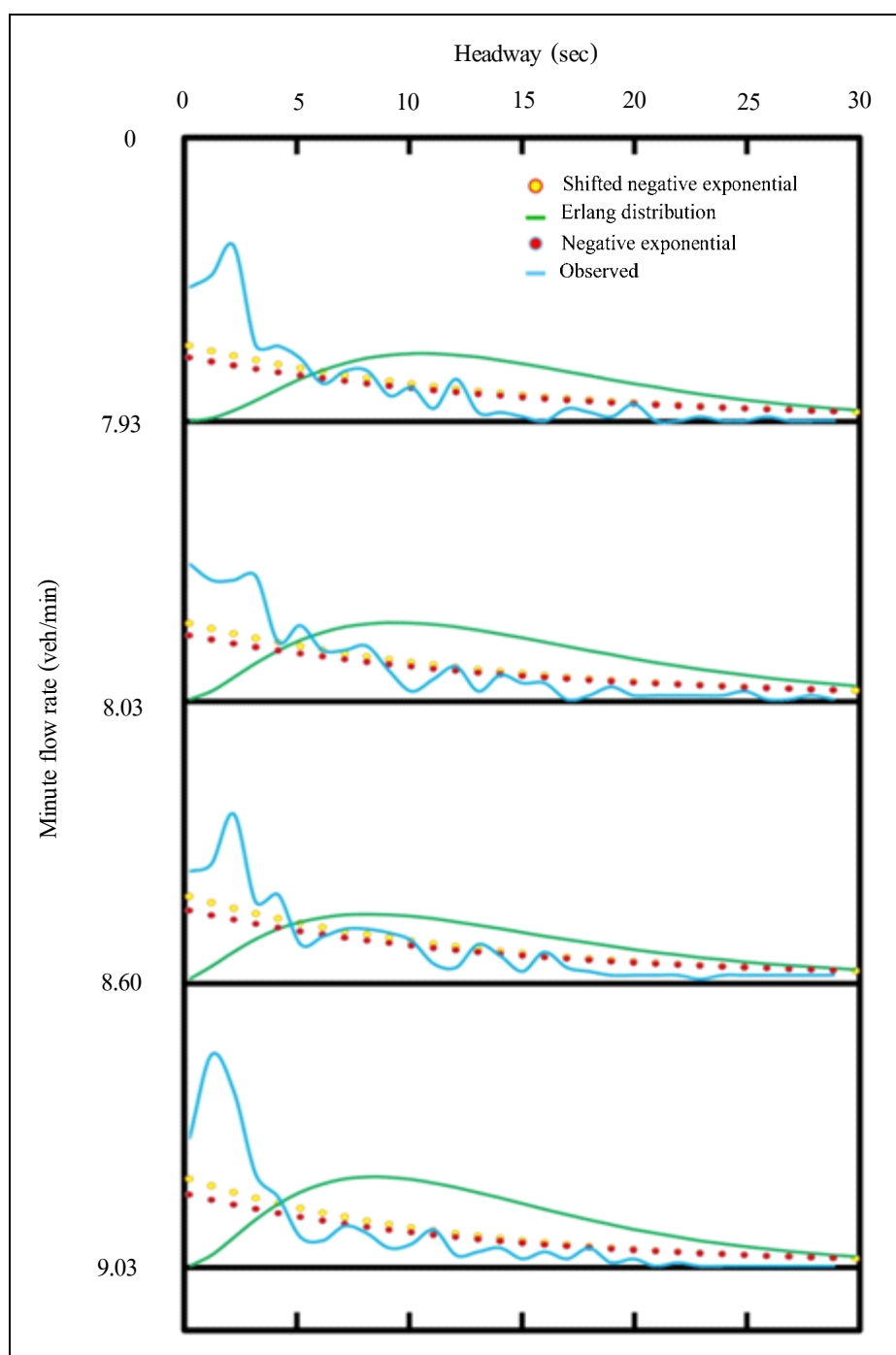




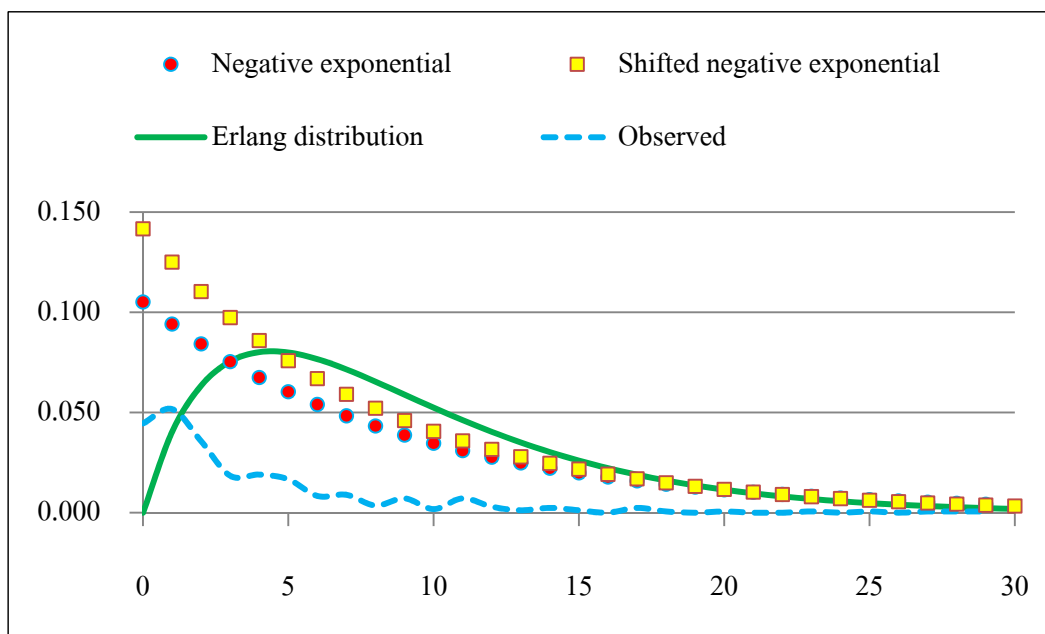
รูปที่ 4.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential Shifted negative exponential Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสี่ขีร์ติดกับสี่ขีร์ซอย 3 ช่วงครึ่งชั่วโมง หลังตอนบ่าย

จากรูปข้างบนสามารถนำมาวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้ จากรูปที่ 4.31 แสดงค่าอัตราการไหลของจราจรเท่ากับ 7.93 คันต่อนาที บริเวณทางแยกถนนสี่ขีร์ช่วงครึ่งชั่วโมงแรกตอนเช้า รูปที่ 4.32 แสดงค่าอัตราการไหลของจราจรเท่ากับ 9.03 คันต่อนาที บริเวณทางแยกถนนสี่ขีร์ช่วงครึ่งชั่วโมงหลังตอนเช้า รูปที่ 4.33 แสดงค่าอัตราการไหลของจราจรเท่ากับ 8.60 คันต่อนาที บริเวณทางแยกถนนสี่ขีร์ช่วงครึ่งชั่วโมงแรกตอนบ่าย รูปที่ 4.34 แสดงค่าอัตราการไหลของจราจรเท่ากับ 8.03 คันต่อนาที บริเวณทางแยกถนนสี่ขีร์ช่วงครึ่งชั่วโมงหลังตอนเช้า

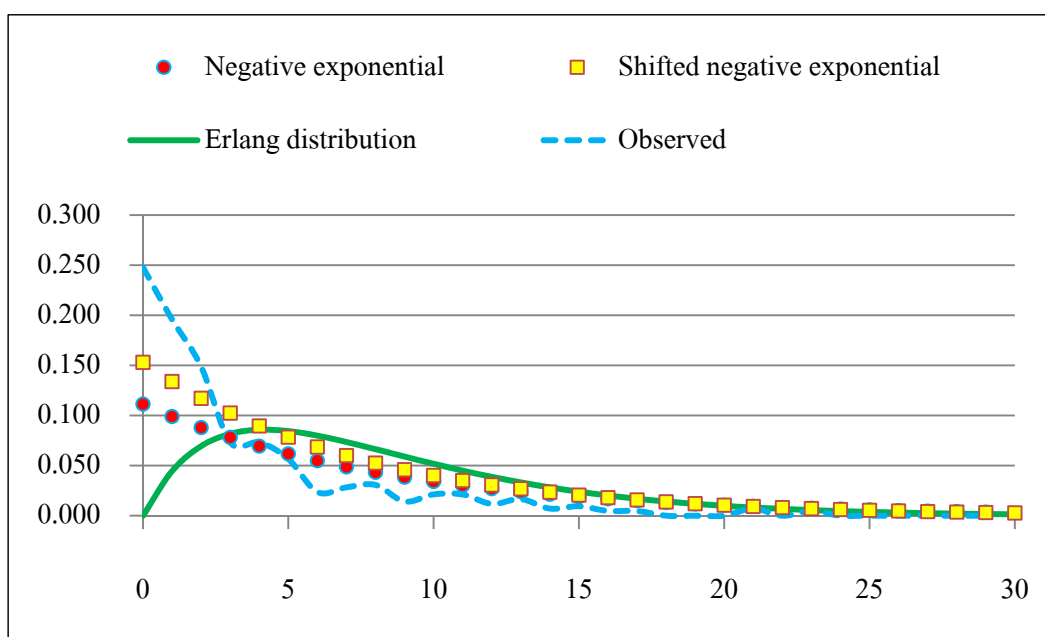
และจากข้อมูลที่ได้ทั้งหมดสามารถนำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของกระแสจราจรกับทฤษฎี Negative exponential Shifted negative exponential Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) บริเวณทางแยกถนนสี่ขีร์ ได้รูปที่ 4.35 ดังนี้



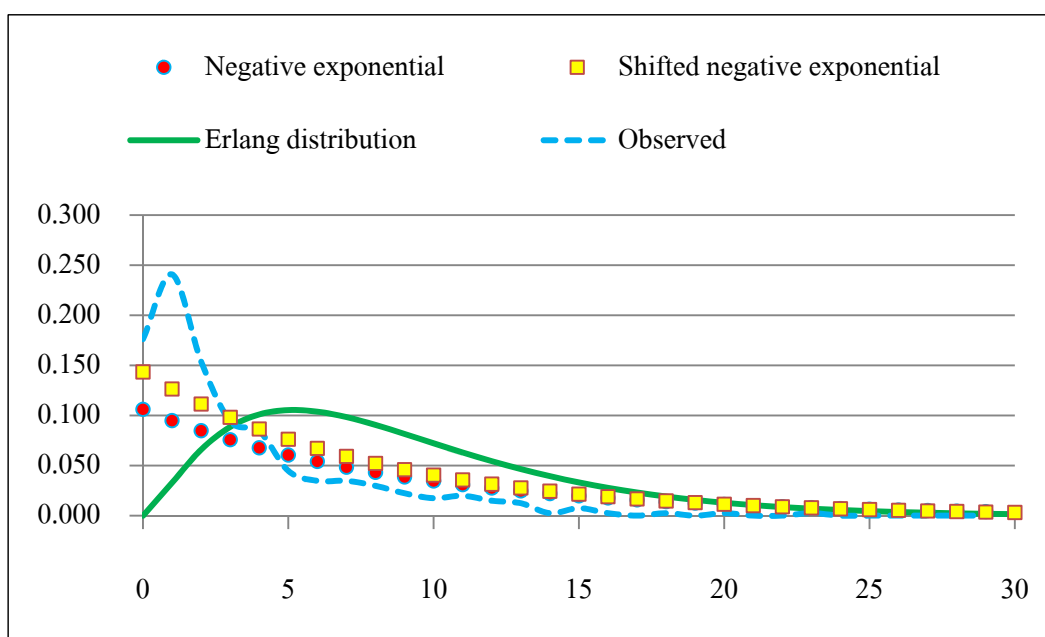
รูปที่ 4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential Shifted negative exponential Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสี่ขีรตัดกับสี่ขีรขอย 3 ทั้งช่วงเช้าและช่วงบ่าย



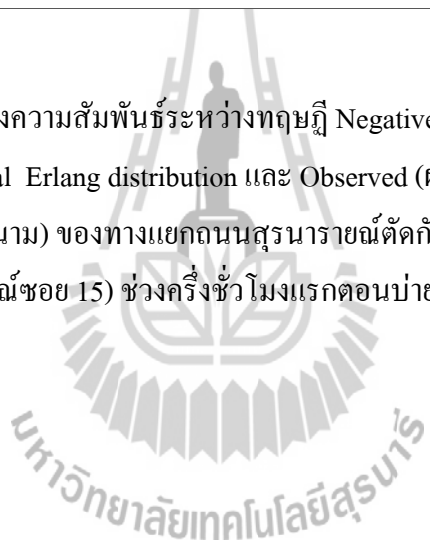
รูปที่ 4.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential Shifted negative exponential Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสุรนารายณ์ตัดกับถนนเจนจบทิศ (สุรนารายณ์ซอย 15) ช่วงครึ่งชั่วโมงแรกตอนเช้า



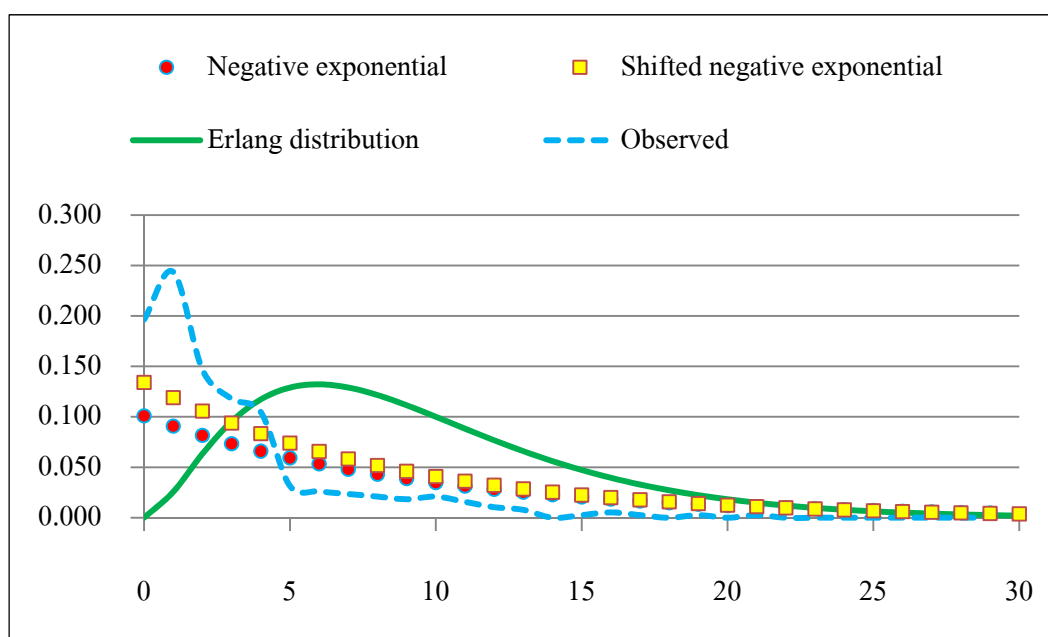
รูปที่ 4.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential Shifted negative exponential Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสุรนารายณ์ตัดกับถนนเจนจบทิศ (สุรนารายณ์ซอย 15) ช่วงครึ่งชั่วโมงหลังตอนเช้า



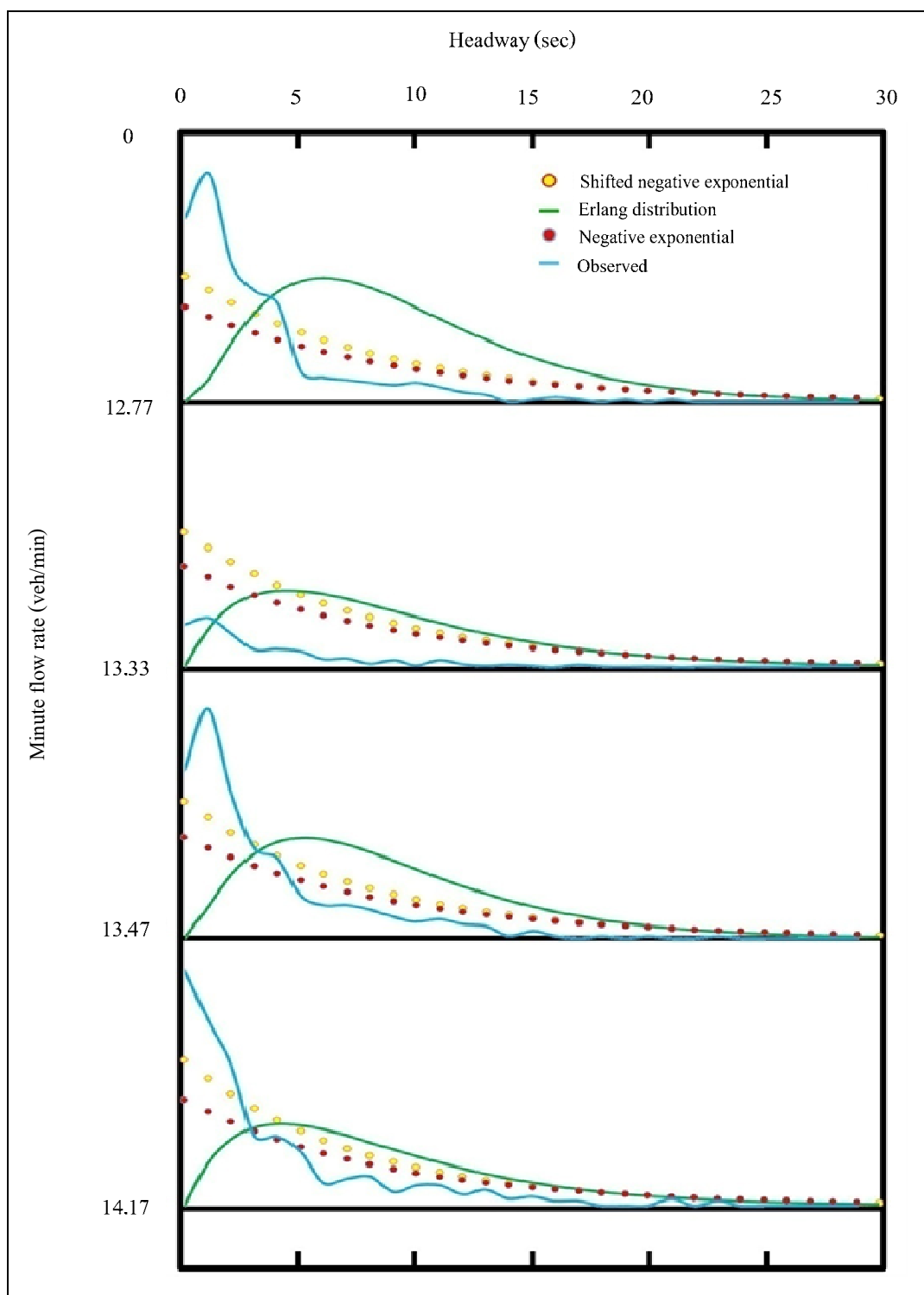
รูปที่ 4.38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential Shifted negative exponential Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสุรนารายณ์ตัดกับถนนเจนจบทิศ (สุรนารายณ์ซอย 15) ช่วงครึ่งชั่วโมงแรกตอนบ่าย







รูปที่ 4.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential Shifted negative exponential Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสุรนารายณ์ตัดกับถนนเจนจบทิศ (สุรนารายณ์ซอย 15) ช่วงครึ่งชั่วโมงหลังตอนบ่าย



รูปที่ 4.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี Negative exponential Shifted negative exponential Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) ของทางแยกถนนสุรนารายณ์ตัดกับถนนเจนจบทิศ ทั้งช่วงเช้าและช่วงบ่าย

จากรูปต้นสามารถนำมาวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้ จากรูปที่ 4.36 แสดงค่า อัตราการไหลของจราจรเท่ากับ 13.33 คันต่อนาที บริเวณทางแยกถนนสุนทรารายณ์ช่วงครึ่งชั่วโมง แรกตอนเช้า รูปที่ 4.37 แสดงค่าอัตราการไหลของจราจรเท่ากับ 14.17 คันต่อนาที บริเวณทางแยก ถนนสุนทรารายณ์ช่วงครึ่งชั่วโมงหลังตอนเช้า รูปที่ 4.38 แสดงค่าอัตราการไหลของจราจรเท่ากับ 13.47 คันต่อนาที บริเวณทางแยกถนนสุนทรารายณ์ช่วงครึ่งชั่วโมงแรกตอนบ่าย รูปที่ 4.39 แสดงค่า อัตราการไหลของจราจรเท่ากับ 12.78 คันต่อนาที บริเวณทางแยกถนนสุนทรารายณ์ช่วงครึ่งชั่วโมง หลังตอนเช้า

และจากข้อมูลที่ได้ทั้งหมดสามารถนำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและการกระจายตัวของช่องว่างระหว่างยานพาหนะของกระแส จราจร กับ ทฤษฎี Negative exponential Shifted negative exponential Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) บริเวณทางแยกถนนสุนทรารายณ์ ได้ดัง ในรูปที่ 4.40

#### 4.4 การเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time or $t_f$ )

การเคลื่อนที่ตามกันเป็นการศึกษาถึงเวลาการเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะที่ทำการเลี้ยว ขวาตัดผ่านกระแสจราจรสายหลักเข้าสู่ถนนสายรอง การเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะที่ทำการกลับ รถบนถนนสายหลักและการเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะและการเคลื่อนที่ตามกันของ ยานพาหนะที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักของทางสาม แยกถนนสี่สิริและทางสามแยกถนนสุนทรารายณ์ ซึ่งผลการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค

จากการศึกษาการเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะบนทางแยกถนนสี่สิริและถนน สุนทรารายณ์ จะเห็นว่าบนทางแยกถนนสี่สิริ ค่าการเคลื่อนที่ตามกันของการกลับรถไม่มีเลขอัน เนื่องมาจากยานพาหนะส่วนใหญ่เป็นรถจักรยานยนต์ซึ่ง ขณะที่รอเพื่อที่จะกลับรถอยู่นั้นได้มีการรอ ในลักษณะของกลุ่มยานพาหนะ และเมื่อช่องว่างที่เกิดขึ้นเพียงพอสำหรับการกลับรถ ยานพาหนะ ประเภทดังกล่าวนี้จึงสามารถเคลื่อนที่ตามกันไปได้เป็นกลุ่มการเคลื่อนที่ตามกันทั้งช่วงเวลานั้น น้อยมากจนไม่สามารถประมาณค่าเป็นตัวเลขได้ จึงสมมติค่าของการเคลื่อนที่ตามกันให้มีค่าเท่ากับ 2.50 วินาที

การเคลื่อนที่ตามกันบนถนนสายหลักของยานพาหนะประเภทที่ 2 ในลักษณะกลับรถบน ถนนสายหลักบริเวณทางแยกถนนสี่สิรินั้น เป็นยานพาหนะจำพวกรถยนต์ ซึ่งลักษณะการเคลื่อนที่ ตามกันดังกล่าวมีค่าน้อยนั้นคือมีค่าเท่ากับ 1.89 วินาทีนั้นเป็นเพราะสาเหตุเกิดจากทัศนวิสัยของ การมองเห็น (Sight distance) ของถนนนี้ผู้ที่ขับขี่ยานพาหนะที่ทำการจอดรอในแถวก็สามารถที่จะ มองเห็นยานพาหนะที่วิ่งมาได้บนกระแสสายหลักประกอบกับลักษณะทางกายภาพของถนนสาย

หลักนี้เป็นลักษณะโค้งผู้ขับขี่ที่อยู่ในแถวเพื่อที่รอทำการเคลื่อนที่ตามคันแรกของการกลับรถนั้นก็ สามารถที่จะประเมินขนาดของช่องว่างไปพร้อมกับยานพาหนะคันข้างหน้าดังนั้นเมื่อช่องว่างที่ เกิดขึ้นนั้นถูกประเมินโดยผู้ขับขี่ยานพาหนะแล้วว่าคุณสามารถเคลื่อนที่ตามรถคันหน้าไปได้อย่าง ปลอดภัย จึงตัดสินใจเคลื่อนที่ตามยานพาหนะคันหน้ามาอย่างกระชั้นชิดทำให้เวลาของการ เคลื่อนที่ตามกันมีค่าน้อยกว่ามาตรฐานที่ควรจะเป็นจึงทำการสมมติค่าของเวลาการเคลื่อนที่ตามกัน ของการกลับรถบนถนนสายหลักให้มีค่าเท่ากับ 3.50 วินาที ซึ่งจากตารางที่ 4.5 ข้างล่างนี้เป็นตาราง สรุปค่าการเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเพื่อเข้าสู่กระแส จราจรสายรอง ยานพาหนะที่กลับรถบนถนนสายหลักและยานพาหนะที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสาย รองเพื่อเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักของทางสามแยกถนนสีปรีและทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ ในช่วงเวลาเช้าและบ่าย

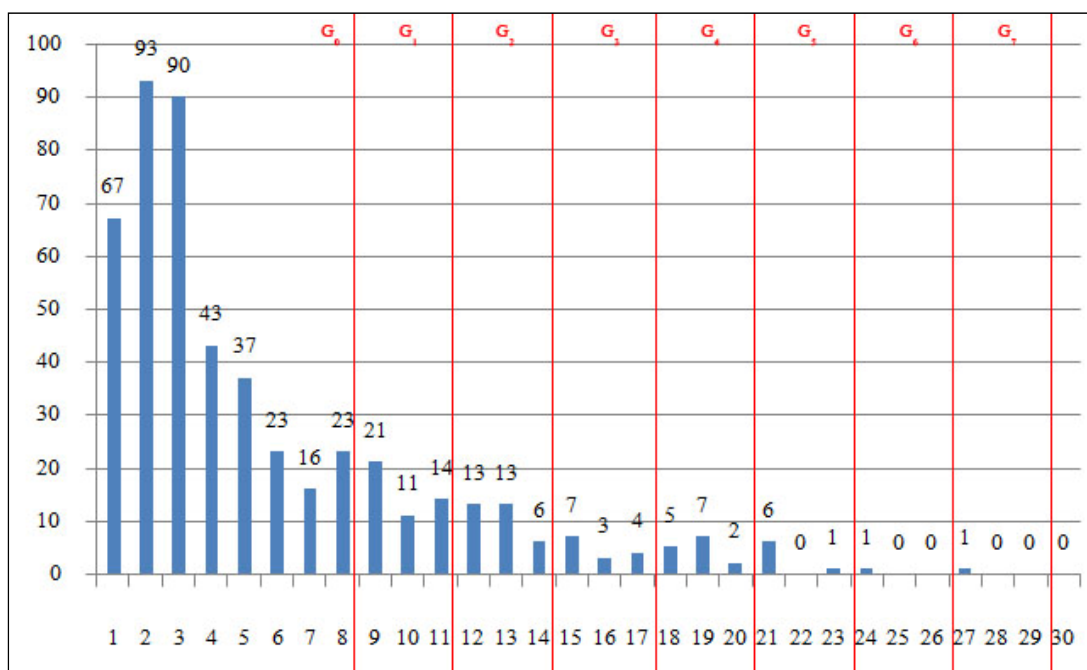
ตารางที่ 4.5 แสดงการสรุปค่าการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time ; $T_f$ )

แยก	Right (sec)	U-Turn (sec)	Left (sec)
สีปรีเข้า	3.04	-	4.30
สีปรีบ่าย	3.01	1.89	3.45
จอหอเข้า	2.24	2.90	2.77
จอหอบ่าย	2.19	2.98	2.95

#### 4.5 ความจุหรือความสามารถรองรับปริมาณการจราจร (Capacity)

จากการวิเคราะห์ทั้งหมดข้างต้น ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์ถึงการยอมรับช่องว่าง (Accepted gap) การปฏิเสธช่องว่าง (Rejected gap) อัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลัก (Main flow) และ เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time) ของทั้งทางแยกถนนสีปรีและทางสามแยกถนน สุรนารายณ์ไม่ว่าจะเป็นช่วงเวลาเช้าและบ่าย แล้วยังสามารถนำค่าที่วิเคราะห์ได้ดังกล่าว มาวิเคราะห์ เพื่อหาค่าปริมาณความจุของการเลี้ยว (Turning capacity) ของทั้งเลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลัก เข้าสู่กระแสจราจรสายรอง การกลับรถบนถนนสายหลักและการเลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อ ทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลัก โดยสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

#### 4.5.1 Gaps ของยานพาหนะประเภทที่ 1 แยกสี่บริริเข้า



รูปที่ 4.41 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสี่บริริ ช่วงเข้าของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่เกี่ยวข้องตัดกระแสจราจรสายหลัก (Right)

ทางแยกถนนสี่บริริของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่ทำการเลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเข้าสู่กระแสจราจรสายรอง ช่วงเข้ามีค่า ช่องว่างวิกฤติ (Critical gap:  $G_c$ ) เท่ากับ 7.90 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time:  $T_f$ ) เท่ากับ 3.04 วินาที ดังนั้น

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน

โดย  $7.90 < G_1 < 10.94$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน

โดย  $10.94 < G_2 < 13.98$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน

โดย  $13.98 < G_3 < 17.02$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน

โดย  $17.02 < G_4 < 20.06$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน

โดย  $20.06 < G_5 < 23.10$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน

โดย  $23.10 < G_6 < 26.14$

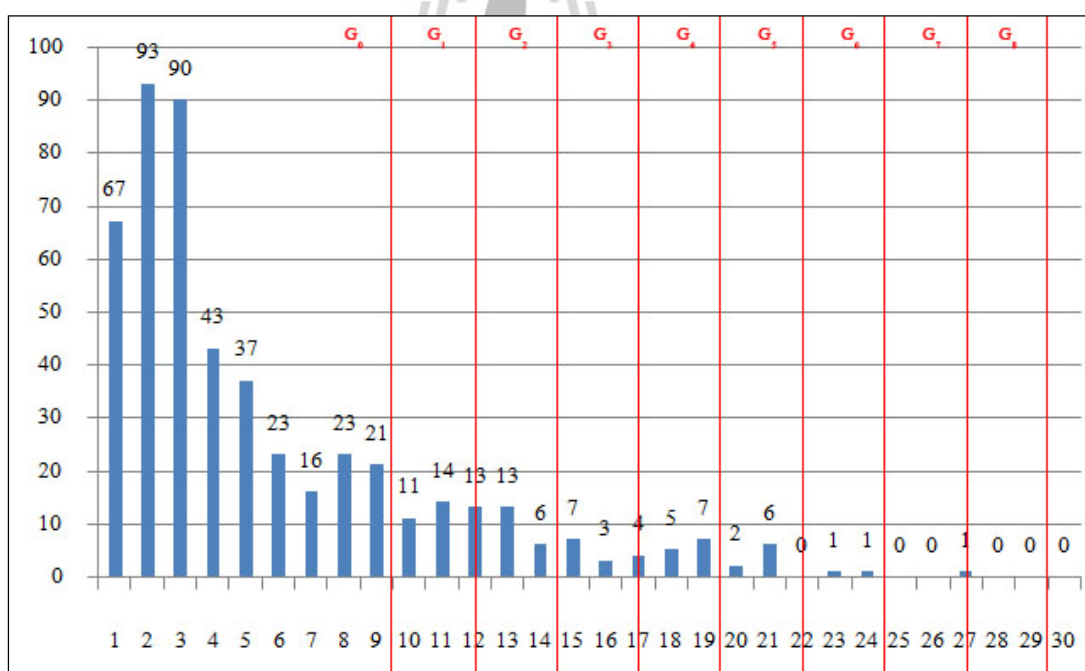
$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน

โดย  $26.14 < G_7 < 29.18$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity<sub>Right</sub> ได้ว่า

$$\text{Turning Capacity}_{\text{Right}} = (0 \text{ veh} \times 390) + (1 \text{ veh} \times 47) + (2 \text{ veh} \times 33) + (3 \text{ veh} \times 14) + (4 \text{ veh} \times 14) + (5 \text{ veh} \times 7) + (6 \text{ veh} \times 1) + (7 \text{ veh} \times 1)$$

$$\text{Turning Capacity}_{\text{Right}} = 259 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$



รูปที่ 4.42 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสี่ขีริ ช่วงเช้าของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่กลับรถบนกระแสจราจรสายหลัก (U-Turn)

ถนนทางแยกถนนสี่บิสิริของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่ทำการกลับรถบนถนนสายหลัก ของทางแยกสี่บิสิริ ช่วงเช้ามีค่า ช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 9.00 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_p$ ) สมมุติให้มีค่าเท่ากับ 2.50 วินาที เนื่องจากเวลาการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_p$ ) ของยานพาหนะที่กลับรถบนถนนสายหลัก โดยส่วนมากเป็นรถจักรยานยนต์ซึ่งสามารถที่จะขับเคลื่อนยานพาหนะตามกันมาได้อย่างกระชั้นชิดซึ่งเวลาของการเคลื่อนที่ตามกันมีความเร็วมากจนไม่สามารถวัดค่าได้ ค่าเวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_p$ ) จึงต้องสมมุติขึ้นมา ดังนี้

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $9.00 < G_1 < 11.50$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $11.50 < G_2 < 14.00$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $14.00 < G_3 < 16.50$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $16.50 < G_4 < 19.00$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $19.00 < G_5 < 21.50$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

โดย  $21.50 < G_6 < 24.00$

$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )

โดย  $24.00 < G_7 < 26.50$

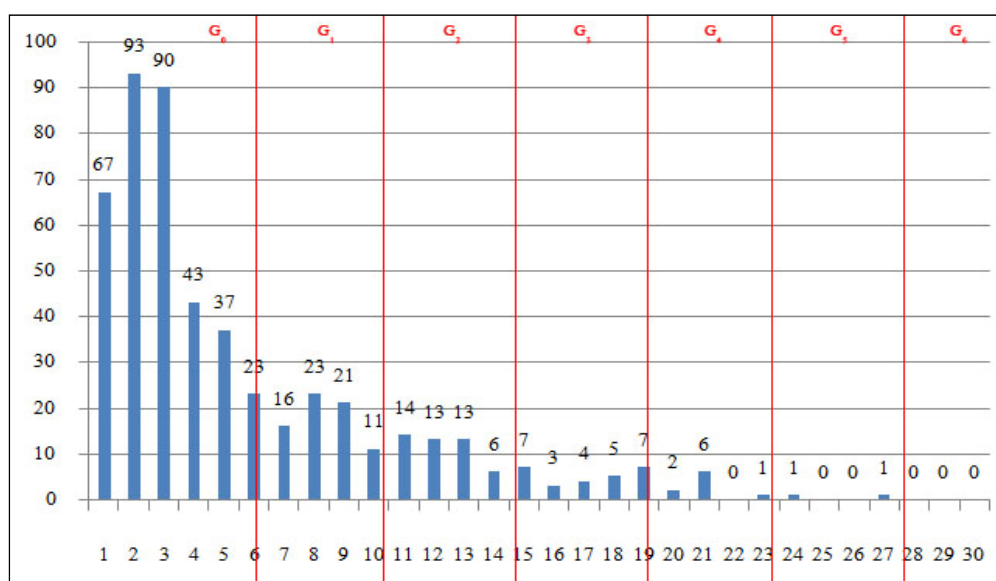
$G_8$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 8 คัน ( $G_8$ )

โดย  $26.50 < G_8 < 29.00$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity  $_{Right}$  ได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{Turning Capacity}_{U-Tum} &= (0 \text{ veh} \times 413) + (1 \text{ veh} \times 32) + (2 \text{ veh} \times 25) + (3 \text{ veh} \times 12) \\ &\quad + (4 \text{ veh} \times 14) + (5 \text{ veh} \times 8) + (6 \text{ veh} \times 2) + (7 \text{ veh} \times 0) + (8 \\ &\quad \text{veh} \times 1) \end{aligned}$$

$$\text{Turning Capacity}_{U-Tum} = 234 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$



รูปที่ 4.43 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสี่ขีร์ ช่วงเช้าของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่เลีย่วซ้ายออกจากถนนสายรอง (Left)

ทางแยกถนนสี่ขีร์ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่ทำการเลีย่วซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสี่ขีร์ ช่วงเช้ามีค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 5.67 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เท่ากับ 4.30 วินาที ดังนี้

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $5.67 < G_1 < 9.97$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $9.97 < G_2 < 14.27$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $14.27 < G_3 < 18.56$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $18.56 < G_4 < 22.87$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $22.87 < G_5 < 27.17$



$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

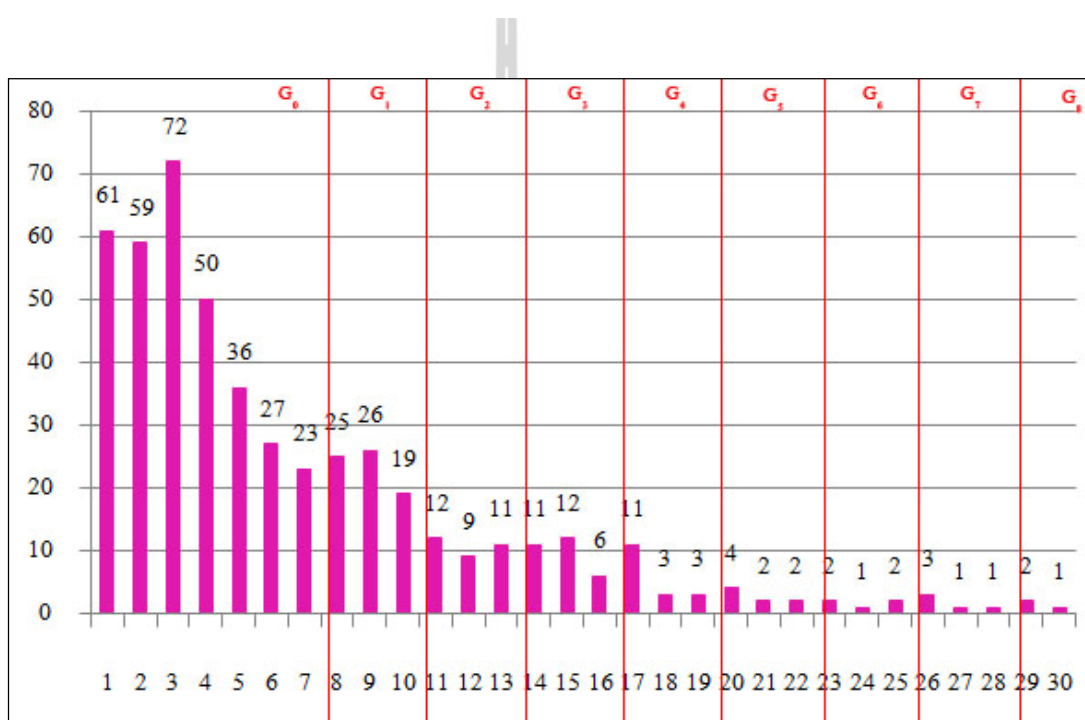
โดย  $27.17 < G_5 < 30.00$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity  $_{Left}$  ได้ว่า

$$\text{Turning Capacity}_{Left} = (0 \text{ veh} \times 345) + (1 \text{ veh} \times 79) + (2 \text{ veh} \times 48) + (3 \text{ veh} \times 21) \\ + (4 \text{ veh} \times 12) + (5 \text{ veh} \times 4) + (6 \text{ veh} \times 0)$$

$$\text{Turning Capacity}_{Left} = 306 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$

#### 4.5.2 Gaps ของยานพาหนะประเภทที่ 1 แยกสี่ขีร์บาย



รูปที่ 4.44 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสี่ขีร์บาย ช่วงบ่่ายของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลัก (Right)

ทางแยกถนนสี่สิริของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่ทำการเลี้ยวขวาตัดกระแสจราจร  
สายหลักเข้าสู่กระแสจราจรสายรอง ช่วงปลาย มีค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 7.25  
วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เท่ากับ 3.01 วินาที ดังนั้น

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $7.25 < G_1 < 10.26$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $10.26 < G_2 < 13.27$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $13.27 < G_3 < 16.28$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $16.28 < G_4 < 19.29$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $19.29 < G_5 < 22.30$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

โดย  $22.30 < G_6 < 25.31$

$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )

โดย  $25.31 < G_7 < 28.32$

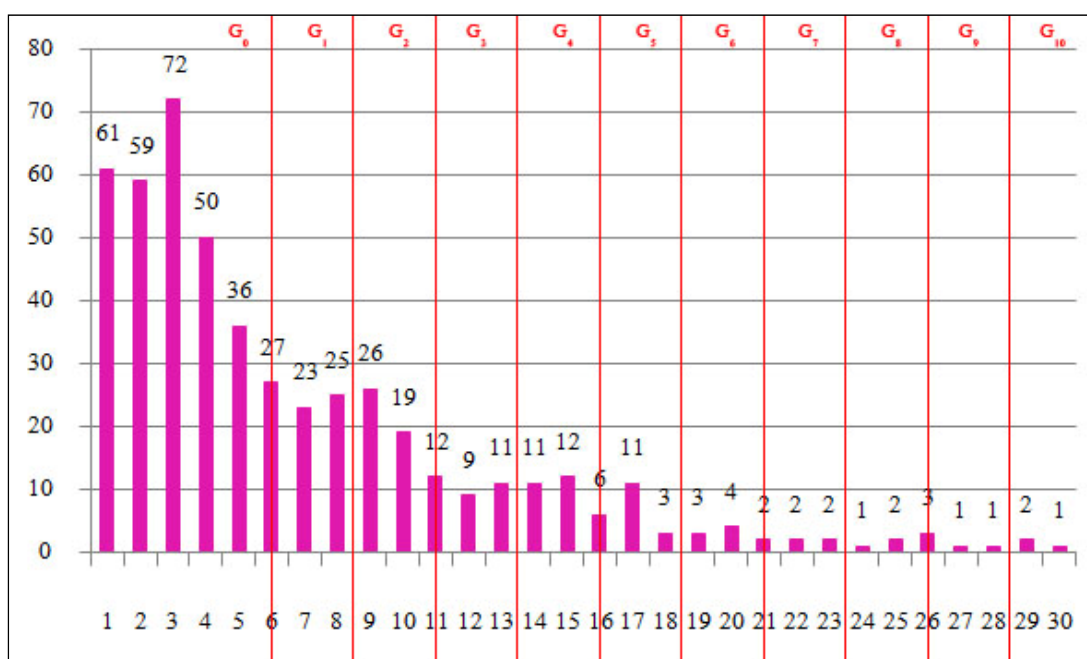
$G_8$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 8 คัน ( $G_8$ )

โดย  $28.32 < G_8 < 30.00$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity  $_{Right}$  ได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{Turning Capacity}_{Right} &= (0 \text{ veh} \times 334) + (1 \text{ veh} \times 67) + (2 \text{ veh} \times 32) + (3 \text{ veh} \times 29) \\ &\quad + (4 \text{ veh} \times 15) + (5 \text{ veh} \times 8) + (6 \text{ veh} \times 5) + (7 \text{ veh} \times 5) + (8 \\ &\quad \text{veh} \times 2) \end{aligned}$$

$$\text{Turning Capacity}_{Right} = 399 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$



รูปที่ 4.45 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสี่สิริ ช่วงบ่ายของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่กลับรถบนกระแสจราจรสายหลัก (U-Turn)

ทางแยกถนนสี่สิริของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่ทำการกลับรถบนถนนสายหลักของทางแยกถนนสี่สิริ ช่วงบ่าย มีค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 5.50 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เท่ากับ 1.89 วินาที สมมติให้เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) มีค่าเท่ากับ 2.50 วินาที เนื่องจากเวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) ของยานพาหนะที่กลับรถบนถนนสายหลักโดยส่วนมากเป็นรถจักรยานยนต์ซึ่งสามารถที่จะขับเคลื่อนยานพาหนะตามกันมาได้อย่างกระชั้นชิด มีค่าเท่ากับ 1.89 วินาทีซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ดังนั้นค่าเวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) จึงต้องสมมุติขึ้นมามีค่าดังนี้

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $5.50 < G_1 < 8.00$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $8.00 < G_2 < 10.50$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $10.50 < G_3 < 13.00$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )  
โดย  $13.00 < G_4 < 15.50$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )  
โดย  $15.50 < G_5 < 18.00$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )  
โดย  $18.00 < G_6 < 20.50$

$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )  
โดย  $20.50 < G_7 < 23.00$

$G_8$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 8 คัน ( $G_8$ )  
โดย  $23.00 < G_8 < 25.50$

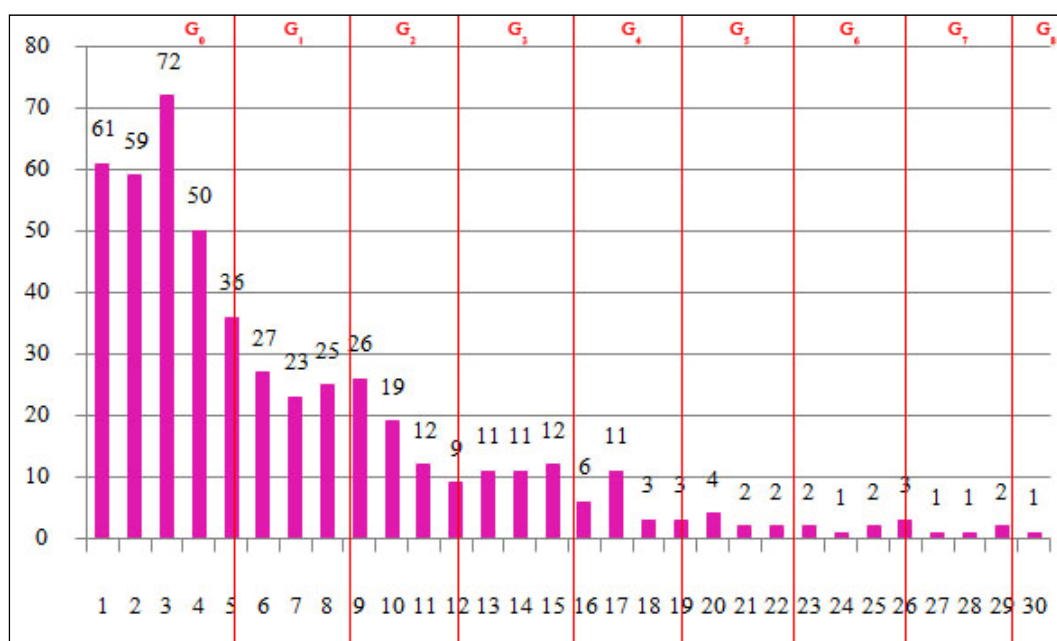
$G_9$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 9 คัน ( $G_9$ )  
โดย  $25.50 < G_9 < 29.00$

$G_{10}$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 10 คัน ( $G_{10}$ )  
โดย  $29.00 < G_{10} < 30.00$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity  $U_{\text{Turn}}$  ได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{Turning Capacity } U_{\text{Turn}} &= (0 \text{ veh} \times 291) + (1 \text{ veh} \times 62) + (2 \text{ veh} \times 51) + (3 \text{ veh} \times 26) \\ &\quad + (4 \text{ veh} \times 26) + (5 \text{ veh} \times 17) + (6 \text{ veh} \times 8) + (7 \text{ veh} \times 5) + (8 \\ &\quad \text{veh} \times 5) + (9 \text{ veh} \times 3) + (10 \text{ veh} \times 3) \end{aligned}$$

$$\text{Turning Capacity } U_{\text{Turn}} = 611 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$



รูปที่ 4.46 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสี่ขีรี ช่วงบ่าของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรอง (Left)

ทางแยกถนนสี่ขีรีของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่ทำการเลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสี่ขีรี ช่วงบ่า มีค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 4.75 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เท่ากับ 3.45 วินาที ดังนั้น

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $4.75 < G_1 < 8.20$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $8.20 < G_2 < 11.65$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $11.65 < G_3 < 15.10$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $15.10 < G_4 < 18.55$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $18.55 < G_5 < 22.00$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

โดย  $22.00 < G_6 < 25.45$

$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )

โดย  $25.45 < G_7 < 28.90$

$G_8$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 8 คัน ( $G_8$ )

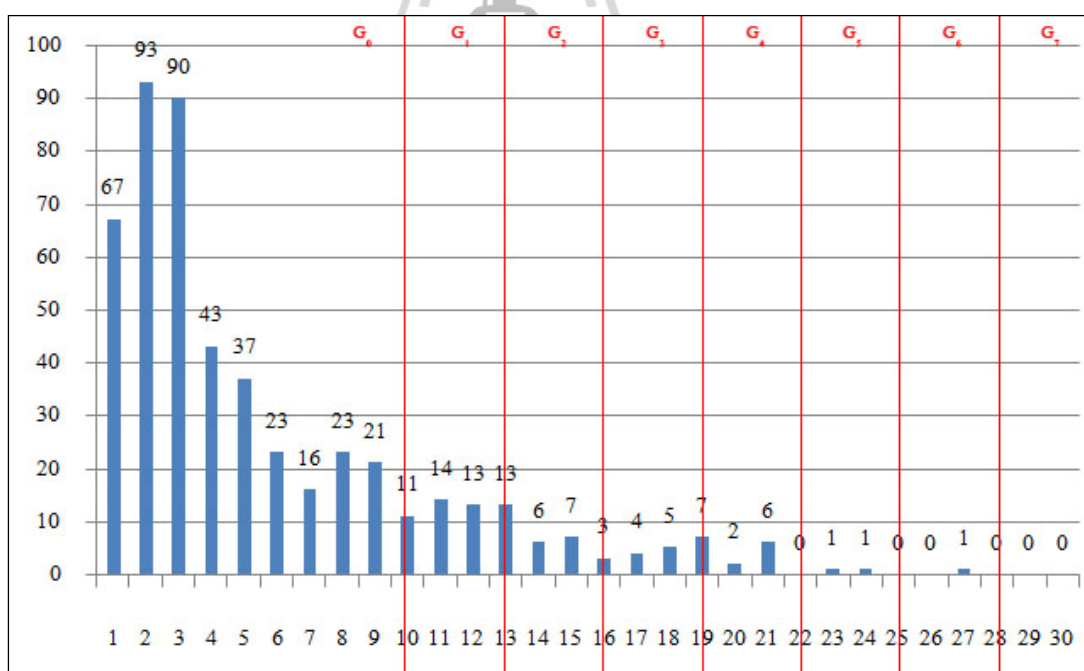
โดย  $28.90 < G_8 < 30.00$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity  $_{Left}$  ได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{Turning Capacity}_{Left} = & (0 \text{ veh} \times 269) + (1 \text{ veh} \times 89) + (2 \text{ veh} \times 58) + (3 \text{ veh} \times 38) \\ & + (4 \text{ veh} \times 21) + (5 \text{ veh} \times 9) + (6 \text{ veh} \times 6) + (7 \text{ veh} \times 6) + (8 \text{ veh} \times 1) \end{aligned}$$

$$\text{Turning Capacity}_{Left} = 534 \text{ คันต่อชั่วโมง}$$

#### 4.5.3 Gaps ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ทางแยกถนนสี่ขีรี ช่วงเช้า



รูปที่ 4.47 กราฟแสดงอัตราการใช้ของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสี่ขีรี ช่วงเช้าของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลัก (Right)

ทางแยกถนนสี่ขีรีของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่ทำการเลี้ยวขวาตัดกระแสจราจร  
สายหลักเข้าสู่กระแสจราจรสายรอง ช่วงเข้ามีค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 9.38  
วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เท่ากับ 3.04 วินาที ดังนั้น

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $9.38 < G_1 < 12.42$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $12.42 < G_2 < 15.46$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $15.46 < G_3 < 18.50$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $18.50 < G_4 < 21.54$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $21.54 < G_5 < 24.58$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

โดย  $24.58 < G_6 < 27.62$

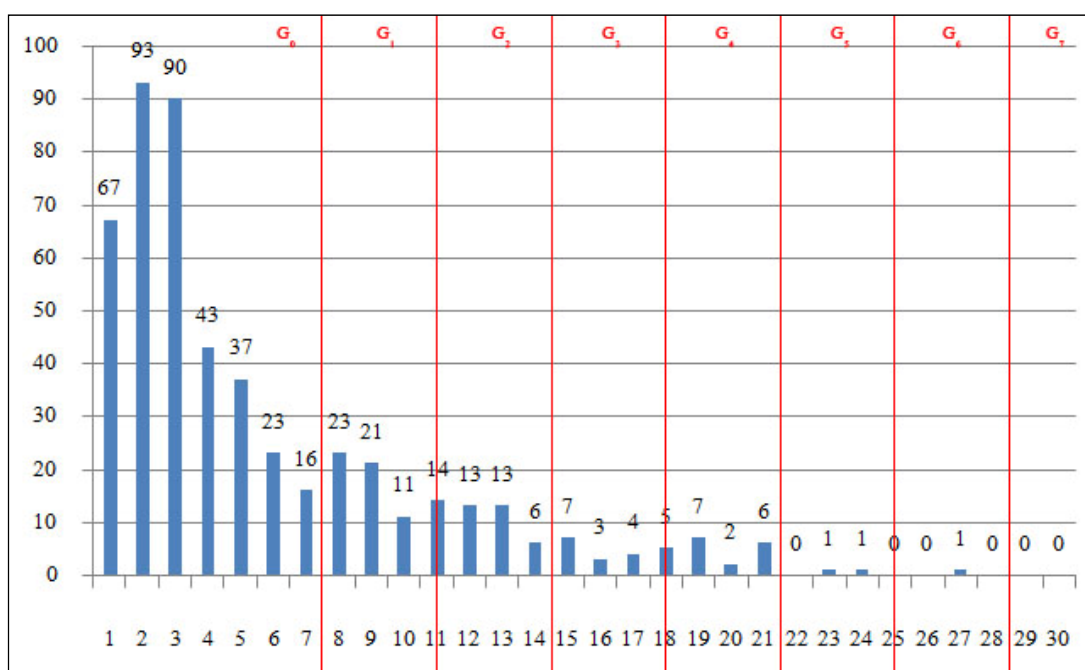
$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )

โดย  $27.62 < G_7 < 30.00$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity  $_{Right}$  ได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{Turning Capacity}_{Right} = & (0 \text{ veh} \times 417) + (1 \text{ veh} \times 39) + (2 \text{ veh} \times 22) + (3 \text{ veh} \times 15) \\ & + (4 \text{ veh} \times 11) + (5 \text{ veh} \times 2) + (6 \text{ veh} \times 1) + (7 \text{ veh} \times 0) \end{aligned}$$

Turning Capacity  $_{Right} = 188$  คันต่อชั่วโมง



รูปที่ 4.48 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสี่ขีรี ช่วงเช้าของยานพาหนะประเภทที่ 2 กลับรถบนถนนสายหลัก (U-Turn)

ทางแยกถนนสี่ขีรีของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่ทำการกลับรถบนถนนสายหลักของทางแยกถนนสี่ขีรี ช่วงเช้ามีค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 7.00 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) สมมติให้มีค่าเท่ากับ 3.50 วินาที เนื่องจากเวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) ของยานพาหนะที่กลับรถบนถนนสายหลักโดยส่วนมากเป็นรถจักรยานยนต์ซึ่งสามารถที่จะขับเคลื่อนยานพาหนะตามกันมาได้อย่างกระชั้นชิดซึ่งเวลาของการเคลื่อนที่ตามกันมีความเร็วมากจนไม่สามารถวัดค่าได้ ค่าเวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) จึงต้องสมมุติขึ้นมา ดังนี้

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $7.00 < G_1 < 10.50$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $10.50 < G_2 < 14.00$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $14.00 < G_3 < 17.50$



$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $17.50 < G_4 < 21.00$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $21.00 < G_5 < 24.50$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

โดย  $24.50 < G_6 < 28.00$

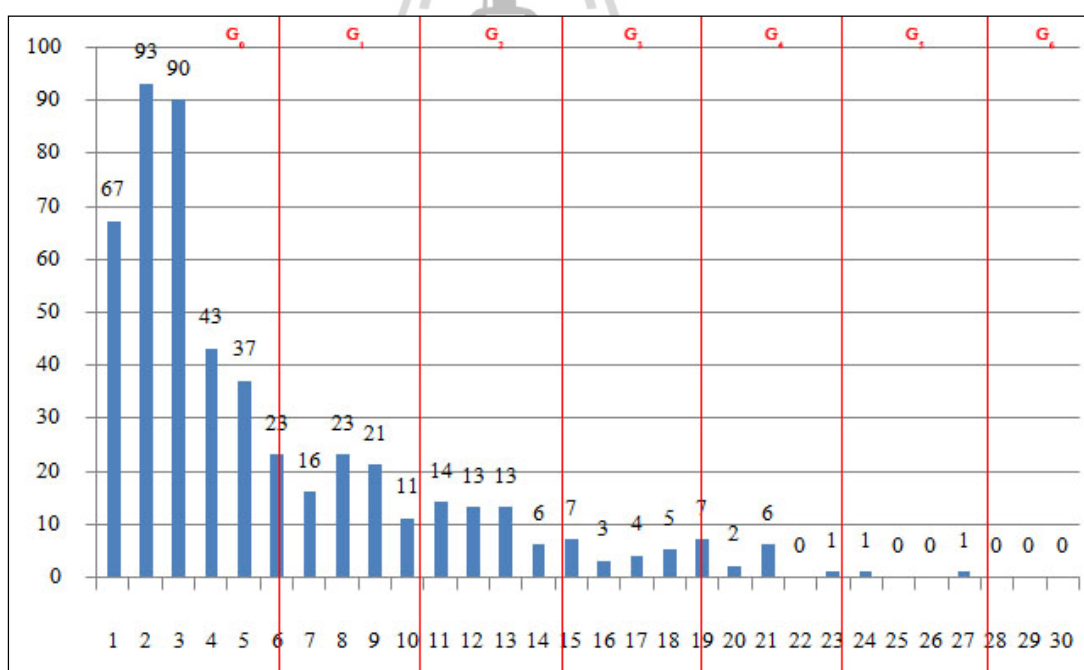
$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )

โดย  $28.00 < G_7 < 30.00$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity<sub>Right</sub> ได้ว่า

$$\text{Turning Capacity}_{U\text{-Turn}} = (0 \text{ veh} \times 369) + (1 \text{ veh} \times 62) + (2 \text{ veh} \times 39) + (3 \text{ veh} \times 17) \\ + (4 \text{ veh} \times 17) + (5 \text{ veh} \times 2) + (6 \text{ veh} \times 1) + (7 \text{ veh} \times 0)$$

$$\text{Turning Capacity}_{U\text{-Turn}} = 275 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$



รูปที่ 4.49 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสี่ขีรี ช่วงเช้าของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรอง (Left)

ทางแยกถนนสี่สิริของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่ทำการเลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสี่สิริ ช่วงเข้ามีค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 5.67 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_p$ ) เท่ากับ 4.30 วินาที ดังนั้น

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $5.67 < G_1 < 9.97$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $9.97 < G_2 < 14.27$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $14.27 < G_3 < 18.57$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $18.57 < G_4 < 22.87$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $22.87 < G_5 < 27.17$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

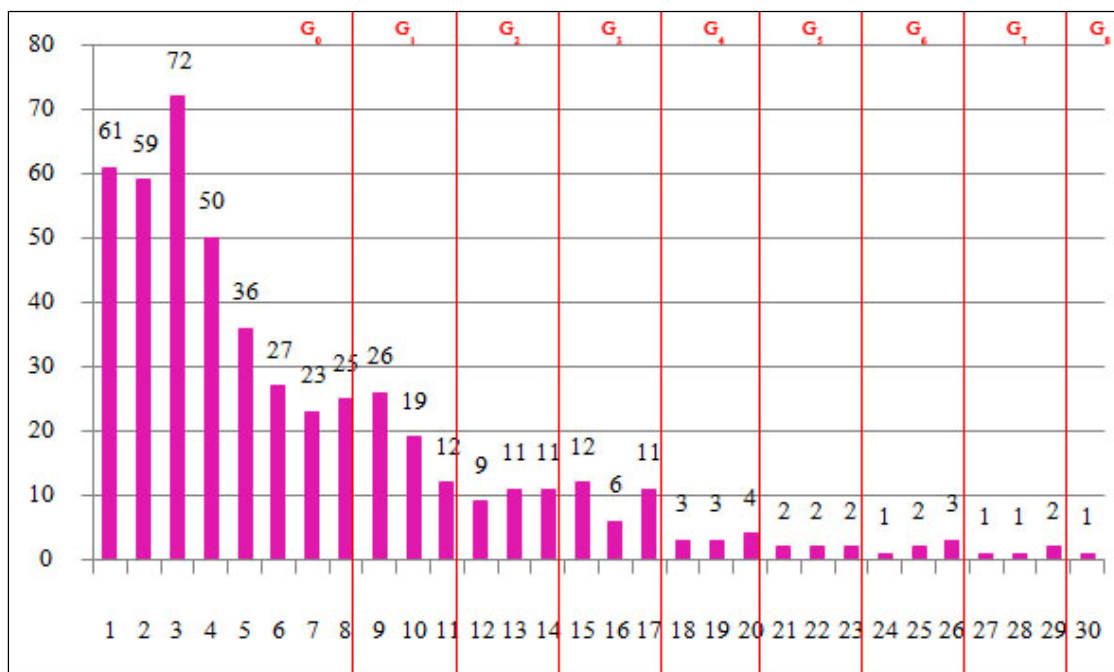
โดย  $27.17 < G_6 < 30.00$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity  $Right$  ได้ว่า

$$\text{Turning Capacity}_{Left} = (0 \text{ veh} \times 345) + (1 \text{ veh} \times 79) + (2 \text{ veh} \times 48) + (3 \text{ veh} \times 21) \\ + (4 \text{ veh} \times 12) + (5 \text{ veh} \times 2) + (6 \text{ veh} \times 0)$$

$$\text{Turning Capacity}_{Left} = 296 \text{ คันต่อชั่วโมง}$$

#### 4.5.4 Gaps ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ทางแยกถนนสี่ขีรี ช่วงบ่าย



รูปที่ 4.50 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสี่ขีรี ช่วงบ่ายของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลัก (Right)

