

พฤติกรรมและการจำลองคณาจารย์บนส่วนตัดกระแศจารย์ของทางพิเศษ



นายชาญชัย อัครวรกุลชัย

# ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

BEHAVIOR AND MODELING OF TRAFFIC BOTTLENECK ON AN EXPRESSWAY'S  
WEAVING SECTION



Mr. Chanchai Akaravorakulchai

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University



ชาญชัย อัครวรกุลชัย: พฤติกรรมและการจำลองคอขวดจราจรบนส่วนตัดกระแสรถราจรของทางพิเศษ. (BEHAVIOR AND MODELING OF TRAFFIC BOTTLENECK ON AN EXPRESSWAY'S WEAVING SECTION) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ดร. จิตติชัย รุจนกนกนาฏ, 84 หน้า.

การศึกษาคอขวดจราจรและสร้างแบบจำลองความจุที่มีการตัดกันของกระแสรถราจรบนทางด่วนซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนช่องทางจราจรจากทางหลักที่ต้องการเคลื่อนตัวออกจากทางด่วนและจากทางเข้าทางด่วนที่ต้องการเคลื่อนตัวเข้าไปทางหลัก แล้วเป็นเหตุให้ขวางกั้นการเดินทางของรถที่จะเดินทางตรงต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษากลไกการเกิดคอขวดจราจร แล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความจุของคอขวด จากนั้นจึงหาวิธีการมาดราปรับปรุงแก้ไขหรือให้เป็นแนวทางในการออกแบบส่วนที่มีการตัดกันของกระแสรถราจร วิธีการศึกษาทำโดยใช้กล้องวิดีโอจำนวน 4 ตัว บันทึกข้อมูลภาพจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าเป็นจำนวน 4 จุด คือ บริเวณต้นทางกับทางขึ้นเข้าทางด่วน บริเวณที่เกิดคอขวดจราจร และบริเวณปลายทางกับทางลงทางด่วนที่ห่างกัน 2 จุด แล้วนำมาถอดข้อมูลภาพด้วยการ โปรแกรมนับ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลจราจร โดยการใช้กราฟสะสมเชิงเรียง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความจุของทางด่วนนั้น ถูกจำกัดด้วยปัจจัยต่างๆ โดยพฤติกรรมเปลี่ยนช่องทางมีอิทธิพลต่อกลไกของคอขวดจากการตัดกันของกระแสรถราจรและกระแสการเคลื่อนที่ กล่าวคือกระแสรถราจรเข้าทางด่วนที่เพิ่มขึ้นจะลดความดึงดูดการใช้ช่องทางเสริม และลดการกระจายเปลี่ยนช่องทางใกล้ทางขึ้นทางด่วน ส่งผลให้กระแสรถราจรเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันการเพิ่มปริมาณจราจรจากทางหลักที่มากขึ้นจะส่งผลให้มีปริมาณการเปลี่ยนช่องทางจากทางหลักออกทางด่วนมากขึ้น ต้องชะลอความเร็วใกล้บริเวณทางออกทางด่วน ทำให้เกิดช่องว่างในช่องทาง เป็นเหตุให้ความจุของกระแสรถราจรลดลง นอกจากนี้ยังได้ทำแบบจำลองเบื้องต้นจากพฤติกรรมที่ค้นพบเพื่อแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณของความจุจากปัจจัยต่าง ๆ นี้ งานวิจัยนี้จะช่วยเพิ่มความเข้าใจในพฤติกรรมของคอขวดและเป็นพื้นฐานในการจำลองสภาพการจราจรบริเวณคอขวดต่อไป

ภาควิชา ..... วิศวกรรมโยธา .....

สาขาวิชา ..... วิศวกรรมโยธา .....

ปีการศึกษา ..... 2553 .....

ลายมือชื่อนิสิต..... ทัฬหรั้ง ภัคชรภักดิ์ .....

ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5270601221 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORDS: Bottleneck Capacity / Traffic Modeling / Queueing Diagram / Freeway Weave


CHANCHAI AKARAVORAKULCHAI: BEHAVIOR AND MODELING OF  
TRAFFIC BOTTLENECK ON AN EXPRESSWAY'S WEAVING SECTION. THESIS  
ADVISOR: JITTICHAI RUDJANAKANOKNAD, Ph.D., 84 pp.