ทางแยกถนนสี่ขีรีของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่ทำการเลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเข้าสู่กระแสจราจรสายรอง ช่วงบ่าย มีค่า ช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 7.88 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_p$ ) เท่ากับ 3.01 วินาที ดังนั้น

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $7.88 < G_1 < 10.89$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $10.89 < G_2 < 13.90$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $13.90 < G_3 < 16.91$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $16.91 < G_4 < 19.92$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $19.92 < G_5 < 22.93$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

โดย  $22.93 < G_6 < 25.94$

$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )

โดย  $25.94 < G_7 < 28.95$

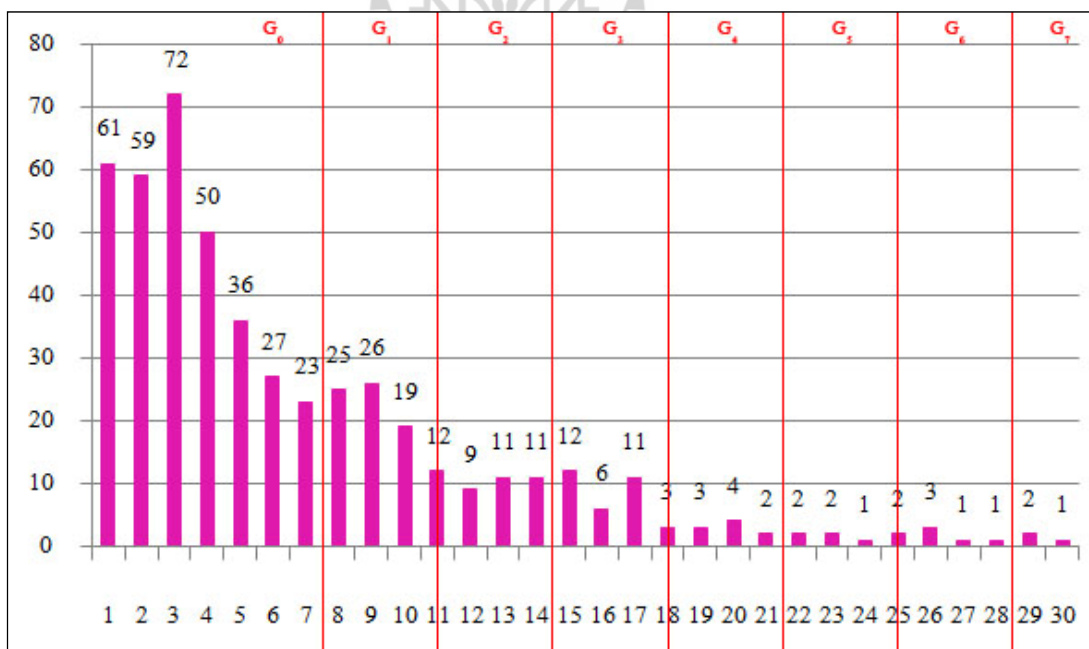
$G_8$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 8 คัน ( $G_8$ )

โดย  $28.95 < G_8 < 30.00$

จากสมการที่ 4.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity<sub>Right</sub> ได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{Turning Capacity}_{\text{Right}} = & (0 \text{ veh} \times 373) + (1 \text{ veh} \times 59) + (2 \text{ veh} \times 31) + (3 \text{ veh} \times 29) \\ & + (4 \text{ veh} \times 10) + (5 \text{ veh} \times 6) + (6 \text{ veh} \times 6) + (7 \text{ veh} \times 4) + (8 \\ & \text{veh} \times 1) \end{aligned}$$

$$\text{Turning Capacity}_{\text{Right}} = 350 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$



รูปที่ 4.51 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสรถสายหลักบนทางแยกถนนสี่ขั้ว ช่วงบ่ายของยานพาหนะประเภทที่ 2 กลับรถบนถนนสายหลัก (U-Turn)

ทางแยกถนนสี่ขีรีของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่ทำการกั้รถบนถนนสายหลักของทางแยกถนนสี่ขีรี ช่วงบ่่าย มีค่า ช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 7.00 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เท่ากับ 1.89 วินาที จึงสมมุติให้เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) มีค่าเท่ากับ 3.50 วินาที เนื่องจากเวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เป็นไปอย่างกระชั้นชิด โดยมีค่าเท่ากับ 1.89 วินาที ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ดังนั้นค่าเวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) จึงต้องสมมุติขึ้นมา ดังนี้

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $7.00 < G_1 < 10.50$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $10.50 < G_2 < 14.00$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $14.00 < G_3 < 17.50$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $17.50 < G_4 < 21.00$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $21.00 < G_5 < 24.50$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

โดย  $24.50 < G_6 < 28.00$

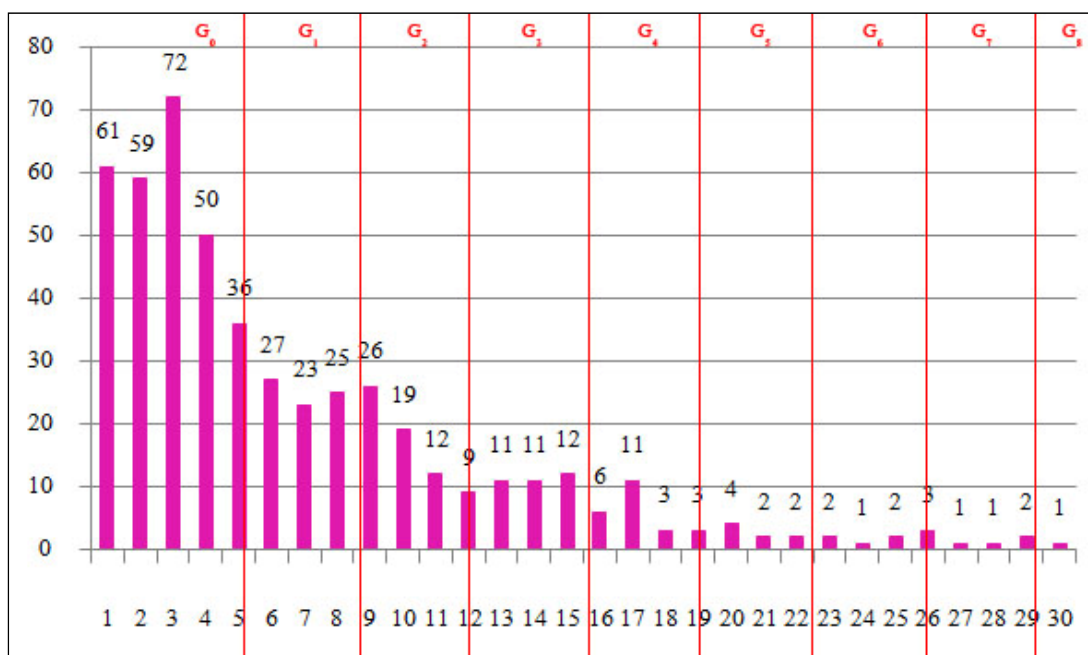
$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )

โดย  $28.00 < G_7 < 30.00$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity  $U_{\text{Turn}}$  ได้ว่า

$$\text{Turning Capacity } U_{\text{Turn}} = (0 \text{ veh} \times 328) + (1 \text{ veh} \times 76) + (2 \text{ veh} \times 37) + (3 \text{ veh} \times 31) \\ + (4 \text{ veh} \times 10) + (5 \text{ veh} \times 6) + (6 \text{ veh} \times 6) + (7 \text{ veh} \times 3)$$

$$\text{Turning Capacity } U_{\text{Turn}} = 370 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$



รูปที่ 4.52 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสี่ขีรี ช่วงบ่ายของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรอง (Left)

ทางแยกถนนสี่ขีรีของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่ทำการเลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสี่ขีรี ช่วงบ่าย มีค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 4.73 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เท่ากับ 3.45 วินาที ดังนี้

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )  
โดย  $4.73 < G_1 < 8.18$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )  
โดย  $8.18 < G_2 < 11.63$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )  
โดย  $11.63 < G_3 < 15.08$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )  
โดย  $15.08 < G_4 < 18.53$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )  
โดย  $18.53 < G_5 < 21.98$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

โดย  $21.98 < G_6 < 25.43$

$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )

โดย  $25.43 < G_7 < 28.88$

$G_8$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 8 คัน ( $G_8$ )

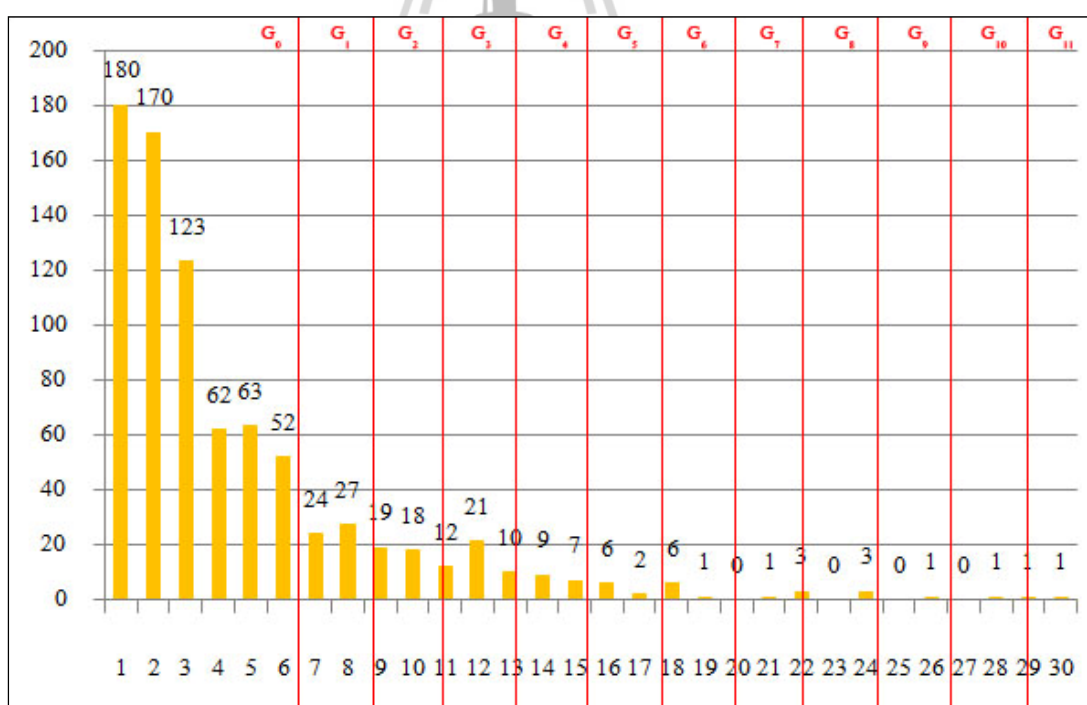
โดย  $28.88 < G_8 < 30.00$

จากสมการที่ 4.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity  $_{Left}$  ได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{Turning Capacity}_{Left} &= (0 \text{ veh} \times 268) + (1 \text{ veh} \times 90) + (2 \text{ veh} \times 58) + (3 \text{ veh} \times 37) \\ &\quad + (4 \text{ veh} \times 22) + (5 \text{ veh} \times 9) + (6 \text{ veh} \times 6) + (7 \text{ veh} \times 6) + (8 \text{ veh} \times 1) \end{aligned}$$

$$\text{Turning Capacity}_{Left} = 536 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$

#### 4.5.5 จำนวน Gaps ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ทางแยกสุรนารายณ์ ช่วงเช้า



รูปที่ 4.53 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสุรนารายณ์ ช่วงเช้าของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลัก (Right)

ทางแยกถนนสุรนารายณ์ ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่ทำการเลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเข้าสู่กระแสจราจรสายรอง ช่วงเข้ามีค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 6.00 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เท่ากับ 2.24 วินาที ดังนั้น

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $6.00 < G_1 < 8.24$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $8.24 < G_2 < 10.48$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $10.48 < G_3 < 12.72$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $12.72 < G_4 < 14.96$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $14.96 < G_5 < 17.20$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

โดย  $17.20 < G_6 < 19.44$

$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )

โดย  $19.44 < G_7 < 21.68$

$G_8$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 8 คัน ( $G_8$ )

โดย  $21.68 < G_8 < 23.92$

$G_9$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 9 คัน ( $G_9$ )

โดย  $23.92 < G_9 < 26.16$

$G_{10}$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 10 คัน ( $G_{10}$ )

โดย  $26.16 < G_{10} < 28.40$

$G_{11}$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 11 คัน ( $G_{11}$ )

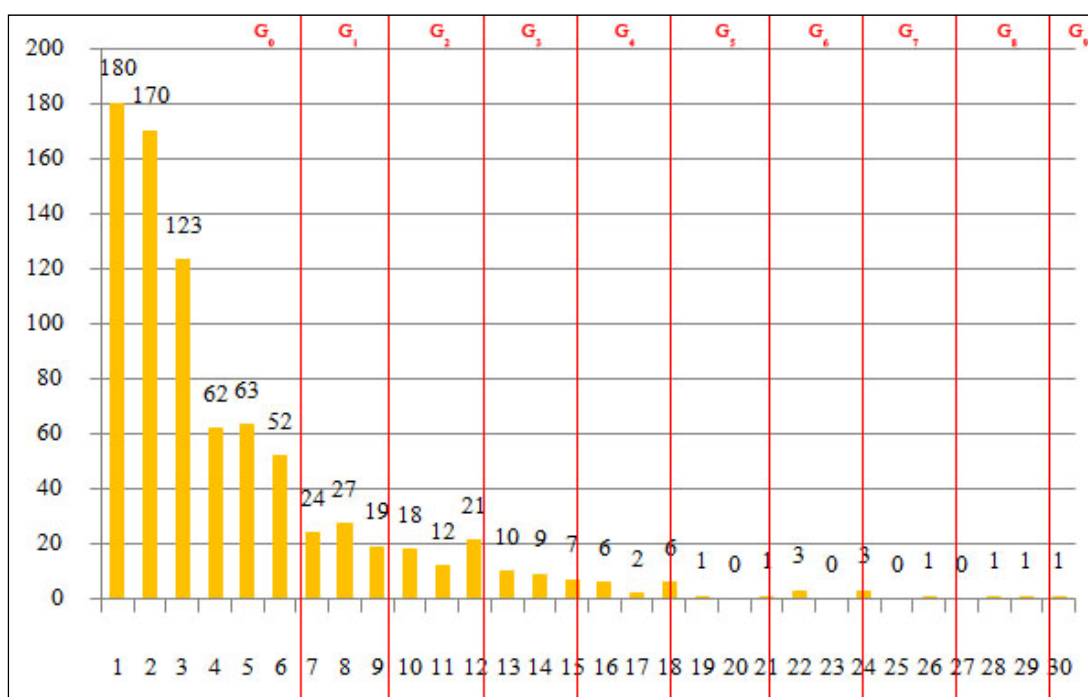
โดย  $28.40 < G_{11} < 30.00$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity  $Right$  ได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{Turning Capacity}_{Right} = & (0 \text{ veh} \times 650) + (1 \text{ veh} \times 56) + (2 \text{ veh} \times 38) + (3 \text{ veh} \times 34) \\ & + (4 \text{ veh} \times 19) + (5 \text{ veh} \times 9) + (6 \text{ veh} \times 6) + (7 \text{ veh} \times 3) + (8 \\ & \text{veh} \times 4) + (9 \text{ veh} \times 1) + (10 \text{ veh} \times 1) + (11 \text{ veh} \times 2) \end{aligned}$$

$$\text{Turning Capacity}_{Right} = 485 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$





รูปที่ 4.54 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสุรนารายณ์ ช่วงเช้าของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่กลับรถบนกระแสจราจรสายหลัก (U-Turn)

ทางแยกถนนสุรนารายณ์ ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่ทำการกลับรถบนถนนสายหลัก ของทางแยกถนนสุรนารายณ์ ช่วงเช้า มีค่า ช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 6.07 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เท่ากับ 2.90 วินาที ดังนั้น

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $6.07 < G_1 < 8.97$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $8.97 < G_2 < 11.87$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $11.87 < G_3 < 14.77$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $14.77 < G_4 < 17.67$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $17.67 < G_5 < 20.57$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

โดย  $20.57 < G_6 < 23.47$

$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )

โดย  $23.47 < G_7 < 26.37$

$G_8$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 8 คัน ( $G_8$ )

โดย  $26.37 < G_8 < 29.27$

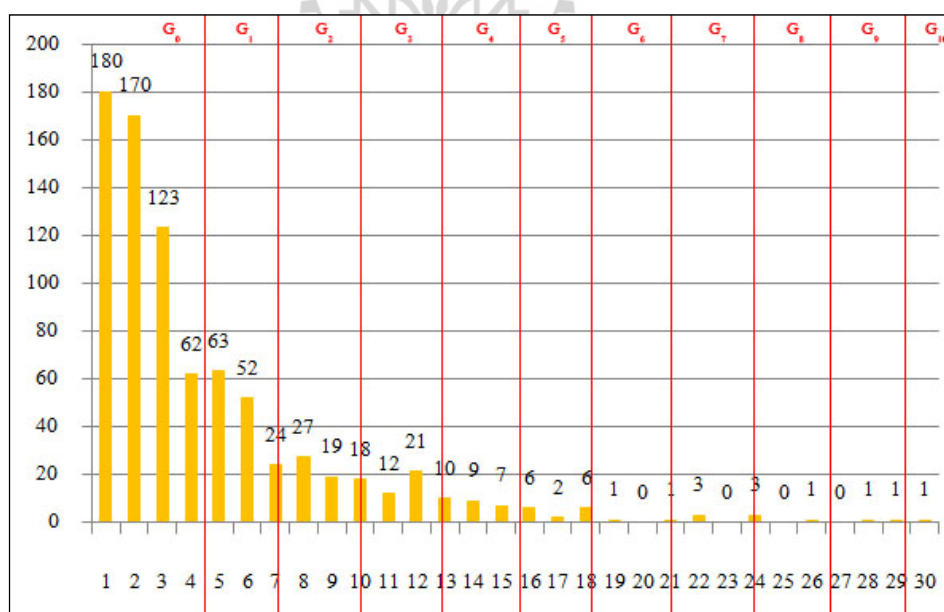
$G_9$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 9 คัน ( $G_9$ )

โดย  $29.27 < G_9 < 30.00$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity  $U_{\text{Turn}}$  ได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{Turning Capacity } U_{\text{Turn}} &= (0 \text{ veh} \times 652) + (1 \text{ veh} \times 67) + (2 \text{ veh} \times 49) + (3 \text{ veh} \times 27) \\ &\quad + (4 \text{ veh} \times 14) + (5 \text{ veh} \times 4) + (6 \text{ veh} \times 4) + (7 \text{ veh} \times 3) + (8 \\ &\quad \text{veh} \times 2) + (9 \text{ veh} \times 1) \end{aligned}$$

$$\text{Turning Capacity } U_{\text{Turn}} = 392 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$



รูปที่ 4.55 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสุรนารายณ์ ช่วงเช้าของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรอง (Left)

ทางแยกถนนสุรนารายณ์ ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่ทำการเลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสุรนารายณ์ ช่วงเช้า มีค่า ช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 4.00 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เท่ากับ 2.77 วินาที ดังนั้น

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $4.00 < G_1 < 6.77$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $6.77 < G_2 < 9.54$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $9.54 < G_3 < 12.31$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $12.31 < G_4 < 15.08$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $15.08 < G_5 < 17.85$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

โดย  $17.85 < G_6 < 20.62$

$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )

โดย  $20.62 < G_7 < 23.39$

$G_8$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 8 คัน ( $G_8$ )

โดย  $23.39 < G_8 < 26.16$

$G_9$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 9 คัน ( $G_9$ )

โดย  $26.16 < G_9 < 28.93$

$G_{10}$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 10 คัน ( $G_{10}$ )

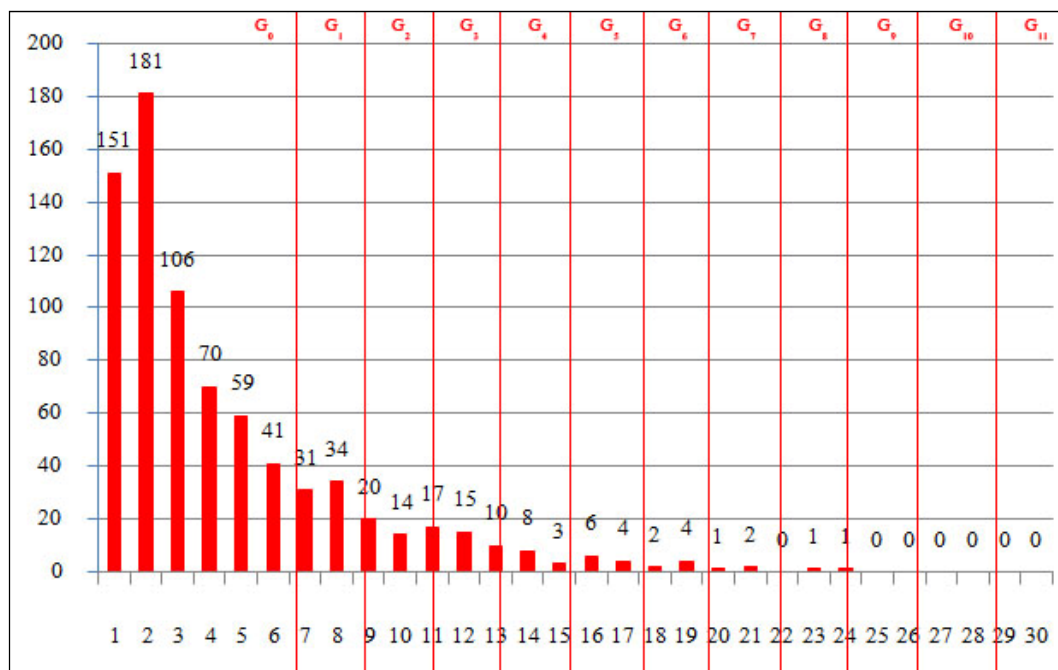
โดย  $28.93 < G_{10} < 30.00$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity  $_{Left}$  ได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{Turning Capacity}_{Left} = & (0 \text{ veh} \times 535) + (1 \text{ veh} \times 133) + (2 \text{ veh} \times 62) + (3 \text{ veh} \times 44) \\ & + (4 \text{ veh} \times 24) + (5 \text{ veh} \times 12) + (6 \text{ veh} \times 3) + (7 \text{ veh} \times 4) + (8 \\ & \text{veh} \times 3) + (9 \text{ veh} \times 2) + (10 \text{ veh} \times 1) \end{aligned}$$

$$\text{Turning Capacity}_{Left} = 643 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$

#### 4.5.6 จำนวน Gaps ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ทางแยกสุรนารายณ์ช่วงบ่าย



รูปที่ 4.56 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสุรนารายณ์ ช่วงบ่ายของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลัก (Right)

ทางแยกถนนสุรนารายณ์ ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่ทำการเลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเข้าสู่กระแสจราจรสายรอง ช่วงบ่าย มีค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 6.14 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เท่ากับ 2.19 วินาที ดังนั้น

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $6.14 < G_1 < 8.33$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $8.33 < G_2 < 10.52$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $10.52 < G_3 < 12.71$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $12.71 < G_4 < 14.90$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )  
โดย  $14.90 < G_5 < 17.09$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )  
โดย  $17.09 < G_6 < 19.28$

$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )  
โดย  $19.28 < G_7 < 21.47$

$G_8$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 8 คัน ( $G_8$ )  
โดย  $21.47 < G_8 < 23.66$

$G_9$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 9 คัน ( $G_9$ )  
โดย  $23.66 < G_9 < 25.85$

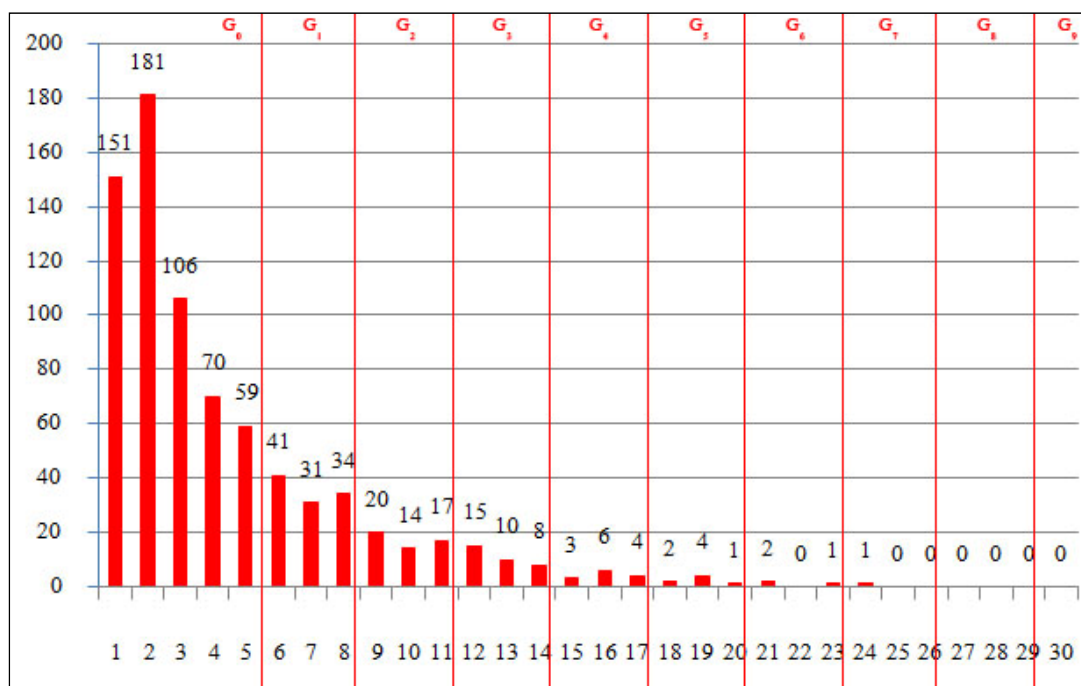
$G_{10}$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 10 คัน ( $G_{10}$ )  
โดย  $25.85 < G_{10} < 28.04$

$G_{11}$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 10 คัน ( $G_{11}$ )  
โดย  $28.04 < G_{11} < 30.00$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity<sub>Right</sub> ได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{Turning Capacity}_{\text{Right}} &= (0 \text{ veh} \times 612) + (1 \text{ veh} \times 68) + (2 \text{ veh} \times 36) + (3 \text{ veh} \times 30) \\ &\quad + (4 \text{ veh} \times 14) + (5 \text{ veh} \times 10) + (6 \text{ veh} \times 7) + (7 \text{ veh} \times 2) + (8 \\ &\quad \text{veh} \times 52) + (9 \text{ veh} \times 0) + (10 \text{ veh} \times 0) + (11 \text{ veh} \times 0) \end{aligned}$$

$$\text{Turning Capacity}_{\text{Right}} = 408 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$



รูปที่ 4.57 กราฟแสดงอัตรการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสุนทรารายณ์ ช่วงบ่ายของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่กลับรถบนกระแสจราจรสายหลัก (U-Turn)

ทางแยกถนนสุนทรารายณ์ ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่ทำการกลับรถบนถนนสายหลัก ของทางแยกถนนสุนทรารายณ์ ช่วงบ่าย มีค่า ช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 5.00 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เท่ากับ 2.98 วินาที ดังนั้น

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $5.00 < G_1 < 7.98$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $7.98 < G_2 < 10.96$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $10.96 < G_3 < 13.94$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $13.94 < G_4 < 16.92$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $16.92 < G_5 < 19.90$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )  
โดย  $19.90 < G_6 < 22.88$

$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )  
โดย  $22.88 < G_7 < 25.86$

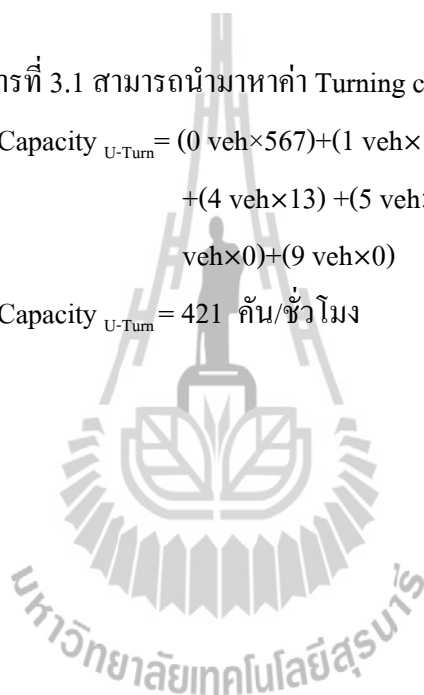
$G_8$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 8 คัน ( $G_8$ )  
โดย  $25.86 < G_8 < 28.84$

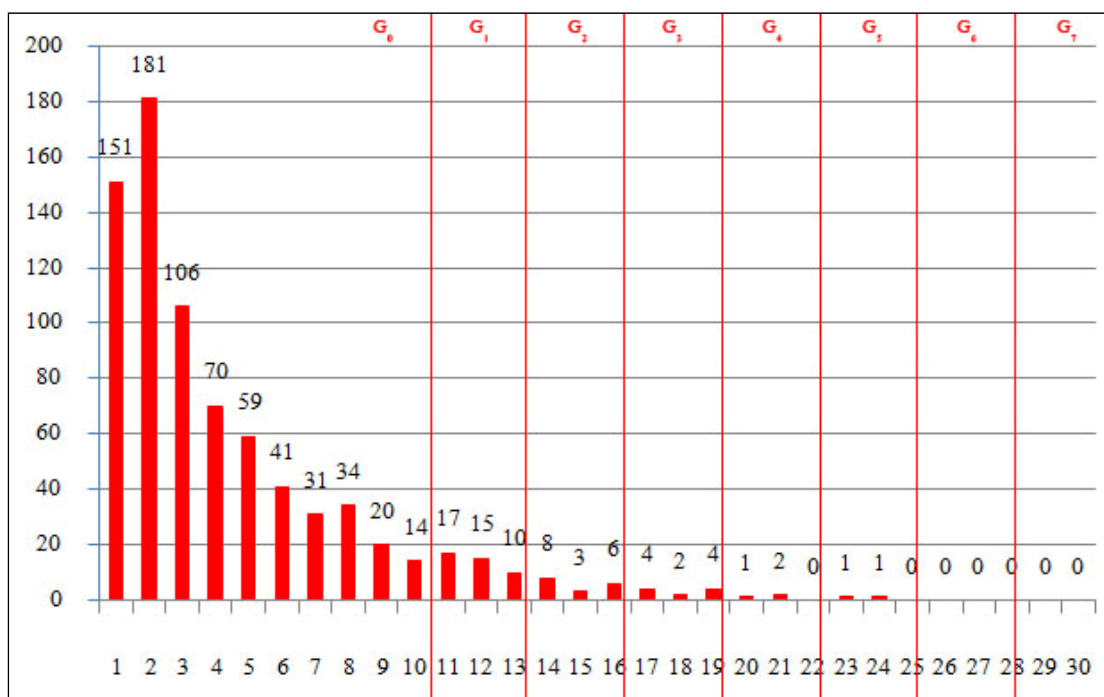
$G_9$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 9 คัน ( $G_9$ )  
โดย  $28.84 < G_9 < 30.00$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity  $U_{\text{Turn}}$  ได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{Turning Capacity } U_{\text{Turn}} &= (0 \text{ veh} \times 567) + (1 \text{ veh} \times 105) + (2 \text{ veh} \times 51) + (3 \text{ veh} \times 34) \\ &\quad + (4 \text{ veh} \times 13) + (5 \text{ veh} \times 7) + (6 \text{ veh} \times 3) + (7 \text{ veh} \times 1) + (8 \\ &\quad \text{veh} \times 0) + (9 \text{ veh} \times 0) \end{aligned}$$

$$\text{Turning Capacity } U_{\text{Turn}} = 421 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$





รูปที่ 4.58 กราฟแสดงอัตรการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสุนทรารายณ์ ช่วงบ่ายของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรอง (Left)

ทางแยกถนนสุนทรารายณ์ ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ที่ทำการเลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสุนทรารายณ์ ช่วงบ่าย มีค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 10.00 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เท่ากับ 2.95 วินาที ดังนั้น

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $10.00 < G_1 < 12.95$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $12.95 < G_2 < 15.90$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $15.90 < G_3 < 18.85$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $18.85 < G_4 < 21.80$



$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $21.80 < G_5 < 24.75$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

โดย  $24.75 < G_6 < 27.70$

$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )

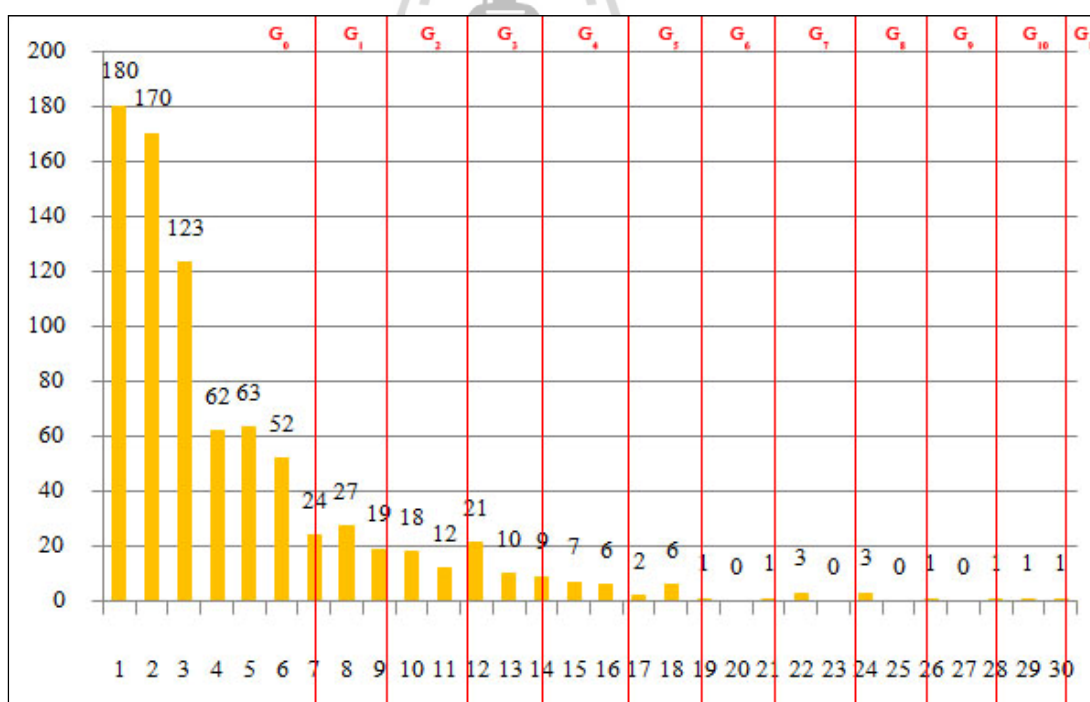
โดย  $27.70 < G_7 < 30.00$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity  $_{Left}$  ได้ว่า

$$\text{Turning Capacity}_{Left} = (0 \text{ veh} \times 707) + (1 \text{ veh} \times 42) + (2 \text{ veh} \times 17) + (3 \text{ veh} \times 9) \\ + (4 \text{ veh} \times 4) + (5 \text{ veh} \times 2) + (6 \text{ veh} \times 0) + (7 \text{ veh} \times 0)$$

$$\text{Turning Capacity}_{Left} = 129 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$

#### 4.5.7 จำนวน Gaps ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ทางแยกสุรนารายณ์ ช่วงเช้า



รูปที่ 4.59 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสุรนารายณ์ ช่วงเช้าของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่เกี่ยวข้องกับตัดกระแสจราจรสายหลัก (Right)

ทางแยกถนนสุรนารายณ์ ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่ทำการเลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเข้าสู่กระแสจราจรสายรอง ช่วงเช้า มีค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 6.63 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เท่ากับ 2.24 วินาที ดังนั้น

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $6.63 < G_1 < 8.87$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $8.87 < G_2 < 11.27$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $11.27 < G_3 < 13.67$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $13.67 < G_4 < 16.07$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $16.07 < G_5 < 18.47$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

โดย  $18.47 < G_6 < 20.87$

$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )

โดย  $20.87 < G_7 < 23.11$

$G_8$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 8 คัน ( $G_8$ )

โดย  $23.11 < G_8 < 25.35$

$G_9$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 9 คัน ( $G_9$ )

โดย  $25.35 < G_9 < 27.59$

$G_{10}$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 10 คัน ( $G_{10}$ )

โดย  $27.59 < G_{10} < 29.83$

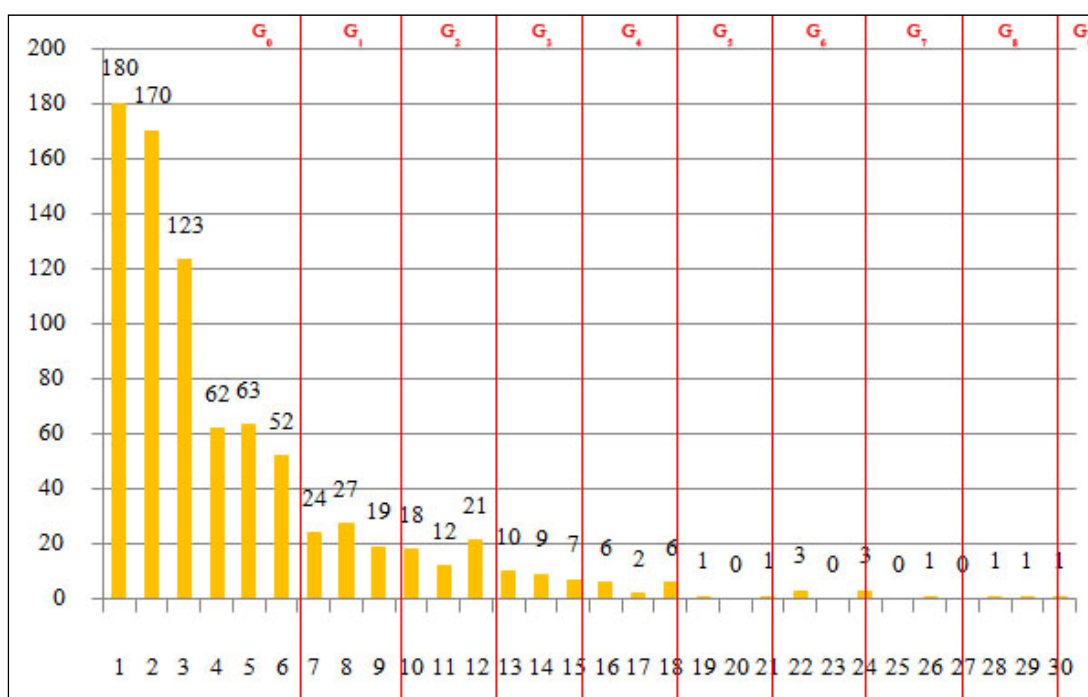
$G_{11}$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 10 คัน ( $G_{11}$ )

โดย  $29.83 < G_{11} < 30.00$

จากสมการที่ 4.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity  $Right$  ได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{Turning Capacity}_{Right} = & (0 \text{ veh} \times 665) + (1 \text{ veh} \times 53) + (2 \text{ veh} \times 38) + (3 \text{ veh} \times 31) \\ & + (4 \text{ veh} \times 16) + (5 \text{ veh} \times 8) + (6 \text{ veh} \times 2) + (7 \text{ veh} \times 3) + (8 \\ & \text{veh} \times 3) + (9 \text{ veh} \times 2) + (10 \text{ veh} \times 2) + (11 \text{ veh} \times 0) \end{aligned}$$

$$\text{Turning Capacity}_{Right} = 421 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$



รูปที่ 4.60 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสุรนารายณ์ ช่วงเช้าของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่กลับรถบนกระแสจราจรสายหลัก (U-Turn)

ทางแยกถนนสุรนารายณ์ ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่ทำการกลับรถบนถนนสายหลัก ของทางแยกถนนสุรนารายณ์ ช่วงเช้า มีค่า ช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 6.23 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เท่ากับ 2.90 วินาที ดังนั้น

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $6.23 < G_1 < 9.13$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $9.13 < G_2 < 12.03$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $12.03 < G_3 < 14.93$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $14.93 < G_4 < 17.83$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $17.83 < G_5 < 20.73$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

โดย  $20.73 < G_6 < 23.63$

$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )

โดย  $23.63 < G_7 < 26.53$

$G_8$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 8 คัน ( $G_8$ )

โดย  $26.53 < G_8 < 29.43$

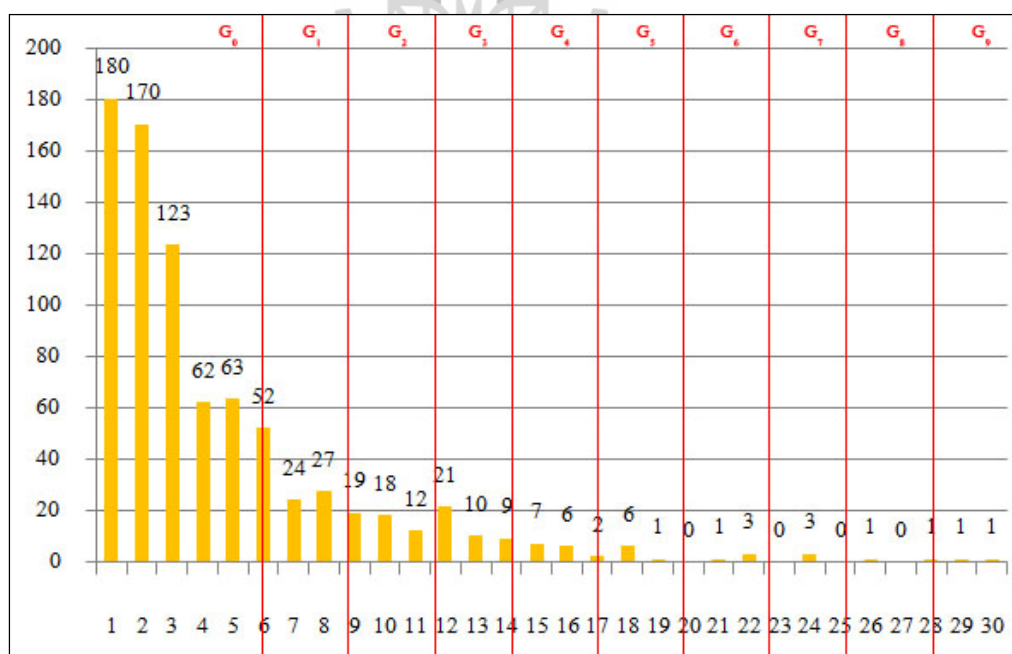
$G_9$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 9 คัน ( $G_9$ )

โดย  $29.43 < G_9 < 30.00$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity  $U_{\text{Turn}}$  ได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{Turning Capacity } U_{\text{Turn}} &= (0 \text{ veh} \times 656) + (1 \text{ veh} \times 66) + (2 \text{ veh} \times 49) + (3 \text{ veh} \times 26) \\ &\quad + (4 \text{ veh} \times 13) + (5 \text{ veh} \times 3) + (6 \text{ veh} \times 5) + (7 \text{ veh} \times 2) + (8 \\ &\quad \text{veh} \times 2) + (9 \text{ veh} \times 1) \end{aligned}$$

$$\text{Turning Capacity } U_{\text{Turn}} = 368 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$



รูปที่ 4.61 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสุนทรารายณ์ ช่วงเช้าของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรอง (Left)

ทางแยกถนนสุรนารายณ์ ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่ทำการเลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสุรนารายณ์ ช่วงเช้า มีค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 5.50 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เท่ากับ 2.77 วินาที ดังนั้น

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $5.50 < G_1 < 8.27$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $8.27 < G_2 < 11.04$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $11.04 < G_3 < 13.81$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $13.81 < G_4 < 16.58$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $16.58 < G_5 < 19.35$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

โดย  $19.35 < G_6 < 22.12$

$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )

โดย  $22.12 < G_7 < 24.89$

$G_8$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 8 คัน ( $G_8$ )

โดย  $24.89 < G_8 < 27.66$

$G_9$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 9 คัน ( $G_9$ )

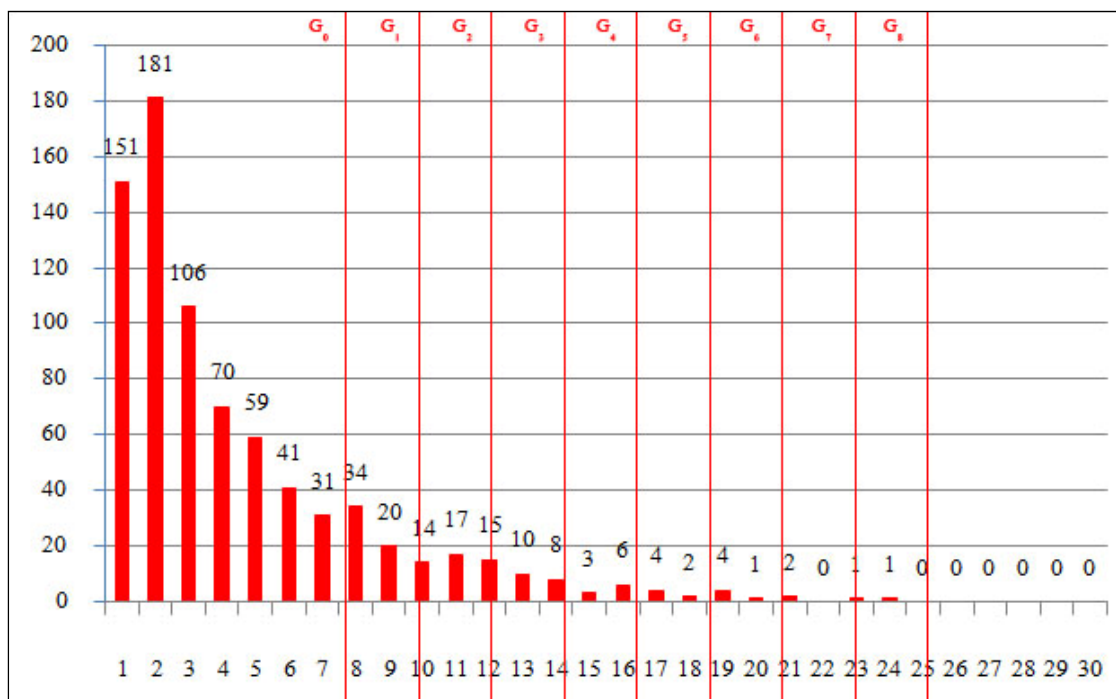
โดย  $27.66 < G_9 < 30.00$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity  $_{Left}$  ได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{Turning Capacity}_{Left} = & (0 \text{ veh} \times 624) + (1 \text{ veh} \times 82) + (2 \text{ veh} \times 45) + (3 \text{ veh} \times 37) \\ & + (4 \text{ veh} \times 16) + (5 \text{ veh} \times 8) + (6 \text{ veh} \times 4) + (7 \text{ veh} \times 3) + (8 \\ & \text{veh} \times 2) + (9 \text{ veh} \times 2) \end{aligned}$$

$$\text{Turning Capacity}_{Left} = 466 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$

#### 4.5.8 จำนวน Gaps ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ทางแยกสุรนารายณ์ ช่วงบ่าย



รูปที่ 4.62 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสุรนารายณ์ ช่วงบ่ายของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่เกี่ยวข้องตัดกระแสจราจรสายหลัก (Right)

ทางแยกถนนสุรนารายณ์ ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่ทำการเลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเข้าสู่กระแสจราจรสายรอง ช่วงบ่าย มีค่า ช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 7.33 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เท่ากับ 2.19 วินาที ดังนั้น

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $7.33 < G_1 < 9.52$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $9.52 < G_2 < 11.71$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $11.71 < G_3 < 13.90$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $13.90 < G_4 < 16.09$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $16.09 < G_5 < 18.28$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

โดย  $18.28 < G_6 < 20.47$

$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )

โดย  $20.47 < G_7 < 22.66$

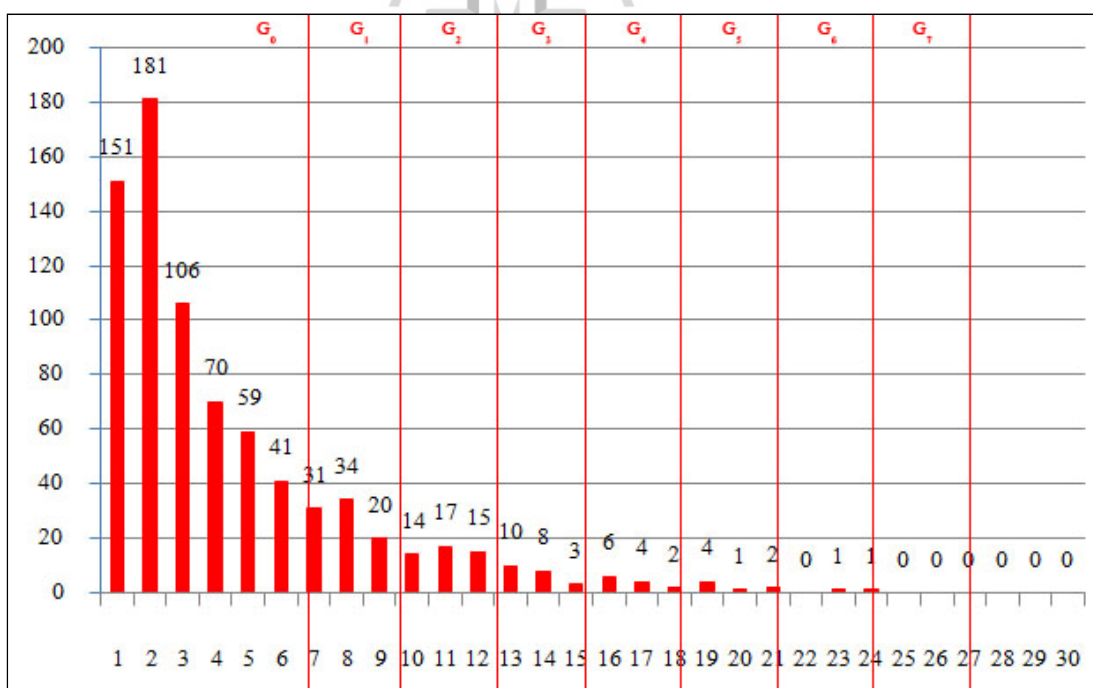
$G_8$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 8 คัน ( $G_8$ )

โดย  $22.66 < G_8 < 24.85$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity<sub>Right</sub> ได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{Turning Capacity}_{\text{Right}} &= (0 \text{ veh} \times 650) + (1 \text{ veh} \times 50) + (2 \text{ veh} \times 35) + (3 \text{ veh} \times 21) \\ &\quad + (4 \text{ veh} \times 10) + (5 \text{ veh} \times 5) + (6 \text{ veh} \times 5) + (7 \text{ veh} \times 1) + (8 \\ &\quad \text{veh} \times 1) \end{aligned}$$

$$\text{Turning Capacity}_{\text{Right}} = 293 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$



รูปที่ 4.63 กราฟแสดงอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสุรนารายณ์ ช่วงบ่ายของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่กลับรถบนกระแสจราจรสายหลัก (U-Turn)

ทางแยกถนนสุรนารายณ์ ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่ทำการกลับรถบนถนนสายหลัก ของทางแยกถนนสุรนารายณ์ ช่วงป้าย มีค่า ช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 6.23 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เท่ากับ 2.90 วินาที ดังนั้น

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $6.23 < G_1 < 9.13$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $9.13 < G_2 < 12.03$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $12.03 < G_3 < 14.93$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $14.93 < G_4 < 17.83$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $17.83 < G_5 < 20.73$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

โดย  $20.73 < G_6 < 23.63$

$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )

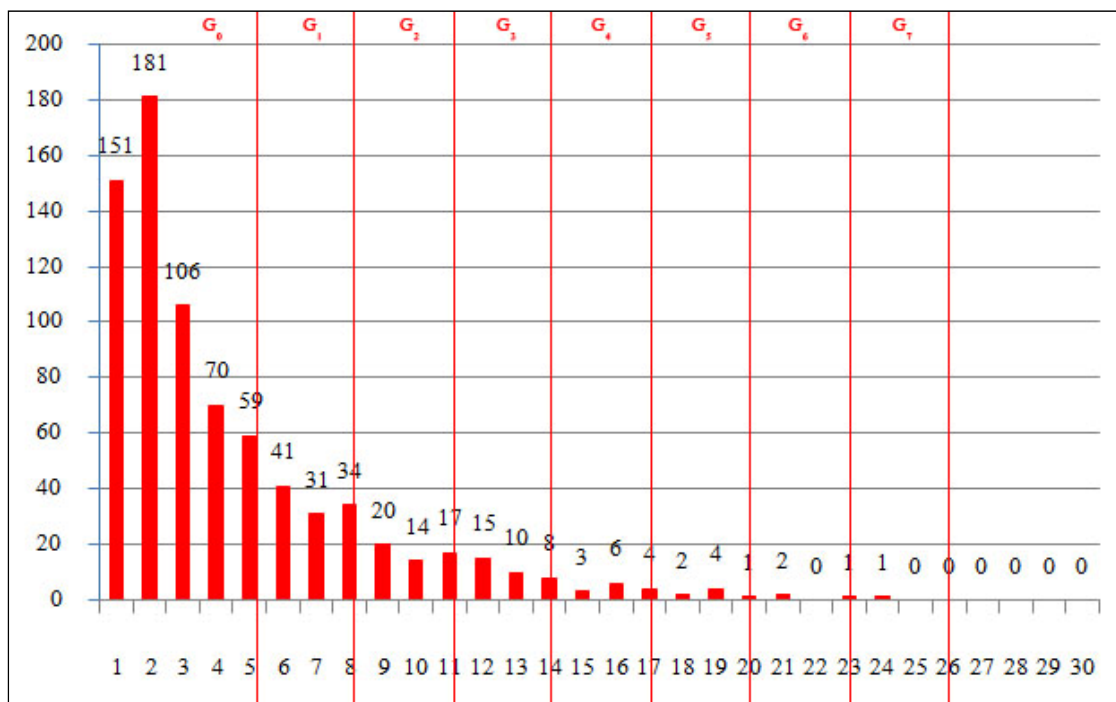
โดย  $23.63 < G_7 < 26.53$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity  $U_{\text{Turn}}$  ได้ว่า

$$\text{Turning Capacity } U_{\text{Turn}} = (0 \text{ veh} \times 615) + (1 \text{ veh} \times 80) + (2 \text{ veh} \times 44) + (3 \text{ veh} \times 21) \\ + (4 \text{ veh} \times 12) + (5 \text{ veh} \times 7) + (6 \text{ veh} \times 2) + (7 \text{ veh} \times 0)$$

$$\text{Turning Capacity } U_{\text{Turn}} = 326 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$





รูปที่ 4.64 กราฟแสดงอัตรการไหลของกระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสุนทรารายณ์ ช่วงป้ายของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่เลียวซ้ายออกจากถนนสายรอง (Left)

ทางแยกถนนสุนทรารายณ์ ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ที่ทำการเลียวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักบนทางแยกถนนสุนทรารายณ์ ช่วงป้ายมีค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap :  $G_c$ ) เท่ากับ 4.80 วินาที เวลาของการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time :  $T_f$ ) เท่ากับ 2.95 วินาที ดังนั้น

$G_1$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 1 คัน ( $G_1$ )

โดย  $4.80 < G_1 < 7.75$

$G_2$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 2 คัน ( $G_2$ )

โดย  $7.75 < G_2 < 10.70$

$G_3$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 3 คัน ( $G_3$ )

โดย  $10.70 < G_3 < 13.65$

$G_4$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 4 คัน ( $G_4$ )

โดย  $13.65 < G_4 < 16.60$

$G_5$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 5 คัน ( $G_5$ )

โดย  $16.60 < G_5 < 19.56$

$G_6$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 6 คัน ( $G_6$ )

โดย  $19.56 < G_6 < 22.50$

$G_7$  เท่ากับช่องว่าง (Gaps) ที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ตามไปได้ 7 คัน ( $G_7$ )

โดย  $22.50 < G_7 < 25.45$

จากสมการที่ 3.1 สามารถนำมาหาค่า Turning capacity  $_{Left}$  ได้ว่า

$$\text{Turning Capacity}_{Left} = (0 \text{ veh} \times 555) + (1 \text{ veh} \times 110) + (2 \text{ veh} \times 54) + (3 \text{ veh} \times 35) \\ + (4 \text{ veh} \times 14) + (5 \text{ veh} \times 9) + (6 \text{ veh} \times 3) + (7 \text{ veh} \times 1)$$

$$\text{Turning Capacity}_{Left} = 449 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$

สรุปค่าอัตราการไหล (Main flow) ของถนนสายหลักและค่าปริมาณความจุ (Capacity) บนทางแยกถนนสี่ขีรี

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าอัตราการไหล (Main flow) ของถนนสายหลักและค่าปริมาณความจุ (Turning capacity) บนทางแยกถนนสี่ขีรีของยานพาหนะประเภทที่ 1

ช่วงเวลา	Main flow (veh/h)	Capacity right (veh/h)	Capacity u-turn (veh/h)	Capacity left (veh/h)
เช้า	508	259	234	306
บ่าย	498	399	611	534

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าอัตราการไหล (Main flow) ของถนนสายหลักและค่าปริมาณความจุ (Turning capacity) บนทางแยกถนนสี่ขีรีของยานพาหนะประเภทที่ 2

ช่วงเวลา	Main flow (veh/h)	Capacity right (veh/h)	Capacity u-turn (veh/h)	Capacity left (veh/h)
เช้า	508	188	275	296
บ่าย	498	350	370	536

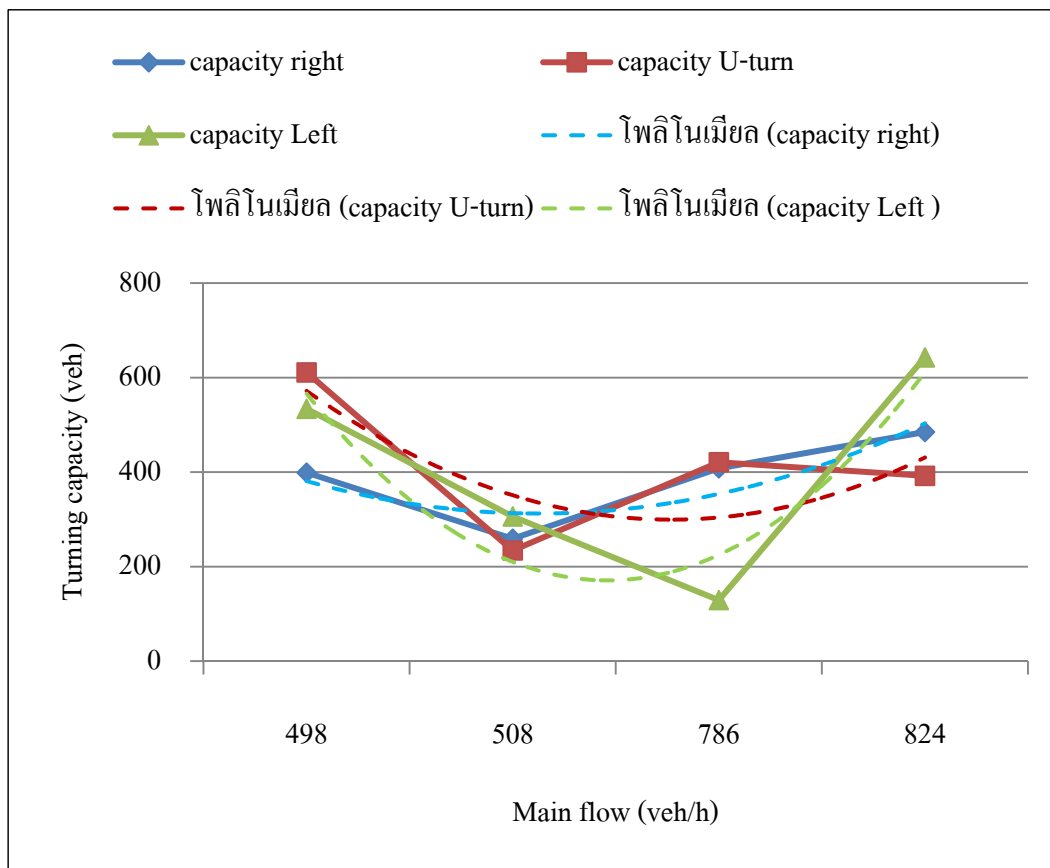
ตารางสรุปค่าอัตราการไหล (Flow main) ของถนนสายหลักและค่าปริมาณความจุ (Capacity) บนทางแยกถนนสุรนารายณ์