This research is an empirical study of a freeway weave bottleneck to understand the weave-capacity change mechanism in details and create a simple model to analyze its variable capacity. To these ends, a weave bottleneck in central Bangkok was selected and videotaped for four morning rushes. The data were then manually extracted and analyzed by using traffic dynamic analytical techniques, e.g., oblique queueing diagrams, moving averages of speeds, to reveal unprecedented traffic characteristics at the weaving section. The reproducible data across four days show that the weave capacity at this bottleneck location was influenced by the changes in on-ramp inflows and off-ramp outflows, i.e., if the on-ramp and off-ramp volumes simultaneously surged, they would induce high mandatory lane changes into and out of shoulder lanes on the weaving section and slow moving vehicles on the shoulder and auxiliary lanes were observed. These interrupted lane changes and slow shoulder-lane moving caused the upstream vehicles on the shoulder lane changed their positions to faster lanes and laterally disrupted vehicles across all lanes. The weave capacity immediately dropped and persisted until a minute after either on-ramp or off-ramp volumes dropped. When this happened, less mandatory lane changes were observed followed by less optional lane changes upstream of the weave. The weave bottleneck's capacity was restored. The simple model was then created to show the relationship among variables quantitatively. The findings from this research expands the knowledge of traffic flow theory at the weaving bottleneck and lead to a creation of fundamental model to analyze the weave capacity more realistically.

Department: : Civil Engineering.....

Field of Study: : Civil Engineering.....

Academic Year: : 2010.....

Student's Signature..... 

Advisor's Signature..... 

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยอุปการะเลี้ยงดู สั่งสอนอบรม ให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านและเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าเสมอมาจนทำให้ข้าพเจ้าได้มีความรู้ความสามารถและประสบความสำเร็จเช่นในปัจจุบัน

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตติชัย รุจนกนกนาฏ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่คอยให้คำปรึกษาและแนวทางในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้อย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. สรวิศ นฤปิติ และดร. พลเทพ เลิศวรรณิช สำหรับคำปรึกษาวิทยานิพนธ์และความกรุณาที่สละเวลามาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณคุณอาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันเป็นประโยชน์ทั้งในด้านการทำงานวิจัยและการประกอบอาชีพในอนาคต นอกจากนี้ยังได้ให้ทุนการศึกษาสนับสนุนค่าเล่าเรียนสำหรับการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมโยธา

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการเก็บข้อมูล

ขอขอบคุณคุณ ศรพัชญ์ ชีระบุตร สำหรับความช่วยเหลือในการ ทำวิทยานิพนธ์จนทำให้งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

งานวิจัย นี้ได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ สำหรับนิสิตจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อย่างไรก็ตามผลลัพธ์และความคิดเห็นที่ปรากฏในงานวิจัย นี้เป็นของผู้เขียนเท่านั้น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณเพื่อน ๆ นิสิตสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและจรรยาทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือรวมทั้งให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	2
1.5 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 กราฟสะสมเชิงเอียง.....	4
2.2 นิยามของคอคขวดจรจร.....	6
2.3 ความจุของถนน.....	6
2.4 คอคขวดแบบก้างปลา.....	7
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวกับคอคขวดแบบก้างปลา.....	8
2.6 ทฤษฎีพฤติกรรมกรเปลี่ยนช่องทางจรจรของผู้ขับขี่.....	10
2.7 ทฤษฎีพฤติกรรมของกระแสรจรจรแบบหลายช่องทาง.....	12
2.8 สรุปผลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	15
3.1 การกำหนดขอบเขต วัตถุประสงค์ของการศึกษา ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่ เกี่ยวข้อง.....	15
3.2 การเลือกพื้นที่ศึกษา.....	15
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลก่อนการเก็บข้อมูลจริง.....	18
3.4 การเก็บข้อมูล.....	19
3.4.1 กล้องวิดีโอที่ชุดที่ 1.....	20
3.4.2 กล้องวิดีโอที่ชุดที่ 2.....	20