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าอัตราการไหล (Flow main) ของถนนสายหลักและค่าปริมาณความจุ (Capacity) บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ของยานพาหนะประเภทที่ 1

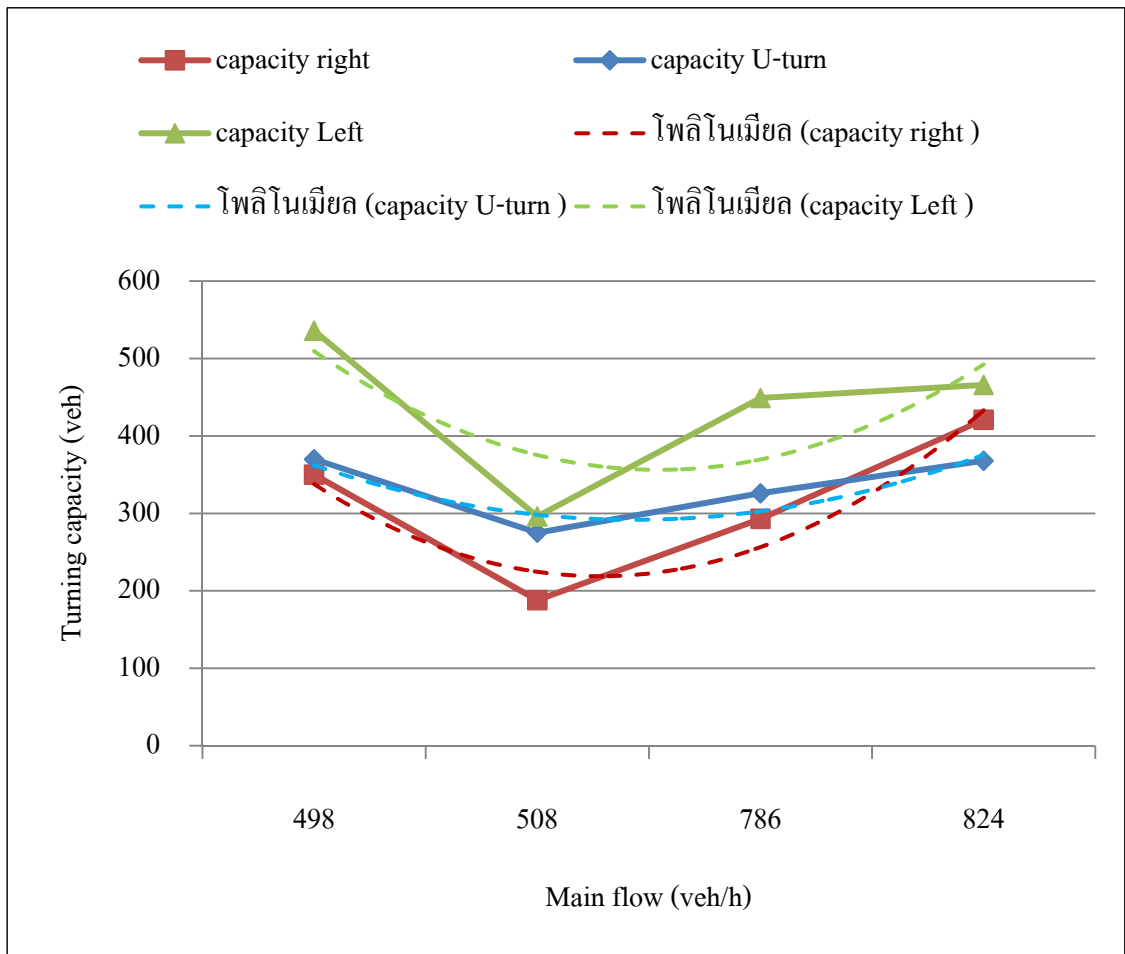
ช่วงเวลา	Main flow (veh/h)	Capacity right (veh/h)	Capacity u-turn (veh/h)	Capacity left (veh/h)
เช้า	824	485	392	643
บ่าย	786	408	421	129

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าอัตราการไหล (Flow main) ของถนนสายหลักและค่าปริมาณความจุ (Capacity) บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ของยานพาหนะประเภทที่ 2

ช่วงเวลา	Main flow (veh/h)	Capacity right (veh/h)	Capacity u-turn (veh/h)	Capacity left (veh/h)
เช้า	824	421	368	466
บ่าย	786	293	326	449



รูปที่ 4.65 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการไหลบนกระแสรายหลัก (Main flow) และความจุของการเลี้ยว (Turning capacity) ในรูปแบบต่างๆ ของยานพาหนะประเภทที่ 1



รูปที่ 4.66 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการไหลบนกระแสจราจรสายหลัก (Main flow) และความจุของการเลี้ยว (Turning capacity) ในรูปแบบต่าง ๆ ของยานพาหนะประเภทที่ 2

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลบนถนนสายหลัก (Main flow) และค่าปริมาณความจุการเลี้ยว (Turning capacity) นั้นตามหลักสมมติฐานทราบว่าค่าปริมาณความจุการเลี้ยว (Turning capacity) จะลดลงเมื่ออัตราการไหลบนกระแสจราจรเพิ่มขึ้น

จากการทำการศึกษาวิจัยพบว่า ปริมาณความจุการเลี้ยวลดลงเมื่อมีอัตราการไหลค่าหนึ่งแต่เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น ปริมาณความจุการเลี้ยวก็ได้เพิ่มมากขึ้นอีกเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะ (Gap acceptance behavior) สามารถยอมรับช่องว่างที่มีขนาดเล็กลงได้จึงทำให้ปริมาณความจุการเลี้ยวบนโครงข่ายจราจรบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษานั้นเพิ่มขึ้นในภายหลังทั้งพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเพื่อมุ่งหน้าเข้าสู่ถนนสายรอง ผู้ขับขี่ยานพาหนะที่กลับรถบนถนน

สายหลักและผู้ขับขียานพาหนะที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลัก

นั่นแสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมกรยอมรับช่องว่างของผู้ขับขียานพาหนะที่จะทำการเลี้ยวในแต่ละรูปแบบจะจะมีการตัดสินใจได้ดีโดยปราศจากความกดดัน ความเครียดในสภาวะบนโครงข่ายกระแสจราจรสายหลักมีอัตราการไหลของกระแสจราจรสายหลักอยู่ที่ประมาณ 500 คันต่อชั่วโมง



## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ผลต่าง ๆ จากทางแยกจำนวน 2 ทางแยก ของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เป็นการศึกษากฎการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ ยานพาหนะบริเวณทางแยกในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา สามารถสรุปผลได้ ดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

##### 5.1.1 ช่องว่างวิกฤติ (Critical gap)

จากการวิเคราะห์พฤติกรรมยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา พบว่า ช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของทางแยกที่ทำการศึกษา ทั้งทางแยกถนนสีปรีและทางแยกสุรนารายณ์ สามารถสรุปผลได้ดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของทางสามแยกถนนสีปรี

ประเภท ยานพาหนะ	ช่วงเวลา	ลักษณะการเลี้ยวตัดกระแสจราจร		
		เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเข้าสู่สายรอง (Turn right) มีหน่วยเป็นวินาที (t sec)	เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อเข้าสู่กระแสจราจรสายหลัก (Turn left) มีหน่วยเป็นวินาที (t sec)	กลับรถบนกระแสจราจรสายหลัก (U - Turn) มีหน่วยเป็นวินาที (t sec)
จักรยานยนต์	เช้า	7.9	5.67	9
	บ่าย	7.25	4.75	5.5
ค่าช่องว่างวิกฤติโดยเฉลี่ย		7.58	5.21	7.25
รถยนต์ 4 ล้อ	เช้า	9.38	6	7
	บ่าย	7.88	4.73	7
ค่าช่องว่างวิกฤติโดยเฉลี่ย		8.63	5.37	7

สรุปได้ว่า ค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) บริเวณทางแยกสี่ขีรีของการเลี้ยวขวาตัด  
 กระจ่างจรเข้าสู่ถนนสายรองค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์เฉลี่ย  
 เท่ากับ 7.58 วินาที ค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของผู้ขับขีรถยนต์ 4 ล้อเฉลี่ยเท่ากับ 8.63 วินาที  
 การเลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์เฉลี่ย  
 เท่ากับ 5.21 วินาที ค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของผู้ขับขีรถยนต์ 4 ล้อเฉลี่ยเท่ากับ 5.37 วินาที  
 และการกลับรถบนถนนสายหลักค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์เฉลี่ย  
 เท่ากับ 7.25 วินาที ค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของผู้ขับขีรถยนต์ 4 ล้อเฉลี่ยเท่ากับ 7.00 วินาที

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของทางสามแยกถนนสุนารายณ์

ประเภท ยานพาหนะ	ช่วงเวลา	ลักษณะการเลี้ยวตัดกระจ่างจร		
		เลี้ยวขวาตัดกระจ่าง จรสายหลักเข้าสู่ กระจ่างจร สายรอง (Turn right) มีหน่วยเป็น วินาที (t sec)	เลี้ยวซ้ายออกจาก ถนนสายรองเพื่อเข้า สู่กระจ่างจร สายหลัก (Turn left) มีหน่วยเป็น วินาที (t sec)	กลับรถบน กระจ่างจร สายหลัก (U - Turn ) มีหน่วยเป็น วินาที (t sec)
จักรยานยนต์	เข้า	6	4	6.07
	บาย	6.14	10	5
ค่าช่องว่างวิกฤติโดยเฉลี่ย		6.07	7	5.54
รถยนต์ 4 ล้อ	เข้า	6.63	5.5	6.23
	บาย	7.33	4.8	6.6
ค่าช่องว่างวิกฤติโดยเฉลี่ย		6.98	5.15	6.42

สรุปได้ว่า ค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของทางแยกสุนารายณ์ การเลี้ยวขวาตัดกระจ่าง  
 จรเข้าสู่ถนนสายรองค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์เฉลี่ยเท่ากับ 6.07  
 วินาที ค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของผู้ขับขีรถยนต์ 4 ล้อเฉลี่ยเท่ากับ 6.98 วินาที การเลี้ยวซ้าย  
 ออกจากถนนสายรองค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์เฉลี่ยเท่ากับ 7.00  
 วินาที ค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของผู้ขับขีรถยนต์ 4 ล้อเฉลี่ยเท่ากับ 5.15 วินาที และการกลับ  
 รถบนถนนสายหลักค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์เฉลี่ยเท่ากับ 5.54 วินาที  
 ค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของผู้ขับขีรถยนต์ 4 ล้อเฉลี่ยเท่ากับ 6.42 วินาที



จากผลการสรุปค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของทั้งทางแยกถนนสี่ขีริและทางแยกถนนสุรนารายณ์ จะสังเกตเห็นได้ว่า ค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของยานพาหนะที่จะทำการเลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเข้าสู่ถนนสายรองมีค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) เยอะหรือมากกว่าค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของยานพาหนะที่ทำการเลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักผลเนื่องมาจากบนกระแสจราจรสายหลักนั้นยานพาหนะที่ตัดสินใจเลี้ยวขวาคัดกระแสจราจรสายหลักเพื่อมุ่งหน้าเข้าสู่ถนนสายรองนั้น มีขีดจำกัดในด้านของความสามารถในการมองเห็นระยะของยานพาหนะที่วิ่งอยู่ในกระแสจราจรสายหลักอันเนื่องมาจากบนเกาะกลางถนนนั้นมีต้นไม้ ป้ายสัญลักษณ์การจราจร รวมทั้งลักษณะทางกายภาพของถนนทำให้ความสามารถในการวิเคราะห์ถึงช่องว่างที่เกิดขึ้นในเวลาดังกล่าวนั้นช้ากว่าและตัดสินใจในการใช้ช่องว่างก็จะช้ากว่าผู้ขับขี่ยานพาหนะที่จะทำการเลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อเข้าร่วมกระแสจราจรสายหลัก

### 5.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการกระจายตัวของขนาดช่องว่างระหว่างรถ และอัตราการไหลบริเวณทางแยก

จากผลการวิเคราะห์ทำให้ทราบถึงค่าอัตราการไหลบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษา ซึ่งผลการศึกษานี้ได้แสดงมาในตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าอัตราการไหลบนถนนสายหลัก (Main flow) บริเวณทางแยกที่ทำการศึกษา

บริเวณแยกที่ทำการศึกษาวิจัย	ช่วงเวลาของการศึกษาวิจัย	อัตราการไหลบนถนนสายหลัก *(คัน/ชั่วโมง)
สี่ขีริ	เช้า	508
	บ่าย	498
สุรนารายณ์	เช้า	824
	บ่าย	786

หมายเหตุ : \*อัตราการไหลไม่แยกประเภทรถเนื่องจากเป็นปริมาณที่สะท้อนให้เห็นจำนวนช่องว่างระหว่างรถ

จากผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังนี้ ช่วงเวลาเช้าบริเวณทางแยกถนนสี่ขีริจะมีค่าอัตราการไหลบนถนนสายหลักมีค่าเท่ากับ 508 คัน/ชั่วโมง ช่วงเวลาบ่ายค่าอัตราการไหลบนถนนสายหลักมีค่าเท่ากับ 498 คัน/ชั่วโมง และช่วงเวลาเช้าบริเวณทางแยกถนนสุรนารายณ์จะมีค่าอัตราการไหลบนถนนสายหลักมีค่าเท่ากับ 824 คัน/ชั่วโมง ช่วงเวลาบ่ายค่าอัตราการไหลบนถนนสายหลักมีค่าเท่ากับ 786 คัน/ชั่วโมง

เมื่อทราบค่าอัตราการไหลบนถนนสายหลักเป็นที่เรียบร้อยแล้ว สามารถนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากรูปที่ 4.29 สามารถสรุปได้ว่า เมื่อค่าอัตราการไหลบนกระแสรายจรสายหลักมีปริมาณมากขึ้นแล้วค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเฉลี่ยช่องว่างที่ได้จากการวิเคราะห์จะมีค่าน้อย จะสังเกตเห็นได้จากกราฟว่าเมื่ออัตราการไหลบนกระแสรายจรสายหลักมีค่าประมาณ 200 - 300 คันต่อชั่วโมง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเฉลี่ยช่องว่างบริเวณทางแยกจะมีค่ามาก แต่เมื่อใดที่ค่าอัตราการไหลบริเวณทางแยกนั้นเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าเมื่อค่าอัตราการไหลบนถนนสายหลักมีค่าประมาณ 350 - 450 คันต่อชั่วโมง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานก็จะลดลง

นั่นแสดงให้เห็นว่าถ้าเมื่อใดที่ค่าอัตราการไหลมีไม่มากนักค่าเฉลี่ยช่องว่างบริเวณทางแยกดังกล่าวจะมีขนาดความกว้างของช่องว่างมาก แต่ถ้าหากเมื่อใดที่อัตราการไหลบนถนนสายหลักเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยช่องว่างดังกล่าวจะมีขนาดลดลง

### 5.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างผลการคำนวณทางทฤษฎีของ Negative exponential, Shifted negative exponential, Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม)

จากผลการวิเคราะห์จากรูปที่ 4.35 และ 4.40 เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลในหน่วยคันต่อนาทีและระยะห่างระหว่างยานพาหนะในหน่วยวินาทีของทางแยกถนนสี่ขีรีและทางแยกถนนสุรนารายณ์สามารถนำผลการวิเคราะห์ดังกล่าวมาสรุปได้ว่า ทฤษฎี Negative exponential, Shifted negative exponential, Erlang distribution และ Observed (ผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม) โดยช่วงเวลาที่ 0 - 15 วินาทีจะมีความแตกต่างกันมากระหว่างค่าของทฤษฎีต่าง ๆ แต่ช่วงหลังจากมากขึ้นโดยอยู่ในช่วง 16 - 30 วินาทีค่าที่ได้จากการนำทฤษฎีของ Negative exponential, Shifted negative exponential, Erlang distribution จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน อันอาจจะมีสาเหตุมาจาก ในสภาพการจราจรจริงที่ทำการศึกษาวินาทีนั้นจะมีระยะช่องว่างที่น้อยที่สุดที่รถไม่สามารถเคลื่อนที่ตามกันได้อาจเนื่องมาจากความยาวของรถและระยะห่างที่ปลอดภัย ดังนั้นการใช้ Negative exponential distribution function เพื่อจำลองการกระจายตัวของช่องว่างระหว่างรถจึงมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง จึงมีการปรับแบบจำลองมาใช้ Shifted negative exponential model ซึ่งจะอธิบายการกระจายตัวของช่องว่างระหว่างรถได้ดีกว่าเนื่องจากค่า  $\alpha$  ที่นำมาทำการวิเคราะห์สามารถที่จะปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมตามฟังก์ชันความหนาแน่น ในขณะที่เมื่อการกระจายตัวของ Headway ในกระแสรายจรทั่วไปหรือปานกลาง Erlang distribution จะอธิบายได้ดีกว่าและใกล้เคียงค่าที่ได้จากภาคสนามมากกว่า Negative exponential distribution function และ Shifted negative exponential model

### 5.1.4 การเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time; $T_f$ )

จากผลการวิเคราะห์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะคันหน้าและคันหลังที่เคลื่อนที่ตามกันไปในช่วงเดียวกันนั้นทำให้ทราบถึงค่าขนาดของการเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะซึ่งจากผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่า

การเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time;  $T_f$ ) บนถนนสี่ขี้นวงแหวนและช่วงบายของยานพาหนะที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเพื่อเคลื่อนตัวเข้าสู่ถนนสายรองมีค่าเท่ากับ 3.04 และ 3.01 วินาที การเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะที่กลับรถบนถนนสายหลักมีค่าเท่ากับ 2.50 และ 3.50 วินาที แล้วแต่ประเภทของยานพาหนะ และการเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักมีค่าเท่ากับ 4.30 และ 3.45 วินาที

การเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time;  $T_f$ ) บนถนนสุรนารายณ์ช่วงเข้าและช่วงบายของยานพาหนะที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเพื่อเคลื่อนตัวเข้าสู่ถนนสายรองมีค่าเท่ากับ 2.04 และ 2.19 วินาที การเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะที่กลับรถบนถนนสายหลักมีค่าเท่ากับ 2.90 และ 2.98 วินาที แล้วแต่ประเภทของยานพาหนะ และการเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักมีค่าเท่ากับ 2.77 และ 2.95 วินาที

จากผลสรุปค่าการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time;  $T_f$ ) บนทางแยกถนนสี่ขี้นวงแหวนและค่าการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time;  $T_f$ ) บนทางแยกถนนสุรนารายณ์นั้นจะสังเกตเห็นได้ว่าค่าการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time;  $T_f$ ) บนทางแยกถนนสี่ขี้นวงแหวนนั้นค่าการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time;  $T_f$ ) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 3.01 - 4.30 วินาที แต่ค่าการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time;  $T_f$ ) ของการกลับรถบนกระแสจราจรสายหลักมีค่าน้อยซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานจากการวิจัยทำให้ทราบว่า ลักษณะการเคลื่อนที่ตามกันของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกนี้โดยส่วนมากจะสามารถประเมินช่องว่างที่จะเกิดขึ้นดังกล่าวได้เนื่องลักษณะการเคลื่อนที่ของยานพาหนะบนกระแสจราจรสายหลักนั้นมีการกระจายตัวของระยะห่างระหว่างยานพาหนะมากพอไม่มีลักษณะของการมาเป็นกลุ่ม (Platoon) ทำให้ผู้ขับขี่ยานพาหนะบนกระแสจราจรสายหลักที่รอกลับรถนั้นสามารถวิเคราะห์ได้ถึงความปลอดภัยในการเคลื่อนที่ตามยานพาหนะคันหน้าไปว่าช่องว่างที่จะเกิดขึ้นดังกล่าวนี้จะสามารถใช้ได้อย่างปลอดภัยและยานพาหนะของตนมีความสามารถในการตอบสนองต่อความเร็วบนกระแสจราจรสายหลักได้เพราะถ้าทำการกลับรถไปแล้วจะไม่ทำให้การไหลของกระแสจราจรสายหลักต้องหยุดชะงักหรือทำให้ยานพาหนะที่วิ่งมาบนโครงข่ายของกระแสจราจรต้องลดความเร็วลง และลักษณะในการเคลื่อนที่ตามกันมาจะเป็นการเคลื่อนที่ตามมาอย่างประชิด จึงทำให้ขนาดช่องว่างความห่างระหว่างยานพาหนะคันหน้าแล้วคันหลังที่เคลื่อนที่ตามมา

นั้นมีความกว้างน้อยมาก จึงต้องทำการสมมติค่าความน่าจะเป็นของค่าการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time;  $T_p$ )

จากผลการวิเคราะห์ค่าการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time;  $T_p$ ) บนถนนสี่ขี้นริ และค่าการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time;  $T_p$ ) บนทางแยกถนนสุรนารายณ์ทำให้ทราบอีกอย่างหนึ่งว่าค่าการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time;  $T_p$ ) บนทางแยกถนนสุรนารายณ์มีค่าการเคลื่อนที่ตามกันโดยรวมแล้วน้อยกว่าบนทางแยกถนนสี่ขี้นริเนื่องจากอัตราการไหลบนถนนสุรนารายณ์มากกว่าถนนสี่ขี้นริและยานพาหนะที่วิ่งโดยส่วนใหญ่สามารถใช้ความเร็วได้มากกว่าเนื่องจากบริเวณทางแยกดังกล่าวเป็นถนนที่ตั้งอยู่แถบชานเมืองรถที่วิ่งมาบนกระแสรายหลักสามารถใช้ความเร็วได้ค่านึง ค่าการเคลื่อนที่ตามกันจึงมีค่ามากกว่าบริเวณทางแยกถนนสุรนารายณ์และมีอีกหลาย ๆ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ตามกันอันได้แก่ ระยะการมองเห็น (Sight distance) ของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกถนนสุรนารายณ์ และลักษณะทางกายภาพของถนน เป็นต้น

#### 5.1.5 ปริมาณความจุของการเลี้ยว (Turning capacity)

จากผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณความจุของการเลี้ยวบริเวณทางแยกสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 5.4 แสดงปริมาณอัตราการไหลและความจุการเลี้ยวของรถจักรยานยนต์ และรถสามล้อเครื่องบนทางแยกถนนสี่ขี้นริ

ช่วงเวลา	Flow main (veh/h)	Capacity right (veh/h)	Capacity u-turn (veh/h)	Capacity left (veh/h)
เช้า	508	259	234	306
บ่าย	498	399	611	534

ตารางที่ 5.5 แสดงปริมาณอัตราการไหลและความจุการเลี้ยวของรถยนต์ 4 ล้อ บนทางแยกถนนสี่ขี้นริ

ช่วงเวลา	Flow main (veh/h)	Capacity right (veh/h)	Capacity u-turn (veh/h)	Capacity left (veh/h)
เช้า	508	188	275	296
บ่าย	498	350	370	536

ตารางที่ 5.6 แสดงปริมาณอัตราการไหลและความจุการเลี้ยวของรถจักรยานยนต์  
และรถสามล้อเครื่องบนทางแยกถนนแยกถนนสุรนารายณ์

ช่วงเวลา	Flow main (veh/h)	Capacity right (veh/h)	Capacity u-turn (veh/h)	Capacity left (veh/h)
เช้า	824	485	392	643
บ่าย	786	408	421	129

ตารางที่ 5.7 แสดงปริมาณอัตราการไหลและความจุการเลี้ยวของรถยนต์ 4 ล้อ  
บนทางแยกถนนแยกถนนสุรนารายณ์

ช่วงเวลา	Flow main (veh/h)	Capacity right (veh/h)	Capacity u-turn (veh/h)	Capacity left (veh/h)
เช้า	824	421	368	466
บ่าย	786	293	326	449

จากผลการวิเคราะห์หาค่าปริมาณความจุการเลี้ยว (Turning capacity) สามารถสรุปได้ว่าเมื่ออัตราการไหลมีค่ามาก ปริมาณความจุของยานพาหนะที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักจะน้อย ส่วนยานพาหนะที่จะทำการเลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองเพื่อเข้าร่วมกระแสจราจรสายหลักจะเลี้ยวได้มากกว่า และในทางตรงกันข้ามถ้าหากอัตราการไหลมีค่าน้อยปริมาณยานพาหนะที่ทำการเลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรสายหลักเข้าสู่ถนนสายรองจะทำการเลี้ยวได้มากกว่า

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทำวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบค่าปริมาณความจุของการเลี้ยวของลักษณะการเลี้ยวประเภทต่าง ๆ ณ ปีปัจจุบัน ค่าอัตราการไหลบนกระแสจราจรสายหลักนั้น สามารถวิเคราะห์ถึงปริมาณความจุการเลี้ยวประเภทต่าง ๆ ในอนาคตได้นั้นคือ สามารถนำข้อมูล ณ ปีปัจจุบันไปเปรียบเทียบกับปีอนาคตได้ ถ้าหากว่าในปีอนาคตปริมาณการเลี้ยวในแต่ละประเภทมีค่าสูงกว่าปริมาณความจุการเลี้ยวในปีปัจจุบันเมื่อใด นั่นแสดงให้เห็นว่าปัญหาที่จะเกิดขึ้นคือปัญหาการติดขัดของโครงข่ายจราจรบริเวณทางแยกนั้น ๆ ควรพิจารณาแก้ไขปัญหาดังกล่าวให้เหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพการจราจร โดยการพิจารณาติดตั้งสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกเพื่อความปลอดภัยในการขับขี่ยานพาหนะและลดการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน

## รายการอ้างอิง

- Akcelik, R., (2007). **A review of Gap Acceptance Capacity Model**, 29<sup>th</sup> Conference of Australian Institute of Transport Research (CAITR 2007), University of South Australia, Adelaide,
- Drew, D.R., (1968). **Traffic Flow Theory and Control**, Chapter 9, McGraw - Hill Inc., June 1968.
- GATTIS, J.L, and SONNY, T., (1998) **Gap Acceptance at Non-Standard Stop-Controlled Intersections**, MBTC FR 1059,
- JOEL, L., and HOROWITZ. (1981). **Statistical Estimation of The Parameters of Daganzo's Acceptance Model**, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC 20460, U.S.A., 1981.
- Manual on Uniform Traffic Control Devices, (2009). **Part 4 Highway Traffic Signals**, p.433 - 446.
- May, A.D., (1989). **Traffic Flow Fundamentals**, Prentice Hall,
- Moshe, A., Pollatschek, A.P., and Moshe, L. (2002). **A Decision Model For Gap Acceptance and Capacity At Intersections**, Transportation Research Part B, 2002, p.649 – 663.
- Peter, J., and Cooper, Y.Z., (2002). **Turning Gap Acceptance Decision-Making: The Impact of Driver Distraction**, Journal of Safety Research, 2002, p.321-335.

- Raff, M.S., and Hart J.W. (1950). **A Volume Warrant for Urban Stop Signs**, the Eno Foundation for Highway Traffic Control, Saugatuck, Connecticut, 1950
- Rodríguez, J.J.R., (2006). **Gap Acceptance Studies and Critical Gap Times for Two-Way Stop Controlled Intersections in the Mayagüez Area**, Project Masters Of Engineering in Civil Engineering, University of Puerto Rico, Mayagüez Campus, 2006.
- Sun, Yon, HWANG (2005). **Modeling of The Gap Acceptance Behavior At Merging Section of Urban Freeway**, The Eastern Asia Society For Transportation Studies, 2005, p.1641-1656.
- Yusheng, Ci., Lina, W.U., Yulong, PEI, Xianzhang, LING (2009). **Gap Acceptance Capacity Model for On-Ramp Junction of Urban Freeway**, Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2009, p.116 - 119.



The logo of Sakon Nakhon Rajabhat University is a large, faint watermark in the center of the page. It features a stylized figure of a person standing on a base, with a large 'A' shape above it. The text 'มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี' (Mahavithayalai Techno Suranaree) is written in a circular path around the bottom of the logo.

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการยอมรับช่องว่างและการปฏิเสธช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะ  
บริเวณทางแยกถนนสี่บศิริและทางแยกถนนสุนทรารายณ์



1. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ซึ่งได้แก่ รถจักรยานยนต์รถสามล้อเครื่อง ที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรบนถนนสายหลักของทางสามแยก ถนนสีปรีตัดกับสีปรีซอย 3 ช่วงเช้าเวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

ตารางที่ ก.1 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรบนทางสายหลักของทางสามแยกถนนสีปรีตัดกับสีปรีซอย 3 ช่วงเช้าเวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	141
1	0	110
2	0	71
3	0	50
4	0	38
5	0	31
6	1	15
7	3	12
8	10	9
9	18	5
10	21	2
11	27	2
12	31	2
13	41	2
14	45	2
15	50	0
16	54	0
17	58	0
18	67	0
19	70	0
20	72	0

2. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ซึ่งได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถสามล้อเครื่อง ที่เลี้ยวซ้ายออกจากทางสายรอง ของทางสามแยกถนนสี่สิริ ตัดกับสี่สิริ หอย 3 ช่วงเช้าเวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

ตารางที่ ก.2 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่เลี้ยวซ้ายออกจากทางสายรองของ ทางสามแยกถนนสี่สิริตัดกับสี่สิริหอย 3 ช่วงเช้า เวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	6
1	0	5
2	0	3
3	0	2
4	0	2
5	0	2
6	1	0
7	1	0
8	1	0
9	1	0
10	5	0
11	5	0
12	6	0
13	6	0
14	6	0
15	6	0

3. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ซึ่งได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถสามล้อเครื่อง ที่กลับรถบนถนนสายหลัก ของทางสามแยกถนนสีปรีร์ ตัดกับสีปรีร์ ซอย 3 ช่วงเช้าเวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

ตารางที่ ก.3 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่กลับรถบนทางสายหลัก  
ของทางสามแยกถนนสีปรีร์ตัดกับสีปรีร์ซอย 3 ช่วงเช้า  
เวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	24
1	0	21
2	0	18
3	0	14
4	0	11
5	0	9
6	0	6
7	1	6
8	2	4
9	3	3
10	4	1
11	6	1
12	7	1
13	8	1
14	8	1
15	10	0
16	12	0
17	12	0
18	12	0
19	12	0
20	12	0
21	14	0
22	14	0

ตารางที่ ก.3 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่กลับรอบนทางสายหลัก  
 ของทางสามแยกถนนสี่สิริตัดกับสี่สิริซอย 3 ช่วงเช้า  
 เวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น. (ต่อ)

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
23	14	0
24	14	0
25	14	0
26	14	0
27	14	0
28	14	0
29	14	0
30	14	0



4. การยอมรับช่องว่าง(Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ซึ่งได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถสามล้อเครื่อง ที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรบนถนนสายหลัก ของทางสามแยก ถนนสีบริดด์กับสีบริชอย 3 ช่วงบ่ยเวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

ตารางที่ ก.4 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรบนทางสายหลัก ของทางสามแยกถนนสีบริดด์กับสีบริชอย 3 ช่วงบ่ย เวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	175
1	0	129
2	0	89
3	0	57
4	1	38
5	3	28
6	5	16
7	9	12
8	18	9
9	22	9
10	31	5
11	37	1
12	41	1
13	48	0

5. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ซึ่งได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถสามล้อเครื่อง ที่เลี้ยวซ้ายออกจากทางสายรอง ของทางสามแยกถนนสี่สิริ ตัดกับสี่สิริซอย 3 ช่วงบ่ายเวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

ตารางที่ ก.5 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่เลี้ยวซ้ายออกจากทางสายรอง ของทางสามแยกถนนสี่สิริตัดกับสี่สิริซอย 3 ช่วงบ่าย เวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	17
1	0	12
2	0	10
3	0	5
4	1	4
5	2	1
6	3	1
7	4	1
8	7	0
9	8	0
10	8	0
11	9	0
12	15	0
13	16	0
14	18	0
15	18	0
16	18	0
17	18	0

6. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ซึ่งได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถสามล้อเครื่อง ที่กลับรถบนถนนสายหลัก ของทางสามแยกถนนสีปรีร์ ติดกับสีปรีร์ซอย 3 ช่วงบ่ยเวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

ตารางที่ ก.6 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่กลับรถบนทางสายหลัก  
ของทางสามแยกถนนสีปรีร์ติดกับสีปรีร์ซอย 3 ช่วงบ่ย  
เวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	16
1	0	12
2	0	6
3	0	3
4	0	3
5	2	3
6	2	1
7	3	1
8	4	0
9	5	0
10	5	0
11	6	0
12	6	0
13	7	0
14	7	0
15	7	0
16	9	0
17	9	0
18	9	0
19	9	0
20	9	0
21	9	0
22	9	0
23	9	0

7. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ซึ่งได้แก่ รถยนต์นั่ง 4 ล้อ รถโฟล์ควิล รถปิคอัพ รถบรรทุก 4 ล้อ รถสองแถว 4 ล้อ ชูบารูและรถตู้ ที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรบนถนนสายหลัก ของทางสามแยกถนนสีปรีติดกับสีปรีซอย 3 ช่วงเช้าเวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

ตารางที่ ก.7 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรบนทางสายหลัก  
ของทางสามแยกถนนสีปรีติดกับสีปรีซอย 3 ช่วงเช้า  
เวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	208
1	0	171
2	0	124
3	0	95
4	0	66
5	0	53
6	0	28
7	1	20
8	6	18
9	9	15
10	19	9
11	30	7
12	37	4
13	62	2
14	70	2
15	77	2
16	83	1
17	90	0



8. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ซึ่งได้แก่ รถยนต์นั่ง 4 ล้อ รถไฟวีล รถปิคอัพ รถบรรทุก 4 ล้อ รถสองแถว 4 ล้อ ชูบารูและรถตู้ ที่เลี้ยวซ้ายออกจากทางสายรอง ของทางสามแยกถนนสีปรีติตัดกับสีปรีติซอย 3 ช่วงเช้าเวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

ตารางที่ ก.8 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่เลี้ยวซ้ายออกจากทางสายรอง  
ของทางสามแยกถนนสีปรีติตัดกับสีปรีติซอย 3 ช่วงเช้า  
เวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	41
1	0	35
2	0	18
3	0	9
4	0	5
5	1	4
6	2	2
7	5	1
8	8	0
9	10	0
10	13	0
11	17	0
12	22	0
13	23	0
14	23	0
15	23	0
16	24	0
17	24	0
18	25	0
19	25	0
20	25	0

9. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ซึ่งได้แก่ รถยนต์นั่ง 4 ล้อ รถโฟล์ควิล รถปิคอัพ รถบรรทุก 4 ล้อ รถสองแถว 4 ล้อ ชูบารูและรถตู้ ที่กลับรถบนถนนสายหลัก ของทางสามแยกถนนสีปรีติดกับสีปรีซอย 3 ช่วงเช้าเวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

ตารางที่ ก.9 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่กลับรถบนทางสายหลัก  
ของทางสามแยกถนนสีปรีติดกับสีปรีซอย 3 ช่วงเช้า  
เวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	28
1	0	19
2	0	15
3	0	12
4	0	7
5	0	6
6	0	3
7	1	1
8	3	1
9	7	1
10	7	0
11	10	0
12	11	0
13	13	0
14	15	0
15	17	0
16	17	0
17	17	0
18	19	0
19	19	0
20	19	0

ตารางที่ ก.9 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่กลับรอบนทางสายหลัก  
 ของทางสามแยกถนนสี่สิริตัดกับสี่สิริซอย 3 ช่วงเช้า  
 เวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
21	19	0
22	19	0
23	19	0
24	19	0
25	19	0
26	19	0
27	19	0
28	19	0
29	19	0
30	19	0



10. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ซึ่งได้แก่ รถยนต์นั่ง 4 ล้อ รถโฟล์ควิล รถปิคอัพ รถบรรทุก 4 ล้อ รถสองแถว 4 ล้อ ชูบาร์และรถตู้ ที่เกี่ยวข้องวาดัดกระแสรอบถนนสายหลัก ของทางสามแยกถนนสี่สิริตัดกับสี่สิริซอย 3 ช่วงบ่ายเวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

ตารางที่ ก.10 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่เกี่ยวข้องวาดัดกระแสรอบถนนสายหลักของทางสามแยกถนนสี่สิริตัดกับสี่สิริซอย 3 ช่วงบ่ายเวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	334
1	0	254
2	0	194
3	0	125
4	0	87
5	2	56
6	8	35
7	12	27
8	24	22
9	30	19
10	41	12
11	60	9
12	72	5
13	94	0
14	104	0
15	114	0
16	132	0
17	140	0
18	159	0
19	166	0
20	167	0
21	168	0
22	171	0
23	171	0
24	178	0

11. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ซึ่งได้แก่ รถยนต์นั่ง 4 ล้อ รถไฟวีลดี รถปิคอัพ รถบรรทุก 4 ล้อ รถสองแถว 4 ล้อ ชูบารูและรถตู้ ที่เลี้ยวซ้ายออกจากทางสายรอง ของทางสามแยกถนนสีปรีติดกับสีปรีซอย 3 ช่วงบ่ายเวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

ตารางที่ ก.11 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่เลี้ยวซ้ายออกจากทางสายรอง  
ของทางสามแยกถนนสีปรีติดกับสีปรีซอย 3 ช่วงบ่าย  
เวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	131
1	0	99
2	0	65
3	0	35
4	0	16
5	6	4
6	8	2
7	12	0
8	23	0
9	32	0
10	38	0
11	48	0
12	55	0
13	59	0
14	65	0
15	69	0
16	73	0
17	76	0

12. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ซึ่งได้แก่ รถยนต์นั่ง 4 ล้อ รถโฟล์ควิล รถปิคอัพ รถบรรทุก 4 ล้อ รถสองแถว 4 ล้อ ชูบาร์และรถตู้ ที่กลับรถบนถนนสายหลัก ของทางสามแยกถนนสีปรีตัดกับสีปรีซอย 3 ช่วงบ่ายเวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

ตารางที่ ก.12 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่กลับรถบนทางสายหลัก  
ของทางสามแยกถนนสีปรีตัดกับสีปรีซอย 3 ช่วงบ่าย  
เวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	46
1	0	43
2	0	27
3	0	20
4	0	10
5	0	8
6	1	4
7	3	3
8	3	1
9	8	1
10	8	0
11	11	0
12	14	0
13	18	0
14	20	0
15	20	0
16	23	0
17	23	0
18	24	0
19	25	0
20	25	0

13. การยอมรับช่องว่าง(Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ซึ่งได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถสามล้อเครื่อง ที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรบนถนนสายหลัก ของทางสามแยก ถนนสุรนารายณ์ ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงเช้าเวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

ตารางที่ ก.13 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรบนทางสายหลัก ของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงเช้า เวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	94
1	0	84
2	0	67
3	0	35
4	0	15
5	0	7
6	5	5
7	13	1
8	18	1
9	29	1
10	36	0
11	42	0
12	50	0
13	56	0
14	59	0
15	61	0
16	64	0
17	66	0
18	66	0
19	66	0
20	66	0

14. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ซึ่งได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถสามล้อเครื่อง ที่เลี้ยวซ้ายออกจากทางสายรอง ของทางสามแยกถนนสุนทรารายณ์ ตัดกับสุนทรารายณ์ซอย 15 ช่วงเช้าเวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

ตารางที่ ก.14 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่เลี้ยวซ้ายออกจากทางสายรอง ของทางสามแยกถนนสุนทรารายณ์ ตัดกับสุนทรารายณ์ซอย 15 ช่วงเช้า เวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	4
1	0	4
2	0	1
3	0	0
4	0	0
5	1	0
6	1	0
7	1	0
8	1	0
9	1	0
10	1	0
11	2	0
12	3	0
13	3	0
14	3	0
15	3	0
16	3	0



15. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ซึ่งได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถสามล้อเครื่องที่กั๊บลบถนนสายหลัก ของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงเช้าเวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

ตารางที่ ก.15 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่กั๊บลบถนนสายหลัก ของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงเช้า เวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	144
1	0	121
2	0	94
3	0	67
4	1	38
5	6	19
6	10	11
7	20	7
8	33	3
9	44	0
10	64	0
11	71	0
12	77	0
13	88	0
14	98	0
15	101	0
16	102	0
17	104	0
18	107	0
19	107	0
20	108	0

16. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ซึ่งได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถสามล้อเครื่อง ที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรบนถนนสายหลัก ของทางสามแยก ถนนสุรนารายณ์ ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงบ่ายเวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

ตารางที่ ก.16 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจรบนทางสายหลัก ของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงบ่าย เวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	131
1	0	99
2	0	63
3	0	43
4	0	24
5	1	10
6	5	6
7	11	4
8	21	2
9	26	1
10	34	0
11	47	0
12	52	0
13	55	0
14	58	0
15	60	0
16	62	0
17	64	0
18	65	0
19	65	0
20	65	0

17. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ซึ่งได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถสามล้อเครื่อง ที่เลี้ยวซ้ายออกจากทางสายรอง ของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงบ่ายเวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

ตารางที่ ก.17 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่เลี้ยวซ้ายออกจากทางสายรอง ของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงบ่าย เวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	11
1	0	11
2	0	6
3	0	5
4	0	3
5	0	3
6	0	2
7	0	2
8	0	2
9	1	2
10	1	1
11	2	1
12	2	0
13	4	0
14	4	0

18. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 1 ซึ่งได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถสามล้อเครื่อง ที่กลับรถบนถนนสายหลัก ของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงบ่ายเวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

ตารางที่ ก.18 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่กลับรถบนทางสายหลัก  
ของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงบ่าย  
เวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	115
1	0	93
2	0	63
3	0	41
4	1	15
5	5	5
6	11	2
7	19	2
8	30	1
9	40	1
10	45	0
11	52	0
12	55	0
13	63	0
14	65	0
15	68	0
16	70	0
17	71	0
18	71	0
19	71	0
20	72	0

19. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ซึ่งได้แก่ รถยนต์นั่ง 4 ล้อ รถไฟวีล รถปิคอัพ รถบรรทุก 4 ล้อ รถสองแถว 4 ล้อ ชูบารูและรถตู้ ที่เกี่ยวขัวตัดกระแสรอบถนนสายหลัก ของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงเช้าเวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

ตารางที่ ก.19 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่เกี่ยวข้องขัวตัดกระแสรอบถนนสายหลักของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงเช้าเวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	87
1	0	76
2	0	61
3	0	36
4	0	21
5	0	11
6	2	7
7	7	4
8	13	3
9	19	3
10	23	1
11	33	1
12	36	0
13	38	0
14	40	0
15	42	0
16	48	0
17	49	0
18	52	0
19	53	0
20	53	0

20. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ซึ่งได้แก่ รถยนต์นั่ง 4 ล้อ รถไฟวีล รถบีคอป รถบรรทุก 4 ล้อ รถสองแถว 4 ล้อ ชูบารูและรถตู้ ที่เกี่ยวซ้ายออกจากทางสายรอง ของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงเช้าเวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

ตารางที่ ก.20 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่เกี่ยวซ้ายออกจากทางสายรอง  
ของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงเช้า  
เวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	46
1	0	44
2	0	33
3	0	12
4	0	8
5	2	4
6	6	4
7	13	2
8	19	1
9	23	1
10	25	1
11	26	1
12	29	0
13	32	0
14	35	0
15	36	0
16	36	0

21. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ซึ่งได้แก่ รถยนต์นั่ง 4 ล้อ รถโฟล์ควิล รถปิคอัพ รถบรรทุก 4 ล้อ รถสองแถว 4 ล้อ ชูบาร์และรถตู้ ที่กลับรถบนถนนสายหลัก ของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงเช้าเวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

ตารางที่ ก.21 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่กลับรถบนทางสายหลัก

ของทางสามแยกถนนสี่สิริตัดกับสี่สิริซอย 3 ช่วงเช้า

เวลา 10:30 น. ถึงเวลา 11:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	113
1	0	101
2	0	81
3	0	54
4	1	27
5	3	14
6	6	9
7	14	4
8	24	1
9	30	1
10	35	0
11	44	0
12	53	0
13	58	0
14	62	0
15	66	0
16	67	0
17	70	0
18	70	0
19	70	0
20	70	0

22. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ซึ่งได้แก่ รถยนต์นั่ง 4 ล้อ รถไฟฟ้วิล รถปิคอัพ รถบรรทุก 4 ล้อ รถสองแถว 4 ล้อ ชูบารูและรถตู้ ที่เกี่ยวขวาคัดกระแสรอบถนนสายหลัก ของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงบ่ายเวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

ตารางที่ ก.22 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่เกี่ยวขวาคัดกระแสรอบถนนสายหลัก ของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงบ่าย เวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	56
1	0	45
2	0	31
3	0	21
4	0	11
5	0	10
6	1	7
7	4	6
8	8	4
9	12	4
10	15	1
11	18	0
12	21	0
13	25	0
14	25	0
15	26	0
16	27	0
17	27	0
18	28	0
19	28	0
20	28	0



23. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ซึ่งได้แก่ รถยนต์นั่ง 4 ล้อ รถไฟวีล รถบีคอป รถบรรทุก 4 ล้อ รถสองแถว 4 ล้อ ชูบารูและรถตู้ ที่เลียวซ้ายออกจากทางสายรอง ของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงบ่ายเวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

ตารางที่ ก.23 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่เลียวซ้ายออกจากทางสายรอง  
ของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงบ่าย  
เวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	56
1	0	46
2	0	28
3	0	15
4	0	4
5	1	0
6	6	0
7	10	0
8	15	0
9	22	0
10	27	0
11	33	0
12	36	0
13	37	0
14	41	0
15	42	0

24. การยอมรับช่องว่าง (Gap Acceptance) ของยานพาหนะประเภทที่ 2 ซึ่งได้แก่ รถยนต์นั่ง 4 ล้อ รถไฟวีล รถปิคอัพ รถบรรทุก 4 ล้อ รถสองแถว 4 ล้อ ชูบารูและรถตู้ที่กลับรถบนถนนสายหลัก ของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงป้ายเวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

ตารางที่ ก.24 แสดงการยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่กลับรถบนทางสายหลัก

ของทางสามแยกถนนสุรนารายณ์ ตัดกับสุรนารายณ์ซอย 15 ช่วงป้าย

เวลา 14:30 น. ถึงเวลา 15:30 น.

Length of Gap (t sec)	Number of Accepted Gaps (less than t sec)	Number of Rejected Gaps (greater than t sec)
0	0	128
1	0	103
2	0	82
3	0	59
4	0	33
5	0	16
6	3	9
7	9	5
8	19	1
9	23	1
10	27	1
11	43	1
12	53	1
13	58	0
14	60	0
15	65	0
16	67	0
17	71	0
18	72	0
19	73	0
20	73	0
21	73	0
22	73	0



ภาคผนวก ข

ตารางแสดงผลการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง Negative exponential,  
Shifted negative exponential, Erlang distribution  
และผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม (Observed)  
บริเวณทางแยกถนนสี่ปลีศรีและทางแยกถนนสุรนารายณ์

ตารางแสดงผลการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง Negative exponential, Shifted negative exponential, Erlang distribution และผลการคำนวณของข้อมูลจากภาคสนาม (Observed)

แยกสี่บศิริเช่า ช่วงที่ 1

Class Midvalue, $u_i$	Class frequency (Number of Observations in Class), $f_i$	$f_i * u_i$	Percentage of Observations in Class	Cumulative Percentage of All Observations	$f(u_i - u)^2$	$t$ (sec)	$e^{-t}$	Negative exponential	Shifted negative exponential	Erlang distribution	Observed
0.5	32	16.00	13.50	13.50	712.73	0	1.00	0.064	0.08	0.00	0.135
1.5	35	52.50	14.77	28.27	484.19	1	0.94	0.060	0.07	0.00	0.148
2.5	42	105.00	17.72	45.99	310.60	2	0.88	0.056	0.07	0.01	0.177
3.5	18	63.00	7.59	53.59	53.21	3	0.82	0.052	0.06	0.02	0.076
4.5	18	81.00	7.59	61.18	9.32	4	0.77	0.049	0.06	0.03	0.076
5.5	15	82.50	6.33	67.51	1.18	5	0.72	0.046	0.05	0.04	0.063
6.5	9	58.50	3.80	71.31	14.76	6	0.67	0.043	0.05	0.05	0.038
7.5	12	90.00	5.06	76.37	62.41	7	0.63	0.040	0.05	0.06	0.051
8.5	12	102.00	5.06	81.43	129.15	8	0.59	0.038	0.04	0.06	0.051
9.5	6	57.00	2.53	83.97	109.94	9	0.55	0.035	0.04	0.07	0.025
10.5	8	84.00	3.38	87.34	223.08	10	0.52	0.033	0.04	0.07	0.034
11.5	3	34.50	1.27	88.61	118.34	11	0.48	0.031	0.03	0.07	0.013
12.5	10	125.00	4.22	92.83	530.07	12	0.45	0.029	0.03	0.07	0.042
13.5	2	27.00	0.84	93.67	137.14	13	0.42	0.027	0.03	0.06	0.008
14.5	2	29.00	0.84	94.51	172.26	14	0.40	0.025	0.03	0.06	0.008
15.5	1	15.50	0.42	94.94	105.69	15	0.37	0.024	0.03	0.06	0.004
16.5	0	-	0.00	94.94	-	16	0.35	0.022	0.02	0.05	0.000
17.5	3	52.50	1.27	96.20	452.44	17	0.33	0.021	0.02	0.05	0.013
18.5	2	37.00	0.84	97.05	352.75	18	0.30	0.019	0.02	0.05	0.008
19.5	1	19.50	0.42	97.47	203.94	19	0.28	0.018	0.02	0.04	0.004
20.5	4	82.00	1.69	99.16	933.99	20	0.27	0.017	0.02	0.04	0.017
21.5	0	-	0.00	99.16	-	21	0.25	0.016	0.02	0.03	0.000
22.5	0	-	0.00	99.16	-	22	0.23	0.015	0.02	0.03	0.000
23.5	1	23.50	0.42	99.58	334.18	23	0.22	0.014	0.01	0.03	0.004
24.5	0	-	0.00	99.58	-	24	0.20	0.013	0.01	0.02	0.000
25.5	0	-	0.00	99.58	-	25	0.19	0.012	0.01	0.02	0.000
26.5	1	26.50	0.42	100.00	452.86	26	0.18	0.011	0.01	0.02	0.004
27.5	0	-	0.00	100.00	-	27	0.17	0.011	0.01	0.02	0.000
28.5	0	-	0.00	100.00	-	28	0.16	0.010	0.01	0.01	0.000
29.5	0	-	0.00	100.00	-	29	0.15	0.009	0.01	0.01	0.000
30.5	0	-	0.00	100.00	-	30	0.14		0.01	0.01	
<b>Total</b>	<b>237</b>	<b>1,237.00</b>	<b>99.578</b>		<b>5,451.35</b>						

$N=237$ ,  $s=4.69$ ,  $u=5.22$ ,  $\bar{t}=15.1261$ ,  $\alpha=1$ ,  $K=3.2248$ ,  $\lambda=0.2132$

## แยกสปีชีรเข้า ช่วงที่ 2

Class Midvalue, $u_i$	Class frequency (Number of Observations in Class), $f_i$	$f_i \cdot u_i$	Percentage of Observations in Class	Cumulative Percentage of All Observations	$f(u_i - \bar{u})^2$	$t$ (soc)	$e^{-t} \cdot t^t$	Negative exponential	Shifted negative exponential	Erlang distribution	Observed
0.5	35	17.50	12.96	12.96	700.61	0	1.00	0.073	0.09	0.00	0.130
1.5	58	87.00	21.48	34.44	700.01	1	0.93	0.067	0.08	0.01	0.215
2.5	48	120.00	17.78	52.22	293.81	2	0.86	0.062	0.08	0.03	0.178
3.5	25	87.50	9.26	61.48	54.32	3	0.80	0.058	0.07	0.05	0.093
4.5	19	85.50	7.04	68.52	4.27	4	0.74	0.054	0.06	0.06	0.070
5.5	8	44.00	2.96	71.48	2.21	5	0.69	0.050	0.06	0.08	0.030
6.5	7	45.50	2.59	74.07	16.30	6	0.64	0.046	0.05	0.08	0.026
7.5	11	82.50	4.07	78.15	70.18	7	0.59	0.043	0.05	0.09	0.041
8.5	9	76.50	3.33	81.48	111.89	8	0.55	0.040	0.05	0.09	0.033
9.5	5	47.50	1.85	83.33	102.42	9	0.51	0.037	0.04	0.09	0.019
10.5	6	63.00	2.22	85.56	183.22	10	0.47	0.034	0.04	0.09	0.022
11.5	10	115.00	3.70	89.26	425.88	11	0.44	0.032	0.04	0.08	0.037
12.5	3	37.50	1.11	90.37	169.92	12	0.41	0.029	0.03	0.08	0.011
13.5	4	54.00	1.48	91.85	290.77	13	0.38	0.027	0.03	0.07	0.015
14.5	5	72.50	1.85	93.70	453.72	14	0.35	0.025	0.03	0.07	0.019
15.5	2	31.00	0.74	94.44	221.59	15	0.32	0.023	0.03	0.06	0.007
16.5	4	66.00	1.48	95.93	531.39	16	0.30	0.022	0.02	0.06	0.015
17.5	2	35.00	0.74	96.67	313.80	17	0.28	0.020	0.02	0.05	0.007
18.5	5	92.50	1.85	98.52	914.75	18	0.26	0.019	0.02	0.05	0.019
19.5	1	19.50	0.37	98.89	211.00	19	0.24	0.017	0.02	0.04	0.004
20.5	2	41.00	0.74	99.63	482.11	20	0.22	0.016	0.02	0.04	0.007
21.5	0	-	0.00	99.63	-	21	0.21	0.015	0.02	0.03	0.000
22.5	1	22.50	0.37	100.00	307.16	22	0.19	0.014	0.01	0.03	0.004
23.5	0	-	0.00	100.00	-	23	0.18	0.013	0.01	0.03	0.000
24.5	0	-	0.00	100.00	-	24	0.16	0.012	0.01	0.02	0.000
25.5	0	-	0.00	100.00	-	25	0.15	0.011	0.01	0.02	0.000
26.5	0	-	0.00	100.00	-	26	0.14	0.010	0.01	0.02	0.000
27.5	0	-	0.00	100.00	-	27	0.13	0.009	0.01	0.02	0.000
28.5	0	-	0.00	100.00	-	28	0.12	0.009	0.01	0.01	0.000
29.5	0	-	0.00	100.00	-	29	0.11	0.008	0.01	0.01	0.000
30.5	0	-	0.00	100.00	-	30	0.10		0.01	0.01	
<b>Total</b>	<b>270</b>	<b>1,343.00</b>	<b>100.00</b>		<b>6,561.32</b>						

$s=4.94$ ,  $u=4.97$ ,  $\bar{t}=13.2841$ ,  $\alpha=1$ ,  $K=2.6898$ ,  $\lambda=0.2025$

## แยกสปีชีรบาย ช่วงที่ 1

Class Midvalue, $u_i$	Class frequency (Number of Observations in Class), $f_i$	$f_i \cdot u_i$	Percentage of Observations in Class	Cumulative Percentage of All Observations	$f_i(u_i-u)^2$	$t$ (sec)	$e^{u-1-t}$	Negative exponential	Shifted negative exponential	Erlang distribution	Observed
0.5	28	14.00	10.89	10.89	991.08	0	1.00	0.069	0.08	0.00	0.109
1.5	30	45.00	11.67	22.57	734.90	1	0.93	0.064	0.08	0.01	0.117
2.5	43	107.50	16.73	39.30	670.71	2	0.87	0.060	0.07	0.03	0.167
3.5	20	70.00	7.78	47.08	173.98	3	0.81	0.056	0.07	0.04	0.078
4.5	22	99.00	8.56	55.64	83.60	4	0.75	0.052	0.06	0.05	0.086
5.5	9	49.50	3.50	59.14	8.11	5	0.70	0.048	0.06	0.06	0.035
6.5	11	71.50	4.28	63.42	0.03	6	0.65	0.045	0.05	0.06	0.043
7.5	13	97.50	5.06	68.48	14.35	7	0.61	0.042	0.05	0.06	0.051
8.5	13	110.50	5.06	73.54	54.66	8	0.56	0.039	0.04	0.07	0.051
9.5	12	114.00	4.67	78.21	111.67	9	0.52	0.036	0.04	0.07	0.047
10.5	10	105.00	3.89	82.10	164.07	10	0.49	0.034	0.04	0.06	0.039
11.5	4	46.00	1.56	83.66	102.03	11	0.45	0.031	0.04	0.06	0.016
12.5	3	37.50	1.17	84.82	109.83	12	0.42	0.029	0.03	0.06	0.012
13.5	9	121.50	3.50	88.33	447.40	13	0.39	0.027	0.03	0.05	0.035
14.5	6	87.00	2.33	90.66	388.87	14	0.37	0.025	0.03	0.05	0.023
15.5	2	31.00	0.78	91.44	163.83	15	0.34	0.024	0.03	0.05	0.008
16.5	7	115.50	2.72	94.16	707.10	16	0.32	0.022	0.02	0.04	0.027
17.5	3	52.50	1.17	95.33	366.35	17	0.30	0.020	0.02	0.04	0.012
18.5	2	37.00	0.78	96.11	290.43	18	0.28	0.019	0.02	0.04	0.008
19.5	1	19.50	0.39	96.50	170.32	19	0.26	0.018	0.02	0.03	0.004
20.5	1	20.50	0.39	96.89	197.42	20	0.24	0.016	0.02	0.03	0.004
21.5	1	21.50	0.39	97.28	226.52	21	0.22	0.015	0.02	0.03	0.004
22.5	1	22.50	0.39	97.67	257.62	22	0.21	0.014	0.02	0.02	0.004
23.5	0	-	0.00	97.67	-	23	0.19	0.013	0.01	0.02	0.000
24.5	1	24.50	0.39	98.05	325.82	24	0.18	0.012	0.01	0.02	0.004
25.5	1	25.50	0.39	98.44	362.92	25	0.17	0.012	0.01	0.02	0.004
26.5	1	26.50	0.39	98.83	402.03	26	0.16	0.011	0.01	0.02	0.004
27.5	1	27.50	0.39	99.22	443.13	27	0.14	0.010	0.01	0.01	0.004
28.5	1	28.50	0.39	99.61	486.23	28	0.13	0.009	0.01	0.01	0.004
29.5	1	29.50	0.39	100.00	531.33	29	0.13	0.009	0.01	0.01	0.004
30.5	0	-	0.00	100.00	-	30	0.12		0.01	0.01	
<b>Total</b>	<b>257</b>	<b>1,657.50</b>	<b>100.00</b>		<b>8,986.34</b>						

$$s=5.92, u=6.45, \bar{t}=13.9535, \alpha=1, K=2.3551, \lambda=0.1688$$

## แยกสปีชีรบาย ช่วงที่ 2

Class Midvalue, $u_i$	Class frequency (Number of Observations in Class), $f_i$	$f_i * u_i$	Percentage of Observations in Class	Cumulative Percentage of All Observations	$f_i(u_i-u)^2$	$t$ (sec)	$e^{u-1-t}$	Negative exponential	Shi fted negative exponential	Erlang distribution	Observed
0.5	33	16.50	13.75	13.75	989.20	0	1.00	0.065	0.08	0.00	0.138
1.5	29	43.50	12.08	25.83	580.74	1	0.94	0.061	0.07	0.01	0.121
2.5	29	72.50	12.08	37.92	350.19	2	0.87	0.057	0.07	0.02	0.121
3.5	30	105.00	12.50	50.42	183.77	3	0.82	0.053	0.06	0.04	0.125
4.5	14	63.00	5.83	56.25	30.46	4	0.77	0.050	0.06	0.05	0.058
5.5	18	99.00	7.50	63.75	4.06	5	0.72	0.046	0.05	0.06	0.075
6.5	12	78.00	5.00	68.75	3.31	6	0.67	0.043	0.05	0.07	0.050
7.5	12	90.00	5.00	73.75	27.91	7	0.63	0.041	0.05	0.07	0.050
8.5	13	110.50	5.42	79.17	82.88	8	0.59	0.038	0.04	0.08	0.054
9.5	7	66.50	2.92	82.08	86.98	9	0.55	0.035	0.04	0.08	0.029
10.5	2	21.00	0.83	82.92	40.95	10	0.51	0.033	0.04	0.08	0.008
11.5	5	57.50	2.08	85.00	152.63	11	0.48	0.031	0.04	0.08	0.021
12.5	8	100.00	3.33	88.33	340.61	12	0.45	0.029	0.03	0.07	0.033
13.5	2	27.00	0.83	89.17	113.25	13	0.42	0.027	0.03	0.07	0.008
14.5	6	87.00	2.50	91.67	436.05	14	0.39	0.025	0.03	0.07	0.025
15.5	4	62.00	1.67	93.33	362.90	15	0.37	0.024	0.03	0.06	0.017
16.5	4	66.00	1.67	95.00	443.10	16	0.34	0.022	0.02	0.06	0.017
17.5	0	-	0.00	95.00	-	17	0.32	0.021	0.02	0.05	0.000
18.5	1	18.50	0.42	95.42	156.88	18	0.30	0.019	0.02	0.05	0.004
19.5	3	58.50	1.25	96.67	548.78	19	0.28	0.018	0.02	0.05	0.013
20.5	1	20.50	0.42	97.08	210.98	20	0.26	0.017	0.02	0.04	0.004
21.5	1	21.50	0.42	97.50	241.03	21	0.25	0.016	0.02	0.04	0.004
22.5	1	22.50	0.42	97.92	273.08	22	0.23	0.015	0.02	0.03	0.004
23.5	1	23.50	0.42	98.33	307.13	23	0.21	0.014	0.01	0.03	0.004
24.5	1	24.50	0.42	98.75	343.18	24	0.20	0.013	0.01	0.03	0.004
25.5	2	51.00	0.83	99.58	762.45	25	0.19	0.012	0.01	0.02	0.008
26.5	0	-	0.00	99.58	-	26	0.18	0.011	0.01	0.02	0.000
27.5	0	-	0.00	99.58	-	27	0.16	0.011	0.01	0.02	0.000
28.5	1	28.50	0.42	100.00	507.38	28	0.15	0.010	0.01	0.02	0.004
29.5	0	-	0.00	100.00	-	29	0.14	0.009	0.01	0.02	0.000
30.5	0	-	0.00	100.00	-	30	0.13		0.01	0.01	
Total	240	1,434.00	98.333		7,579.85						