3.4.3	กล้องวิดีโอที่ 3	21
3.4.4	กล้องวิดีโอที่ 4	22
3.5	การประมวลผลข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์	22
3.6	กราฟจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรสะสมเชิงเอียง	25
3.7	กราฟค่าเฉลี่ยความหนาแน่น 1 นาทีของรถ	26
3.8	กราฟค่าเฉลี่ยความเร็ว 1 นาทีของรถ	27
บทที่ 4	ผลการศึกษาคข้อมูลจราจร	29
4.1	ผลการศึกษาคข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553	29
4.2	ผลการศึกษาคข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553	38
4.3	ผลการศึกษาคข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553	47
4.4	ผลการศึกษาคข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553	56
4.5	สรุปผลการศึกษาคข้อมูลจราจรทั้ง 4 วัน	65
บทที่ 5	การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบ	66
5.1	แผนภาพแนวทางการวิเคราะห์	66
5.2	ภาพรวมความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัย	67
5.3	แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา	70
5.4	การวิเคราะห์ผลจากแบบจำลอง	72
5.5	สรุป	73
บทที่ 6	สรุปผลการศึกษา	75
6.1	ผลจากศึกษาคอขวดจราจร	76
6.2	การเปรียบเทียบกับงานวิจัยในอดีต	77
6.3	แนวทางในการจัดการจราจรบริเวณคอขวดแบบก้างปลา	78
6.4	งานวิจัยในอนาคต	80
	รายการอ้างอิง	82
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	84





5.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Bottleneck Capacity กับปัจจัยต่างๆ จากข้อมูลจราจรส่วนที่ 1 ..... 68

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $q_{on}$  และ  $q_{off}$  กับ LC จากข้อมูลจราจรส่วนที่ 2 ..... 68

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $q_i$  กับ LC จากข้อมูลจราจรส่วนที่ 3 ..... 69

5.4 ตัวแปรทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองทำนายความสัมพันธ์ระหว่างความจุคอขวดแบบ  
ก้างปลาของทางด่วนกับตัวแปรต่างๆ ..... 71

6.1 เหตุการณ์ความสัมพันธ์  $q_{on}$  และ  $q_{off}$  กับ Bottleneck Capacity ..... 75

6.2 เหตุการณ์ความสัมพันธ์ LC\_STF และ LC\_FTS กับ Bottleneck Capacity ..... 76



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	3
2.1 เส้นกราฟสะสมที่ใช้ในการวิเคราะห์การจราจร.....	4
2.2 เส้นกราฟสะสมเชิงเอียงที่ใช้ในการวิเคราะห์การจราจร.....	5
2.3 คอขวดจราจร.....	6
2.4 บริเวณที่เกิดการตัดกันของกระแสจราจร.....	7
2.5 รูปแบบของการเปลี่ยนช่องทางด้วยความจำเป็น.....	9
2.6 แบบจำลองเหตุการณ์ของช่องทางจราจรที่ลดลง.....	11
3.1 พื้นที่ศึกษา.....	17
3.2 การตั้งกล้องวิดีโอ.....	19
3.3 พื้นที่จากการเก็บข้อมูลของกล้องวิดีโอแต่ละตัว.....	19
3.4 ตัวอย่างภาพจากกล้องวิดีโอที่ 1.....	20
3.5 ตัวอย่างภาพจากกล้องวิดีโอที่ 2.....	21
3.6 ตัวอย่างภาพจากกล้องวิดีโอที่ 3.....	21
3.7 ตัวอย่างภาพจากกล้องวิดีโอที่ 4.....	22
3.8 การถอดข้อมูลปริมาณจราจร.....	23
3.9 โปรแกรม Timer.....	23
3.10 การเตรียมข้อมูลจราจรใน MS-Excel เบื้องต้น.....	24
3.11 ข้อมูลจราจรที่พร้อมสำหรับทำกราฟเพื่อการวิเคราะห์.....	24
3.12 การนับจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรสะสม.....	25
3.13 ตัวอย่างกราฟแสดงจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรสะสม.....	26
3.14 การหาความหนาแน่นในการเคลื่อนที่ของรถ.....	27
3.15 การหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถ.....	27