$s=5.63$ ,  $u=5.98$ ,  $\bar{t}=14.9378$ ,  $\alpha=1$ ,  $K=2.6525$ ,  $\lambda=0.1776$

## แยกสูรณารายณ์เข้า ช่วงที่ 1

Class Midvalue, $u_i$	Class frequency (Number of Observations in Class), $f_i$	$f_i \cdot u_i$	Percentage of Observations in Class	Cumulative Percentage of All Observations	$f_i(u_i-u)^2$	$t$ (sec)	$e^{u-1}$	Negative exponential	Shi fied negative exponential	Erlang distribution	Observed
0.5	75	37.50	18.80	18.80	1,038.89	0	1.00	0.105	0.14	0.00	0.045
1.5	87	130.50	21.80	40.60	644.52	1	0.89	0.094	0.13	0.04	0.052
2.5	60	150.00	15.04	55.64	177.88	2	0.80	0.084	0.11	0.06	0.036
3.5	31	108.50	7.77	63.41	16.15	3	0.72	0.075	0.10	0.08	0.018
4.5	32	144.00	8.02	71.43	2.48	4	0.64	0.067	0.09	0.08	0.019
5.5	28	154.00	7.02	78.45	45.75	5	0.57	0.060	0.08	0.08	0.017
6.5	14	91.00	3.51	81.95	72.66	6	0.51	0.054	0.07	0.08	0.008
7.5	15	112.50	3.76	85.71	161.20	7	0.46	0.048	0.06	0.07	0.009
8.5	6	51.00	1.50	87.22	109.82	8	0.41	0.043	0.05	0.07	0.004
9.5	12	114.00	3.01	90.23	334.31	9	0.37	0.039	0.05	0.06	0.007
10.5	3	31.50	0.75	90.98	118.25	10	0.33	0.035	0.04	0.05	0.002
11.5	12	138.00	3.01	93.98	635.67	11	0.29	0.031	0.04	0.05	0.007
12.5	5	62.50	1.25	95.24	342.64	12	0.26	0.028	0.03	0.04	0.003
13.5	2	27.00	0.50	95.74	172.17	13	0.24	0.025	0.03	0.04	0.001
14.5	4	58.00	1.00	96.74	422.57	14	0.21	0.022	0.02	0.03	0.002
15.5	2	31.00	0.50	97.24	254.40	15	0.19	0.020	0.02	0.03	0.001
16.5	0	-	0.00	97.24	-	16	0.17	0.018	0.02	0.02	0.000
17.5	4	70.00	1.00	98.25	705.24	17	0.15	0.016	0.02	0.02	0.002
18.5	1	18.50	0.25	98.50	203.87	18	0.14	0.014	0.01	0.02	0.001
19.5	0	-	0.00	98.50	-	19	0.12	0.013	0.01	0.01	0.000
20.5	1	20.50	0.25	98.75	264.98	20	0.11	0.011	0.01	0.01	0.001
21.5	0	-	0.00	98.75	-	21	0.10	0.010	0.01	0.01	0.000
22.5	0	-	0.00	98.75	-	22	0.09	0.009	0.01	0.01	0.000
23.5	1	23.50	0.25	99.00	371.65	23	0.08	0.008	0.01	0.01	0.001
24.5	0	-	0.00	99.00	-	24	0.07	0.007	0.01	0.01	0.000
25.5	1	25.50	0.25	99.25	452.76	25	0.06	0.007	0.01	0.00	0.001
26.5	0	-	0.00	99.25	-	26	0.06	0.006	0.01	0.00	0.000
27.5	1	27.50	0.25	99.50	541.87	27	0.05	0.005	0.00	0.00	0.001
28.5	1	28.50	0.25	99.75	589.43	28	0.04	0.005	0.00	0.00	0.001
29.5	1	29.50	0.25	100.00	638.99	29	0.04	0.004	0.00	0.00	0.001
30.5	0	-	0.00	100.00	-	30	0.04		0.00	0.00	
Total	399	1,684.50	100.00		8,318.12						

$N=399$ ,  $s=4.57$ ,  $u=4.22$ ,  $\bar{t}=9.0000$ ,  $\alpha=1$ ,  $K=1.9687$ ,  $\lambda=0.2187$



## แยกสูรณารายณ์เข้า ช่วงที่ 2

Class Midvalue, $u_i$	Class frequency (Number of Observations in Class), $f_i$	$f_i \cdot u_i$	Percentage of Observations in Class	Cumulative Percentage of All Observations	$f_i(u_i-u)^2$	$t$ (sec)	$e^{-t-1}$	Negative exponential	Shi fied negative exponential	Erlang distribution	Observed
0.5	105	52.50	24.76	24.76	1,253.52	0	1.00	0.111	0.15	0.00	0.248
1.5	83	124.50	19.58	44.34	500.32	1	0.89	0.099	0.13	0.04	0.196
2.5	63	157.50	14.86	59.20	133.41	2	0.79	0.088	0.12	0.07	0.149
3.5	31	108.50	7.31	66.51	6.42	3	0.70	0.078	0.10	0.08	0.073
4.5	31	139.50	7.31	73.82	9.20	4	0.62	0.069	0.09	0.09	0.073
5.5	24	132.00	5.66	79.48	57.27	5	0.55	0.062	0.08	0.08	0.057
6.5	10	65.00	2.36	81.84	64.76	6	0.49	0.055	0.07	0.08	0.024
7.5	12	90.00	2.83	84.67	150.79	7	0.44	0.049	0.06	0.07	0.028
8.5	13	110.50	3.07	87.74	268.52	8	0.39	0.043	0.05	0.07	0.031
9.5	6	57.00	1.42	89.15	184.47	9	0.35	0.038	0.05	0.06	0.014
10.5	9	94.50	2.12	91.27	385.51	10	0.31	0.034	0.04	0.05	0.021
11.5	9	103.50	2.12	93.40	512.32	11	0.27	0.030	0.04	0.04	0.021
12.5	5	62.50	1.18	94.58	365.07	12	0.24	0.027	0.03	0.04	0.012
13.5	7	94.50	1.65	96.23	637.72	13	0.22	0.024	0.03	0.03	0.017
14.5	3	43.50	0.71	96.93	333.58	14	0.19	0.021	0.02	0.03	0.007
15.5	4	62.00	0.94	97.88	533.13	15	0.17	0.019	0.02	0.02	0.009
16.5	2	33.00	0.47	98.35	314.74	16	0.15	0.017	0.02	0.02	0.005
17.5	2	35.00	0.47	98.82	366.92	17	0.13	0.015	0.02	0.02	0.005
18.5	0	-	0.00	98.82	-	18	0.12	0.013	0.01	0.01	0.000
19.5	0	-	0.00	98.82	-	19	0.11	0.012	0.01	0.01	0.000
20.5	0	-	0.00	98.82	-	20	0.09	0.011	0.01	0.01	0.000
21.5	3	64.50	0.71	99.53	923.46	21	0.08	0.009	0.01	0.01	0.007
22.5	0	-	0.00	99.53	-	22	0.07	0.008	0.01	0.01	0.000
23.5	2	47.00	0.47	100.00	764.00	23	0.07	0.007	0.01	0.01	0.005
24.5	0	-	0.00	100.00	-	24	0.06	0.007	0.01	0.00	0.000
25.5	0	-	0.00	100.00	-	25	0.05	0.006	0.01	0.00	0.000
26.5	0	-	0.00	100.00	-	26	0.05	0.005	0.00	0.00	0.000
27.5	0	-	0.00	100.00	-	27	0.04	0.005	0.00	0.00	0.000
28.5	0	-	0.00	100.00	-	28	0.04	0.004	0.00	0.00	0.000
29.5	0	-	0.00	100.00	-	29	0.03	0.004	0.00	0.00	0.000
30.5	0	-	0.00	100.00	-	30	0.03		0.00	0.00	
<b>Total</b>	<b>424</b>	<b>1,677.00</b>	<b>100</b>		<b>7,765.15</b>						

$N=424$ ,  $s=4.28$ ,  $u=3.96$ ,  $\bar{t}=8.4706$ ,  $\alpha=1$ ,  $K=1.977$ ,  $\lambda=0.2334$

## แยกสูรณารายณ์บาย ช่วงที่ 1

Class Midvalue, $u_i$	Class frequency (Number of Observations in Class), $f_i$	$f_i \cdot u_i$	Percentage of Observations in Class	Cumulative Percentage of All Observations	$f_i(u_i-u)^2$	$t$ (sec)	$e^{u-1}$	Negative exponential	Shifted negative exponential	Erlang distribution	Observed
0.5	71	35.50	17.62	17.62	797.92	0	1.00	0.106	0.14	0.00	0.176
1.5	97	145.50	24.07	41.69	536.76	1	0.89	0.095	0.13	0.03	0.241
2.5	62	155.00	15.38	57.07	113.39	2	0.80	0.085	0.11	0.07	0.154
3.5	38	133.00	9.43	66.50	4.72	3	0.71	0.076	0.10	0.09	0.094
4.5	34	153.00	8.44	74.94	14.26	4	0.64	0.068	0.09	0.10	0.084
5.5	18	99.00	4.47	79.40	48.87	5	0.57	0.061	0.08	0.11	0.045
6.5	14	91.00	3.47	82.88	98.14	6	0.51	0.054	0.07	0.10	0.035
7.5	14	105.00	3.47	86.35	186.27	7	0.46	0.048	0.06	0.10	0.035
8.5	12	102.00	2.98	89.33	259.21	8	0.41	0.043	0.05	0.09	0.030
9.5	9	85.50	2.23	91.56	287.06	9	0.36	0.039	0.05	0.08	0.022
10.5	7	73.50	1.74	93.30	309.34	10	0.33	0.035	0.04	0.07	0.017
11.5	8	92.00	1.99	95.29	467.89	11	0.29	0.031	0.04	0.06	0.020
12.5	6	75.00	1.49	96.77	448.69	12	0.26	0.028	0.03	0.05	0.015
13.5	5	67.50	1.24	98.01	465.39	13	0.23	0.025	0.03	0.05	0.012
14.5	1	14.50	0.25	98.26	113.37	14	0.21	0.022	0.02	0.04	0.002
15.5	3	46.50	0.74	99.01	407.00	15	0.19	0.020	0.02	0.03	0.007
16.5	1	16.50	0.25	99.26	159.96	16	0.17	0.018	0.02	0.03	0.002
17.5	0	-	0.00	99.26	0.00	17	0.15	0.016	0.02	0.02	0.000
18.5	1	18.50	0.25	99.50	214.55	18	0.13	0.014	0.01	0.02	0.002
19.5	0	-	0.00	99.50	0.00	19	0.12	0.013	0.01	0.02	0.000
20.5	1	20.50	0.25	99.75	277.14	20	0.11	0.011	0.01	0.01	0.002
21.5	0	-	0.00	99.75	0.00	21	0.09	0.010	0.01	0.01	0.000
22.5	0	-	0.00	99.75	0.00	22	0.08	0.009	0.01	0.01	0.000
23.5	1	23.50	0.25	100.00	386.03	23	0.08	0.008	0.01	0.01	0.002
24.5	0	-	0.00	100.00	0.00	24	0.07	0.007	0.01	0.01	0.000
25.5	0	-	0.00	100.00	0.00	25	0.06	0.006	0.01	0.00	0.000
26.5	0	-	0.00	100.00	0.00	26	0.05	0.006	0.01	0.00	0.000
27.5	0	-	0.00	100.00	0.00	27	0.05	0.005	0.00	0.00	0.000
28.5	0	-	0.00	100.00	0.00	28	0.04	0.005	0.00	0.00	0.000
29.5	0	-	0.00	100.00	0.00	29	0.04	0.004	0.00	0.00	0.000
30.5	0	-	0.00	100.00	0.00	30	0.03		0.00	0.00	
<b>Total</b>	<b>403</b>	<b>1,552.50</b>			<b>5,595.97</b>						

$$s=3.73, u=3.85, \bar{t}=8.9109, \alpha=1, K=2.3883, \lambda=0.268$$

## แยกสูรณารายณ์บาย ช่วงที่ 2

Class Midvalue, $u_i$	Class frequency (Number of observations in class), $f_i$	$f_i * u_i$	Percentage of Observations in Class	Cumulative Percentage of All Observations	$f_i(u_i-u)^2$	$t$ (sec)	$e^{u-1-t}$	Negative exponential	Shifted negative exponential	Erlang distribution	Observed
0.5	75	37.50	19.63	19.63	676.18	0	1.00	0.101	0.13	0.00	0.196
1.5	93	139.50	24.35	43.98	372.97	1	0.90	0.091	0.12	0.03	0.243
2.5	56	140.00	14.66	58.64	56.29	2	0.81	0.082	0.11	0.06	0.147
3.5	45	157.50	11.78	70.42	0.00	3	0.73	0.073	0.09	0.10	0.118
4.5	40	180.00	10.47	80.89	39.79	4	0.65	0.066	0.08	0.12	0.105
5.5	12	66.00	3.14	84.03	47.87	5	0.59	0.059	0.07	0.13	0.031
6.5	10	65.00	2.62	86.65	89.84	6	0.53	0.053	0.07	0.13	0.026
7.5	9	67.50	2.36	89.01	143.81	7	0.47	0.048	0.06	0.13	0.024
8.5	8	68.00	2.09	91.10	199.79	8	0.43	0.043	0.05	0.12	0.021
9.5	7	66.50	1.83	92.93	251.78	9	0.38	0.039	0.05	0.11	0.018
10.5	8	84.00	2.09	95.03	391.71	10	0.35	0.035	0.04	0.10	0.021
11.5	6	69.00	1.57	96.60	383.75	11	0.31	0.031	0.04	0.09	0.016
12.5	4	50.00	1.05	97.64	323.81	12	0.28	0.028	0.03	0.08	0.010
13.5	3	40.50	0.79	98.43	299.84	13	0.25	0.025	0.03	0.07	0.008
14.5	0	-	0.00	98.43	-	14	0.23	0.023	0.03	0.06	0.000
15.5	1	15.50	0.26	98.69	143.94	15	0.20	0.020	0.02	0.05	0.003
16.5	2	33.00	0.52	99.21	337.86	16	0.18	0.018	0.02	0.04	0.005
17.5	1	17.50	0.26	99.48	195.93	17	0.16	0.017	0.02	0.03	0.003
18.5	0	-	0.00	99.48	-	18	0.15	0.015	0.02	0.03	0.000
19.5	1	19.50	0.26	99.74	255.92	19	0.13	0.013	0.01	0.02	0.003
20.5	0	-	0.00	99.74	-	20	0.12	0.012	0.01	0.02	0.000
21.5	1	21.50	0.26	100.00	323.91	21	0.11	0.011	0.01	0.01	0.003
22.5	0	-	0.00	100.00	-	22	0.10	0.010	0.01	0.01	0.000
23.5	0	-	0.00	100.00	-	23	0.09	0.009	0.01	0.01	0.000
24.5	0	-	0.00	100.00	-	24	0.08	0.008	0.01	0.01	0.000
25.5	0	-	0.00	100.00	-	25	0.07	0.007	0.01	0.01	0.000
26.5	0	-	0.00	100.00	-	26	0.06	0.006	0.01	0.01	0.000
27.5	0	-	0.00	100.00	-	27	0.06	0.006	0.01	0.00	0.000
28.5	0	-	0.00	100.00	-	28	0.05	0.005	0.00	0.00	0.000
29.5	0	-	0.00	100.00	-	29	0.05	0.005	0.00	0.00	0.000
30.5	0	-	0.00	100.00	-	30	0.04		0.00	0.00	
<b>Total</b>	<b>382</b>	<b>1,338.00</b>	<b>100.00</b>		<b>4,535.00</b>						

$s=3.45$ ,  $u=3.50$ ,  $\bar{t}=9.3995$ ,  $\alpha=1$ ,  $K=2.7244$ ,  $\lambda=0.2899$

The logo of Sakon Nakhon Rajabhat University is a large, faint watermark in the center of the page. It features a stylized figure of a person standing on a base, with a large 'S' and 'R' forming a triangular shape above. The text 'มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี' is written in a circular arc at the bottom of the logo.

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงค่าการเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time)  
บริเวณทางแยกถนนสี่บศิริและทางแยกถนนสุนทรารายณ์

ตารางที่ ค.1 การเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time) ของยานพาหนะที่เกี่ยวข้องवादัดกระแศจจร  
เข้าสู่ถนนสายรองบนทางแยกถนนสีปศิริ (ช่วงเช้า)

ลำดับที่	Follow-up time (sec)	ลำดับที่	Follow-up time (sec)	ลำดับที่	Follow-up time (sec)
1	2.87	24	3.78	47	2.75
2	1.74	25	4.32	48	1.75
3	2.57	26	2.19	49	3.49
4	4.19	27	2.11	50	3.56
5	1.57	28	3.84	51	3.24
6	1.95	29	2.92	52	3.4
7	5.79	30	2.11	53	4.62
8	2.17	31	2.68	54	1.34
9	4.69	32	2.41	55	3.94
10	2.17	33	2.96	56	2.87
11	1.21	34	1.08	57	2.9
12	2.73	35	1.44	58	2.91
13	5.79	36	4.29	59	2.43
14	4.67	37	1.09	60	4.61
15	1.5	38	4.25	61	4.87
16	9.19	39	2.13	62	2.08
17	3.77	40	4.16	63	2.04
18	3.12	41	1.91	64	3.63
19	2.5	42	2.47	65	2.14
20	2.15	43	3.06	66	2.53
21	6.41	44	2.53	67	2.73
22	1.05	45	1.81	68	3.89
23	1.49	46	2.15	69	4.82
				$\Sigma =$	<b>3.04</b>

ตารางที่ ค.2 การเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time) ของยานพาหนะที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจร  
เข้าสู่ถนนสายรองบนทางแยกถนนสีปรี (ช่วงป้าย)

ลำดับที่	Follow-up time (sec)	ลำดับที่	Follow-up time (sec)	ลำดับที่	Follow-up time (sec)	ลำดับที่	Follow-up time (sec)
1	1.32	25	6.52	49	3.45	73	2.72
2	2.67	26	4.83	50	3.62	74	2.56
3	3.14	27	4.11	51	2.14	75	2.89
4	2.11	28	3.75	52	4.89	76	7.48
5	3.86	29	2.31	53	3.75	77	5.74
6	1.55	30	4.96	54	3.16	78	3.12
7	1.67	31	4.07	55	3.88	79	3.78
8	1.78	32	1.5	56	1.05	80	3.5
9	3.97	33	2.82	57	2.89	91	3.14
10	3.82	34	2.19	58	3.43	92	2.15
11	4.67	35	1.56	59	2.69	93	2.31
12	3.14	36	1.87	60	1.86	94	4.19
13	2.94	37	4.34	61	2.93	95	2.94
14	2.76	38	1.55	62	2.87	96	1.47
15	1.25	39	1.89	63	3.72	97	2.09
16	1.51	40	3.24	64	2.91	98	4.17
17	2.47	41	1.89	65	2.41	99	2.22
18	4.92	42	2.57	66	3.06	100	4.13
19	3.51	43	2.19	67	2.88	$\Sigma =$	<b>3.01</b>
20	3.98	44	7.15	68	2.38		
21	3.57	45	2.10	69	3.79		
22	2.96	46	1.81	70	2.46		
23	2.63	47	1.67	71	2.59		
24	1.78	48	2.05	72	2.75		

ตารางที่ ค.3 การเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time) ของยานพาหนะที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนน  
สายรองเพื่อทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักบนถนนสี่ขีรี (ช่วงเช้า)

ลำดับที่	Follow-up time (sec)	ลำดับที่	Follow-up time (sec)
1	2.87	14	2.5
2	2.15	15	5.14
3	8.62	16	5.46
4	2.94	17	4.68
5	2.47	18	3.63
6	10.11	19	2.78
7	8.62	20	4.19
8	5.79	21	2.88
9	2.11	22	3.59
10	7.62	23	4.32
11	2.34	24	4.46
12	2.57	25	3.19
13	2.46	$\Sigma =$	<b>4.30</b>

ตารางที่ ค.4 การเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time) ของยานพาหนะที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนน  
สายรองเพื่อทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักบนถนนสี่ขีรี (ช่วงป่าย)

ลำดับที่	Follow-up time (sec)	ลำดับที่	Follow-up time (sec)	ลำดับที่	Follow-up time (sec)
1	2.58	21	3.08	41	2.44
2	3.96	22	4.98	42	1.38
3	3.74	23	4.11	43	3.53
4	6.71	24	4.29	44	3.88
5	2.19	25	4.88	45	5.66
6	4.75	26	7.17	46	4.92
7	5.42	27	2.22	47	2.87
8	2.73	28	3.82	48	1.95
9	1.89	29	3.51	49	1.46
10	2.81	30	3.31	50	3.94
11	1.93	31	3.24	51	1.05
12	2.86	32	3.87	52	3.97
13	2.14	33	6.14	53	2.52
14	2.97	34	2.31	54	2.09
15	3.18	35	3.15	$\Sigma =$	<b>3.45</b>
16	6.77	36	2.78		
17	3.13	37	3.13		
18	4.26	38	1.05		
19	2.86	39	6.85		
20	1.35	40	2.55		



ตารางที่ ค.5 การเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time) ของยานพาหนะที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจร  
เข้าสู่ถนนสายรองบนทางแยกถนนสุนทรารายณ์ (ช่วงเช้า)

ลำดับที่	Follow-up time (sec)	ลำดับที่	Follow-up time (sec)	ลำดับที่	Follow-up time (sec)
1	2.37	11	3.24	20	2.78
2	1.03	12	2.75	21	2.37
3	1.84	13	2.07	22	1.31
4	2.63	14	4.78	23	2.94
5	3.5	15	2.17	24	1
6	2.57	16	2.59	25	1.41
7	3.91	17	2.22	$\Sigma=$	<b>2.24</b>
9	1.25	18	2.19		
10	1.58	19	1.41		

ตารางที่ ค.6 การเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time) ของยานพาหนะที่เลี้ยวขวาตัดกระแสจราจร  
เข้าสู่ถนนสายรองบนทางแยกถนนสุนทรารายณ์ (ช่วงบ่าย)

ลำดับที่	Follow-up time (sec)	ลำดับที่	Follow-up time (sec)
1	3.05	8	2.75
2	2.19	9	1.22
3	2.68	10	2.28
4	2.69	11	4.72
5	1	12	1.46
6	1.03	13	2.06
7	1.37	$\Sigma=$	<b>2.19</b>

ตารางที่ ค.7 การเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time) ของยานพาหนะที่กลับรถในกระแสดวงจราจร  
สายหลักบนถนนสุรนารายณ์ (ช่วงเช้า)

ลำดับที่	Follow-up time (sec)	ลำดับที่	Follow-up time (sec)	ลำดับที่	Follow-up time (sec)
1	3.79	11	2.81	21	2.22
2	2.5	12	1.47	22	1.84
3	2	13	2.45	23	1.09
4	3.12	14	8.04	24	3.75
5	4.72	15	5.38	25	2.72
6	1.35	16	1.68	26	2.44
7	3.47	17	4.25	27	2.16
8	1.29	18	4.06	$\Sigma =$	2.90
9	2.93	19	3.56		
10	2.1	20	1.09		



ตารางที่ ค.8 การเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time) ของยานพาหนะที่กลับรถในกระแสดวงจราจร  
สายหลักบนถนนสุรนารายณ์ (ช่วงบาย)

ลำดับที่	Follow-up time (sec)	ลำดับที่	Follow-up time (sec)	ลำดับที่	Follow-up time (sec)
1	4.72	11	5.25	21	5.39
2	1.35	12	1.82	22	1.78
3	3.47	13	4.44	23	1.87
4	1.29	14	1.56	24	3.19
5	2.93	15	3.5	25	2.25
6	4.25	16	3.97	26	2.31
7	4.06	17	3.56	27	1.47
8	4.12	18	2.41	28	1.57
9	4.36	19	1.79	$\Sigma=$	<b>2.98</b>
10	2.53	20	2.12		

ตารางที่ ค.9 การเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time) ของยานพาหนะที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนน  
สายรองเพื่อทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสดวงจราจรสายหลัก  
บนถนนสุรนารายณ์ (ช่วงเข้า)

ลำดับที่	Follow-up time (sec)	ลำดับที่	Follow-up time (sec)	ลำดับที่	Follow-up time (sec)
1	3.12	7	2.43	13	2.43
2	2.84	8	1.19	14	2.69
3	3.88	9	5.37	15	5.59
4	1.12	10	2.34	16	2.84
5	3.78	11	1.19	17	1.72
6	3.22	12	1.4	$\Sigma=$	<b>2.77</b>

ตารางที่ ค.10 การเคลื่อนที่ตามกัน (Follow-up time) ของยานพาหนะที่เลี้ยงซ้ายออกมาจากถนน  
สายรองเพื่อทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลัก  
บนถนนสุรนารายณ์ (ช่วงบาย)

ลำดับที่	Follow-up time (sec)	ลำดับที่	Follow-up time (sec)	ลำดับที่	Follow-up time (sec)
1	3.19	12	4.1	23	1.72
2	2.9	13	1.56	24	2.81
3	2.47	14	3.28	25	2.31
4	4.07	15	2.03	26	1.32
5	3.31	16	3	27	1.34
6	2	17	7.31	28	2.35
7	3.81	18	1.31	29	2.56
8	2.5	19	2.25	30	2.81
9	1.34	20	4.11	31	2.44
10	1.25	21	8.09	32	3.22
11	2.85	22	3.1	33	4.53
				$\Sigma =$	<b>2.95</b>



ภาคผนวก ง

บทความวิชาการที่ตีพิมพ์เผยแพร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## บทความวิชาการที่ตีพิมพ์เผยแพร่

วิลาสินี เป้าน้อย และ ศิรคณ ศิริธร (2555). พฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะ บริเวณทางแยกในพื้นที่เขตเทศบาลนครราชสีมา. การประชุมวิชาการ การขนส่ง แห่งชาติครั้งที่ 8 การขับเคลื่อนไม่หยุดยั้งของการพัฒนาการขนส่งไทย 15 - 16 มีนาคม 2555



การประชุมวิชาการ การขนส่งแห่งชาติครั้งที่ 8

การขับเคลื่อนไม่หยุดยั้งของการพัฒนาระบบขนส่งไทย



(NTC8-075)

พฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะ บริเวณทางแยกในพื้นที่เขตเทศบาลนคร  
นครราชสีมา

GAP ACCEPTANCE BEHAVIOR AT INTERSECTIONS IN NAKHON RATCHASIMA  
MUNICIPALITY AREA

วิลาลินี เป้าน้อย (Wilasinee Poanoi)<sup>1</sup>

ทิวศล ศิริขจร (Siradol Siridhara)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>นักศึกษานิเทศศาสตร์, สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

, Email: [wilasineep@hotmail.com](mailto:wilasineep@hotmail.com)

<sup>2</sup>อาจารย์ ดร., สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

, Email: [siradol74@yahoo.com](mailto:siradol74@yahoo.com)

**บทคัดย่อ:**

การตัดสินใจยอมรับช่องว่างเพื่อเลี้ยวตัดกระแสจราจรมีผลต่อความปลอดภัยของการเคลื่อนที่ในทิศทางนั้นๆ และมีผลต่อการตัดสินใจคิดตั้งอุปกรณ์ควบคุมหรือสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก งานวิจัยพฤติกรรมยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อต้องการวิเคราะห์หาค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) ของผู้ขับขี่ยานพาหนะประเภทต่างๆ ซึ่งแบ่งออกเป็นสองประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ รถจักรยานยนต์ และรถยนต์นั่ง 4 ล้ออื่นๆ บริเวณทางแยกในพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมา และวิเคราะห์การกระจายตัวของช่องว่างสัมพันธ์กับอัตราการไหลของกระแสจราจรหลัก โดยเปรียบเทียบทฤษฎีการกระจายตัวแบบ negative exponential กับการกระจายตัวของช่องว่างในสถานการณ์จริง จากกรณีศึกษาพบว่าค่าช่องว่างวิกฤติสำหรับการเลี้ยวขวาจากทางหลักเข้าซอยอยู่ในช่วง 6 ถึง 9 วินาที ค่าช่องว่างวิกฤติสำหรับการกลับรถบนทางหลักมีค่าระหว่าง 5 ถึง 9 วินาที และ ค่าช่องว่างวิกฤติสำหรับการเลี้ยวซ้ายออกจากซอยมีค่าระหว่าง 4 ถึง 10 วินาที และค่าความแปรปรวนของช่องว่างลดลงเมื่อปริมาณการไหลของกระแสจราจรเพิ่มขึ้น ข้อมูลปริมาณช่องว่างที่สามารถใช้ได้และเวลาในการเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะเหล่านี้จะได้นำมาคำนวณความปลอดภัยของการเคลื่อนที่ในทิศทางต่างๆ ในลำดับต่อไป

**คำสำคัญ:** การยอมรับช่องว่าง, การปฏิเสธช่องว่าง, ช่องว่างวิกฤติ, การกระจายตัวของช่องว่าง, ความปลอดภัยของการเลี้ยว

*The 8th National Transport Conference: NTC8*

*Infinite Motive of Thai Transport Development*

*15-16 March 2012*

## การประชุมวิชาการ การขนส่งแห่งชาติครั้งที่ 8

การขับเคลื่อนไม่หยุดยั้งของการพัฒนาระบบขนส่งไทย



### ABSTRACT:

The gap acceptance behavior affected the capacity of traffic flow and the decision to install a traffic control device at an intersection. The main objective of the gap acceptance behavior study was to determine critical gaps of two types of vehicles roughly classified into two categories: motorcycles and passenger cars and four-wheeled vehicles at intersection in Nakhon Ratchasima municipality area. Gap distribution was also analyzed in relationship with different levels of mainstream flow on the major road. The analysis compared theoretical Negative Exponential distribution with the observed distribution. The analysis showed that the critical gaps for right-turn movement from the main road were in the range gap of 6 to 9 seconds, the critical gaps of u-turn on the main road ranged between 5 to 9 seconds, and the critical gaps for left-turn out of the minor street ranged between 4 to 10 seconds. The variance of the gap decrease when the traffic flow increased. These data regarding gap acceptance and follow-up time will be used to determine the capacity of turning movements in the next stage.

**KEYWORDS:** Accepted gap, Rejected gap, Critical gap, Gap distribution, Turning capacity

### 1. บทนำ

ในปัจจุบันความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการพัฒนาเทคโนโลยีเป็นไปอย่างรวดเร็วทำให้ประชาชนมีความสามารถครอบครองรถยนต์ส่วนบุคคลสมรรถนะสูงในราคาที่สามารถจ่ายได้ เป็นเหตุให้ปริมาณจราจรเพิ่มสูงขึ้นในเส้นทางสายต่างๆ อย่างรวดเร็วรวมทั้งระดับความเร็วของรถที่เพิ่มขึ้นทุกปี สิ่งเหล่านี้ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดอันตราย ณ จุดตัดทางแยกหลายแห่ง ไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยในการออกแบบที่สอดคล้องกับสภาพการณ์ในปัจจุบัน ซึ่งลักษณะของอุบัติเหตุที่ทางแยกเหล่านี้มักจะเป็นอุบัติเหตุร้ายแรง เนื่องจากมักเป็นการชนกันในรูปแบบปะทะที่ใกล้เต็มมุมฉากที่มีความรุนแรงถึงชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางแยกที่ไม่มีการควบคุมโดยสัญญาณไฟ ในกรณีดังกล่าวผู้ขับขี่จะตัดสินใจหรือขับรถออกตัวผ่านกระแสดูจร โดยอาศัยเพียงการกะประมาณระยะของรถในกระแสดูจรที่ขัดแย้งและประสบการณ์ในการขับขี่ของแต่ละบุคคล

สาเหตุเริ่มต้นของอุบัติเหตุที่ทางแยกอาจเกิดจากสองปัจจัย ได้แก่ ความคิดพลาดในการประมาณช่องว่างระหว่างรถในกระแสดูจรที่ไม่สัมพันธ์กับความสามารถในการออกตัวของรถ หรือความสามารถในการขับขี่ และความหุนหันพลันแล่นที่จะต้องใช้เวลาในการรอนานเนื่องจากไม่มีช่องว่างที่เหมาะสมในกระแสดูจรหลักที่รถจะสามารถเข้าร่วมได้ สาเหตุแรกเป็นเรื่องของ

ความสามารถในการรับรู้และตอบสนองของแต่ละบุคคล ส่วนสาเหตุที่สองเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากการพิจารณาเลือกอุปกรณ์ควบคุมทางแยกที่ไม่เหมาะสม จึงไม่สามารถให้บริการแก่รถในทางสายรองได้อย่างเพียงพอในหลายประเทศที่มีมาตรฐานการออกแบบการควบคุมทางแยก โดยอ้างอิงจากความปลอดภัยเป็นหลักจะมีคู่มือแสดงข้อกำหนดในการพิจารณาใช้ป้ายเตือนป้ายให้ทาง ป้ายหยุดและสัญญาณไฟประเภทต่างๆ รวมทั้งสัญญาณคนข้ามถนน ขณะที่ในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีข้อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานที่ชัดเจนในการพิจารณาคัดตั้งสัญญาณไฟที่อ้างอิงกับช่องว่างและการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่

แม้ว่าจะมีการประยุกต์นำมาตรฐานบางข้อของสหรัฐอเมริกามาใช้แต่ก็ไม่ได้มีการปฏิบัติอย่างเคร่งครัดและพฤติกรรมรถและการยอมรับช่องว่างของประเทศไทยอาจแตกต่างจากประเทศสหรัฐอเมริกาเนื่องจากลักษณะนิสัยในการขับขี่และสภาพแวดล้อมทางสังคมที่แตกต่างกัน การศึกษาเกี่ยวกับช่องว่างและการยอมรับช่องว่างจึงเป็นบันไดสำคัญที่สามารถนำไปสู่ข้อสรุปในการพิจารณาคัดตั้งสัญญาณไฟจราจรเพื่อความปลอดภัยและให้สอดคล้องกับพฤติกรรมรถของผู้ขับขี่ของคนไทยได้ในลำดับต่อไป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมรถยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ในเขตเทศบาลนครราชสีมา โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

*The 8th National Transport Conference: NTC8*

*Infinite Motive of Thai Transport Development*

*15-16 March 2012*



## การประชุมวิชาการ การขนส่งแห่งชาติครั้งที่ 8

### การขับเคลื่อนโมเดลยังงของการพัฒนาการขนส่งไทย



1. การยอมรับช่องว่างของการเดินขบวนคักระแสรองทางสายหลัก

2. การยอมรับช่องว่างของการเดินขบวนออกจากทางสายรอง

3. การยอมรับช่องว่างของการกลับรถบนถนนสายหลัก และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการกระจายตัวของขนาดช่องว่างระหว่างรถและอัตราการไหลบริเวณทางแยก

ขอบเขตของงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาในพื้นที่เขตเทศบาลนครราชสีมา ประเภทยานพาหนะที่ทำการศึกษาคือ รถจักรยานยนต์ รถยนต์นั่ง 4 ล้ออื่นๆ

## 2. ทฤษฎีและการทบทวนผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ลักษณะการมาถึงของจราจรและการกระจายตัวของช่องว่าง

ลักษณะการมาถึงของรถมีการแจกแจงแตกต่างกันไปตามปริมาณจราจร Drew [1] แสดงให้เห็นว่าอธิบายการกระจายตัวของ headway ในกระแสจราจรทั่วไป โดยใช้รูปแบบพิเศษของ Pearson Type III distribution ที่เรียกว่า Erlang distribution โดยมีรูปของสมการดังนี้

$$f(t) = \frac{(at)^{a-1}}{(a-1)!} e^{-at} \quad a = 1, 2, \dots \quad (1)$$

โดยที่

$f(t)$  คือ ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

$e$  คือ ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 2.71828

$a$  คือ ปริมาณการไหลของกระแสจราจร

$t$  คือ time headway มีหน่วยเป็น วินาที

$a$  คือ ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณการไหลของกระแสจราจร

May [2] แสดงขอบเขตบนและล่างของลักษณะการมาถึงของยานพาหนะ ได้แก่ กรณีกระแสจราจรเบาบาง และกรณีที่กระแสจราจรหนาแน่น กรณีที่กระแสจราจรเบาบาง การมาถึงของรถจะเป็นแบบสุ่ม (Random arrival) และมีกระจายตัว

แบบปัวซอง (Poisson distribution) โดยมีระยะเวลาระหว่างการมาถึงหรือ time headway ที่กระจายตัวแบบ negative exponential โดย Poisson distribution อยู่ในรูปแบบดังต่อไปนี้

$$P(x) = \frac{m^x e^{-m}}{x!} \quad (2)$$

โดยที่

$P(x)$  คือ ความน่าจะเป็นของยานพาหนะ  $x$  ที่มาถึงในช่วงเวลา  $t$

$m$  คือ จำนวนยานพาหนะ โดยเฉลี่ยที่มามีถึงในช่วงเวลา  $t$

$x$  คือ จำนวนยานพาหนะที่มามีถึงในช่วงเวลา  $t$

$e$  คือ ค่าคงที่

$t$  คือ ช่วงเวลาที่นำมาพิจารณา

### 2.2 ช่องว่างวิกฤติ (Critical Gap) และการยอมรับช่องว่าง

(Gap Acceptance)

ยานพาหนะที่จะทำการแทรกตัวเข้าร่วมกระแสจราจรสายหลัก (merge) จะต้องประเมินว่าช่องว่าง (gap) ระหว่างยานพาหนะมีความกว้างมากพอที่สามารถรองรับการ merge ได้หรือไม่ (ยอมรับ gap) โดยการตัดสินใจเลือกเข้าร่วมกระแสจราจรในช่องว่างหนึ่งเรียกว่า Gap Acceptance

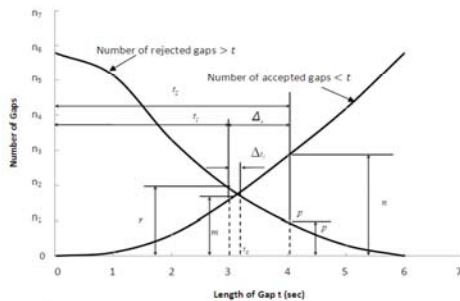
จากที่ได้ทำการศึกษาพบว่า Drew [1] ได้จำแนกการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักหรือการ merge ออกเป็น 2 แบบคือ

1. Ideal merge คือ การที่ยานพาหนะในกระแสจราจรสายรองได้ทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักแล้วไม่ทำให้ยานพาหนะที่เคลื่อนที่อยู่บนกระแสจราจรสายหลักต้องเปลี่ยนแปลงตามเร็วหรือเปลี่ยนแปลงช่องทางในการเคลื่อนที่

2. Force merge คือ การที่ยานพาหนะในกระแสจราจรสายรองได้ทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรสายหลักแล้วทำให้ยานพาหนะที่เคลื่อนที่อยู่บนกระแสจราจรสายหลักต้องเปลี่ยนแปลงตามเร็วหรือเปลี่ยนแปลงช่องทางในการเคลื่อนที่



ช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) คือ ช่องว่างหรือความยาวของ Gap ที่น้อยที่สุดโดยเฉลี่ยที่รถตัดสินใจใช้ในการเข้าร่วมกระแสจราจร Raff [3] ได้กำหนดให้ critical gap เป็น gap ที่มีจำนวน accepted gap ที่สั้นกว่า เท่ากับจำนวน rejected gap ที่ยาวกว่า Critical gap สามารถหาได้จากกราฟพล็อตกราฟหรือการคำนวณโดยวิธีการกราฟ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟที่แสดงการกระจายตัวที่เหมาะสมของการยอมรับและการปฏิเสธช่องว่าง

จากภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่าแนวแกน X ของกราฟแสดงค่าขนาดของช่องว่าง  $t$  วินาที แกน Y แสดงค่าจำนวนของช่องว่าง  $\Delta t$  คือการเพิ่มขึ้นของเวลาเพื่อนำมาใช้วิเคราะห์หาค่าช่องว่างและค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gap) จะอยู่ระหว่าง ค่า  $t_1$  และ ค่า  $t_2$  โดยที่ค่า

$$t_2 = t_1 + \Delta t \tag{3}$$

สมมติให้เส้นโค้งที่ตัดกันอยู่ระหว่าง  $t_1$  และ  $t_2$  เป็นจุดที่เกิดช่องว่างวิกฤติบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษานั้นจึงสามารถคำนวณหาค่า ช่องว่างวิกฤติ (Critical Gap) ได้ดังนี้

$$t_c = t_1 + \frac{\Delta t(r - m)}{(n - p) + (r - m)} \tag{4}$$

โดยที่

$m$  คือ จำนวนของการยอมรับช่องว่างที่สั้นกว่า  $t_1$

$r$  คือ จำนวนของการปฏิเสธช่องว่างที่ยาวกว่า  $t_1$   
 $n$  คือ จำนวนของการยอมรับช่องว่างที่สั้นกว่า  $t_2$   
 $p$  คือ จำนวนของการปฏิเสธช่องว่างที่ยาวกว่า  $t_2$   
 $t_c$  คือ ช่องว่างวิกฤติ (วินาที)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง JOEL L. HOROWITZ [4] ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินปัจจัยทางสถิติของแบบจำลองการยอมรับช่องว่างของ Daganzo โดยแบบจำลองประกอบด้วยตัวแปรคงที่หลายตัวแปร ที่ซึ่งถูกประมาณโดยใช้หลักการทางสถิติจากการเก็บข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขี่ซึ่งตัวเลขแต่ในทางตรงกันข้ามไม่ได้ทำวิธีการของความต่อเนื่อง ดังนั้นวิธีการของความเป็นไปได้สูงสุดจึงคิดว่าวิธีการประมาณสำหรับแบบจำลองนี้

J. L. Gattis, et al [5] ศึกษาเรื่องการยอมรับช่องว่างบริเวณทางแยกที่มีการควบคุมที่ไม่ได้มาตรฐาน โดยผสมผสานประยุกต์ใช้หลักทฤษฎีของ Sieglösch, Greenshields, Raff, acceptance curve และ logit methods ซึ่งผลการวิจัยสามารถหาค่าช่องว่างวิกฤติของรถที่กระแสดร, เลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาเท่ากับ 3.6, 6 และ 7.8 วินาที

Moshe A, et al. [6] ศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการตัดสินใจสำหรับช่องว่างที่สามารถยอมรับได้ของผู้ขับขี่ที่รอการแทรกตัวบนทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟ โดยแบ่งพฤติกรรมผู้ขับขี่ออกเป็นสองประเภทคือผู้ขับขี่ที่รักในการเสี่ยงและผู้ที่ไม่ชอบเสี่ยงโดยใช้ทฤษฎีการแจกแจงแบบ Poisson, Exponential distribution และ logistic regression ผลการวิจัยสรุปได้ว่าทางแยกที่มีผู้ขับขี่ยานพาหนะที่รักในความเสี่ยงจะมีปริมาณความจุของกระแสจราจรมากกว่าทางแยกที่มีผู้รักในความเสี่ยงน้อยเนื่องจากผู้ที่ชอบในความเสี่ยงจะตัดสินใจที่จะทำการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรได้แม้ว่าช่องว่างนั้นจะมีขนาดเล็กก็ตาม

Jorge Jorge Rivera Rodriguez [7] ศึกษาและวิเคราะห์การจราจรบริเวณทางแยกของเมืองเปอร์โตริโก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเวลาของช่องว่างวิกฤติโดยผลจากการศึกษาวิจัยพบว่าร้อยละ 55.5 ของผู้ขับขี่ยานพาหนะจะยอมรับ

## การประชุมวิชาการ การขนส่งแห่งชาติครั้งที่ 8

### การขับเคลื่อนโมเดลยังของการพัฒนาการขนส่งไทย



Ci Yusheng, et al.[8] ศึกษารูปแบบการยอมรับช่องว่างสำหรับทางแยกของทางหลวงในเขตเมืองของประเทศจีน โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงแบบ Weibull (Weibull distribution function) ซึ่งผลการวิจัยพบว่าเวลาระหว่างยานพาหนะวิกฤติของรถที่รอแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจร โดยเฉลี่ยเท่ากับ 2.92 วินาที

Sun Yon Hwang [9] ศึกษารูปแบบพฤติกรรมยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ในการแทรกตัวเข้าสู่กระแสจราจรของถนนทางหลวง โดยนำหลักทฤษฎี Probit model มาใช้ในการวิเคราะห์หาพฤติกรรมยอมรับช่องว่างในการแทรกตัวของยานพาหนะที่กำลังเปลี่ยนช่องจราจรบนทางหลวงและใช้โปรแกรม LIMDEP 7.0 ในการประมวลผล ซึ่งผลการศึกษาวิจัยผู้ขับขี่ยานพาหนะช่วงที่มีปริมาณจราจรปานกลางจะยอมรับช่องว่างมีขนาดความห่างระหว่างยานพาหนะเท่ากับ 32.70 เมตร ไม่ยอมรับช่องว่างที่มีขนาดความห่างระหว่างยานพาหนะเท่ากับ 20.41 เมตร ช่วงเวลาที่การจราจรมีความหนาแน่นแออัดหรือชั่วโมงเร่งด่วน ผู้ขับขี่ยานพาหนะช่วงที่มีปริมาณจราจรปานกลางจะยอมรับช่องว่างมีขนาดความห่างระหว่างยานพาหนะเท่ากับ 28.71 เมตร ไม่ยอมรับช่องว่างที่มีขนาดความห่างระหว่างยานพาหนะเท่ากับ 19.19 เมตร

### 3. วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 พื้นที่ศึกษา

จากการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดพื้นที่ศึกษาในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาเนื่องจากทางแยกที่ทำการศึกษามีทางแยกที่มีขนาดใหญ่ มีจำนวนช่องจราจรสองช่องจราจรต่อหนึ่งทิศทาง มีเกาะกลางถนนแบ่งช่องจราจรในแต่ละทิศทางชัดเจน ไม่มีสัญญาณไฟจราจร มีปริมาณจราจรปานกลางไม่หนาแน่นมากเกินไปจนเกิดการติดขัดหรือการเข้าร่วมกระแสจราจรแบบบังคับ (Forced Cut or Forced Merge) และไม่มีปริมาณจราจรน้อยเกินไปจนไม่สามารถวิเคราะห์การปฏิเสธช่องว่าง (Gap

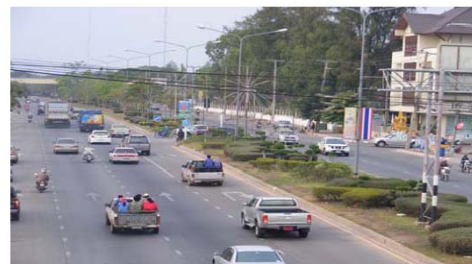
Rejection) ได้ ซึ่งกำหนดทางแยกที่ทำการศึกษาวิจัยออกเป็น 2 ทางแยก ดังนี้

#### 1. ทางแยกถนนสีปรีตัดกับสีปรีซอย 3



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะทางกายภาพของทางแยกถนนสีปรี

#### 2. ทางแยกถนนสุรนารายณ์ตัดกับถนนเจนจบทิศ



ภาพที่ 4 แสดงลักษณะทางกายภาพของทางแยกถนนสุรนารายณ์

#### 3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลด้วยกล้องวิดีโอ โดยเก็บบันทึกวิดีโอไปยังบริเวณทางสามแยกที่สามารถมองเห็นพฤติกรรมยอมรับช่องว่างของยานพาหนะที่เคลื่อนที่ผ่านบริเวณทางแยกที่ทำการวิเคราะห์ทั้ง 3 ประเภท เก็บข้อมูลในช่วงเช้าเวลา 10:30-11:30 น. และช่วงบ่ายเวลา 14:30-15:30 น. เป็นเวลา 3 วันคือ วันอังคาร, พุธ และพฤหัสบดี โดยทำการตั้งกล้องบันทึกภาพวิดีโอไปยังจุดที่ต้องการศึกษาสามารถมองเห็นพฤติกรรมยอมรับช่องว่างได้อย่างชัดเจน ไม่มีสิ่งกีดขวางสามารถนำข้อมูลที่ต้องการมาวิเคราะห์ได้ครบถ้วน หลังจากนั้นทำการถอดข้อมูลและเกี่ยวกับ

## การประชุมวิชาการ การขนส่งแห่งชาติครั้งที่ 8

## การขับเคลื่อนโมเดลธุรกิจของการพัฒนาระบบรางไทย



ช่องว่างวิกฤติของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เฉลี่ยเท่ากับ 7.58 วินาที ค่าช่องว่างวิกฤติของผู้ขับขี่รถยนต์ 4 ล้อเฉลี่ยเท่ากับ 8.63 วินาที การเลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองค่าช่องว่างวิกฤติของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เฉลี่ยเท่ากับ 5.21 วินาที ค่าช่องว่างวิกฤติของผู้ขับขี่รถยนต์ 4 ล้อเฉลี่ยเท่ากับ 5.37 วินาที และการกลับรถบนถนนสายหลักค่าช่องว่างวิกฤติของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เฉลี่ยเท่ากับ 7.25 วินาที ค่าช่องว่างวิกฤติของผู้ขับขี่รถยนต์ 4 ล้อเฉลี่ยเท่ากับ 7.00 วินาที

## 4. การวิเคราะห์และสรุปผล

การวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมการยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่ยานพาหนะบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษาวิจัย โดยใช้ข้อมูลที่ได้ออกจากการบันทึกภาพวิดีโอ ซึ่งนำข้อมูลช่องว่างที่ยอมรับ (Accepted gaps), ช่องว่างที่ปฏิเสธ (Rejected gaps) และปริมาณการจราจรในแต่ละทางแยกของรถแต่ละชนิด แต่ละประเภทการเลี้ยวवादัดกระแสรอบทางสายหลัก, การยอมรับช่องว่างของการเลี้ยวซ้ายออกจากทางสายรองและการยอมรับช่องว่างของการกลับรถบนถนนสายหลักสามารถคำนวณหาค่าช่องว่างวิกฤติ (Critical gaps) ได้ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติของทางแยกสี่ขี

ประเภท ยานพาหนะ	ช่วงเวลา	ลักษณะการเลี้ยวตัดกระแสรถ		
		เลี้ยวขวา เข้าสู่ ถนนสาย รอง (วินาที)	เลี้ยวซ้าย ออกจาก ถนนสาย รอง (วินาที)	กลับรถ บนถนน สายหลัก (วินาที)
จักรยานยนต์	เช้า	7.90	5.67	9.00
	บ่าย	7.25	4.75	5.50
ค่าช่องว่างวิกฤติโดยเฉลี่ย		7.58	5.21	7.25
รถยนต์ 4 ล้อ	เช้า	9.38	6.00	7.00
	บ่าย	7.88	4.73	7.00
ค่าช่องว่างวิกฤติโดยเฉลี่ย		8.63	5.37	7.00

จากตารางที่ 1 สรุปได้ว่า ค่าช่องว่างวิกฤติของทางแยกสี่ขีของการเลี้ยวवादัดกระแสรถเข้าสู่ถนนสายรองค่า

The 8th National Transport Conference: NTC8

Infinite Motive of Thai Transport Development

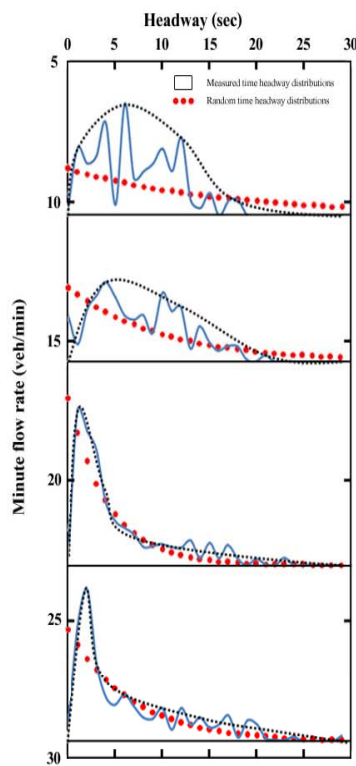
ตารางที่ 2 แสดงค่าช่องว่างวิกฤติของทางแยกสุรนารายณ์

ประเภท ยานพาหนะ	ช่วงเวลา	ลักษณะการเลี้ยวตัดกระแสรถ		
		เลี้ยว ขวาเข้าสู่ ถนนสาย รอง (วินาที)	เลี้ยวซ้าย ออกจาก รอง (วินาที)	กลับรถ บนถนน สายหลัก (วินาที)
จักรยานยนต์	เช้า	6.00	4.00	6.07
	บ่าย	6.14	10.00	5.00
ค่าช่องว่างวิกฤติโดยเฉลี่ย		6.07	7.00	5.54
รถยนต์ 4 ล้อ	เช้า	6.63	5.50	6.23
	บ่าย	7.33	4.80	6.60
ค่าช่องว่างวิกฤติโดยเฉลี่ย		6.98	5.15	6.42

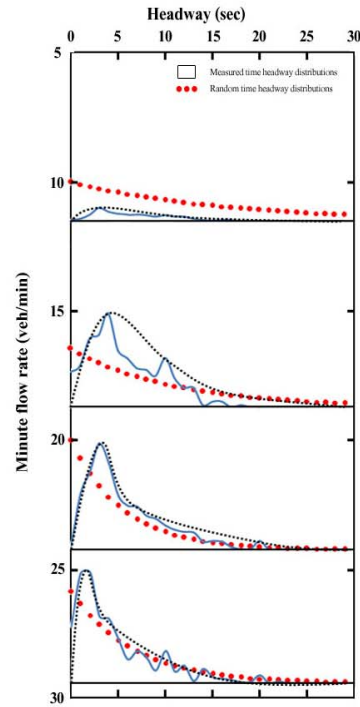
จากตารางที่ 2 สรุปได้ว่า ค่าช่องว่างวิกฤติของทางแยกสุรนารายณ์ การเลี้ยวवादัดกระแสรถเข้าสู่ถนนสายรองค่าช่องว่างวิกฤติของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เฉลี่ยเท่ากับ 6.07 วินาที ค่าช่องว่างวิกฤติของผู้ขับขี่รถยนต์ 4 ล้อเฉลี่ยเท่ากับ 6.98 วินาที การเลี้ยวซ้ายออกจากถนนสายรองค่าช่องว่างวิกฤติของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เฉลี่ยเท่ากับ 7.00 วินาที ค่าช่องว่างวิกฤติของผู้ขับขี่รถยนต์ 4 ล้อเฉลี่ยเท่ากับ 5.15 วินาที และการกลับรถบนถนนสายหลักค่าช่องว่างวิกฤติของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เฉลี่ยเท่ากับ 5.54 วินาที ค่าช่องว่างวิกฤติของผู้ขับขี่รถยนต์ 4 ล้อเฉลี่ยเท่ากับ 6.42 วินาที

ตามทฤษฎีพื้นฐานการไหล ระยะห่างระหว่างรถในหนึ่งช่องจราจร จะมีการกระจายตัวแบบ Negative exponential,

15-16 March 2012



ภาพที่ 5 แสดงลักษณะการกระจายตัวของระยะเวลาห่าง  
 ยานพาหนะของทางแยกถนนสีปรี



ภาพที่ 6 แสดงลักษณะการกระจายตัวของระยะเวลาห่าง  
 ยานพาหนะของทางแยกถนนสุรนารายณ์

ภาพที่ 5 และภาพที่ 6 แสดงลักษณะการกระจายตัวของ  
 ระยะเวลาห่างยานพาหนะจากข้อมูลที่สังเกตได้ กับการ  
 กระจายตัวตามทฤษฎี โดยจะสังเกตได้ว่า ในกระแสจราจรเบาบาง  
 ตั้งแต่ 10 - 15 คันต่อนาที (600 - 900 คันต่อชม.) การกระจายตัว  
 ของระยะห่างไม่ได้เป็นไปตามโค้ง Negative exponential  
 distribution อย่างชัดเจน แต่เมื่อปริมาณจราจรมีความหนาแน่น  
 เพิ่มขึ้นเป็น 20 - 25 คันต่อนาที (1,200 - 1,500 คันต่อชั่วโมง) จะ  
 เห็นลักษณะ โค้งทั้งสองใกล้เคียงกันมากขึ้น

จากการศึกษาพฤติกรรม การยอมรับช่องว่างของผู้ขับขี่  
 ยานพาหนะนี้ยังสามารถศึกษาเกี่ยวกับลักษณะการขับเคลื่อนตาม  
 กันของยานพาหนะ (Follow up time) ได้ หากช่องว่างที่เกิดขึ้นมี  
 ขนาดความกว้างมากพอที่จะให้ผู้ขับขี่ยานพาหนะที่เคลื่อนที่

การประชุมวิชาการ การขนส่งแห่งชาติครั้งที่ 8  
การขับเคลื่อนไทยยุคใหม่ของการพัฒนาการขนส่งไทย



### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.ศิริศร ศิริธร ผู้ที่ให้คำปรึกษาแนะนำเกี่ยวกับหลักการด้านการจราจร, ทฤษฎีการยอมรับช่องว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัยและบิดามารดาผู้ให้กำเนิด ให้กำลังใจ สนับสนุน ส่งเสริมด้านการศึกษามาโดยตลอด

### เอกสารอ้างอิง

1. Drew D R, Traffic Flow Theory and Control, Chapter 9, McGraw - Hill Inc., June 1968.
2. May, A D, Traffic Flow Fundamentals, Prentice Hall, December 1989.
3. Rafi, M S, and Hart J W, "A Volume Warrant for Urban Stop Signs", the Eno Foundation for Highway Traffic Control, Saugatuck, Connecticut, 1950.
4. JOEL L. HOROWITZ, "Statistical Estimation of The Parameters of Daganzo's Acceptance Model", U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC 20460, U.S.A., 1981.
5. J.L GATTIS and SONNY T. LOW, "Gap Acceptance at Non-Standard Stop-Controlled Intersections", MBTC FR 1059, 1998.

6. Moshe A. Pollatschek, Abishai Polus, Moshe Livneh, "A Decision Model for Gap Acceptance and Capacity At Intersections", Transportation Research Part B, 2002, p.649-663.
7. Rodriguez, J J R, "Gap Acceptance Studies and Critical Gap Times for Two-Way Stop Controlled Intersections in the Mayaguez Area", Project Masters Of Engineering in Civil Engineering, University of Puerto Rico, Mayaguez Campus, 2006.
8. Ci Yusheng, WU Lina, PEI Yulong, LING Xianzhang, "Gap Acceptance Capacity Model for On-Ramp Junction of Urban Freeway", Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2009, p.116-119.
9. Sun Yon Hwang, "Modeling of The Gap Acceptance Behavior At Merging Section of Urban Freeway", The Eastern Asia Society For Transportation Studies, 2005, p.1641-1656.

### เกี่ยวกับผู้เขียน

	<p><b>อ.ดร. ศิริศร ศิริธร</b></p> <p>อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี</p>
	<p><b>นางสาววิลานี เป้าน้อย</b></p> <p>นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรม ขนส่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี</p>

## ประวัติผู้เขียน

นางสาววิลาสินี เป่าน้อย เกิดเมื่อวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2527 ที่อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น เริ่มเข้ารับการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้นและประถมศึกษาตอนปลายในปีการศึกษา 2534 ที่โรงเรียนบ้านบ้านปะหลาน อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม เข้ารับการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลายในปีการศึกษา 2540 ที่โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมขนส่ง) สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปี พ.ศ. 2552 และได้ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