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 1	30
4.2 ข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2	33
4.3 ข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3	35
4.4 ข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 1	39
4.5 ข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2	41
4.6 ข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3	44
4.7 ข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 1	48
4.8 ข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2	50
4.9 ข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3	53
4.10 ข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 1	57
4.11 ข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2	59
4.12 ข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3	62
5.1 แผนภาพแนวทางการวิเคราะห์	66
6.1 ความเร็วเฉลี่ยแต่ละช่องทาง	78
6.2 การจัดการของรถก่อนเข้าบริเวณพื้นที่ศึกษา	79
6.3 การจัดการรถบริเวณ On-Ramp	80

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คอขวดแบบก้างปลา (Weaving Bottleneck) คือ คอขวดจราจรที่เกิดขึ้นในบริเวณที่มีการตัดกันของกระแสจราจร โดยมักพบบริเวณทางด่วน (Freeway) ที่มีทางเข้าทางด่วนอยู่ก่อนหน้าและต่อมาเป็นบริเวณที่มีทางออกทางด่วนที่อยู่ใกล้เคียงกัน ส่งผลทำให้เกิดการตัดกันของกระแสจราจร จึงเป็นเหตุให้ความจุของทางด่วนลดลงและเกิดความล่าช้าในการเดินทางขึ้น

ลักษณะปัญหาการจราจรที่พบในทางด่วนบริเวณก้างปลา (Weaving Section) มีสาเหตุมาจากผู้ขับขี่รถต้องการเดินทางเข้าและออกจากทางด่วน ทำให้เกิดการเปลี่ยนช่องจราจรของรถที่ต้องการเข้าสู่ทางด่วนที่มาจากทางเข้าทางด่วน (On-Ramp) กับรถที่ต้องการออกจากทางด่วนไปยังทางออกจากทางด่วน (Off-Ramp) ซึ่งมีแทรกและชะลอความเร็วในบริเวณระหว่างทางเข้าและออกจากทางด่วน ทำให้รถที่ต้องการวิ่งบนทางด่วนต้องลดความเร็วลงเพื่อความปลอดภัย อีกทั้งเกิดการสูญเสียโอกาสในการใช้พื้นที่ว่างเพื่อการขับขี่เพราะการเปลี่ยนช่องทางจราจร ดังนั้นปริมาณจราจรที่สามารถใช้พื้นที่ดังกล่าวมีปริมาณลดลง

ความเข้าใจในเรื่องพฤติกรรมของการเกิดคอขวดจราจรเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในการบริหารจัดการจราจรบริเวณดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพ และใช้เป็นหลักการพื้นฐานในการจำลองสภาพจราจร (Traffic Simulation) หรือนำเทคโนโลยีระบบการขนส่งอัจฉริยะ (Intelligent Transportation System หรือ ITS) มาประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาพบว่า งานวิจัยในอดีตนั้นมุ่งไปที่การมองภาพรวมและจำลองสภาพจราจรบริเวณคอขวด ยังมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่มุ่งไปที่การศึกษาพฤติกรรมที่แท้จริงของคอขวด จึงยังไม่สามารถเข้าใจอย่างถ่องแท้ว่าคอขวดจราจรประเภทนี้มีพฤติกรรมอย่างไร และเมื่อเกิดคอขวดขึ้นแล้วมีปัจจัยอะไรบ้างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความจุของถนนและลักษณะของการเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นอย่างไร จึงทำให้แบบจำลองที่มีอยู่อาจไม่สอดคล้องกับสภาพการจราจรจริง

ดังนั้น งานวิจัยฉบับนี้จึงเป็นการศึกษาพฤติกรรมและปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความจุของคอขวดจราจร (Bottleneck Capacity) โดยเกิดจากรถที่ต้องการเข้าและออกจากทางด่วน ซึ่งเป็นประเภทถนนที่ไม่มีการรบกวนกระแสจราจรจากภายนอก (Uninterrupted-flow Facility) ด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามจากพื้นที่ศึกษาด้วยกล้องวิดีโอ แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์จราจรเชิงพลวัต กล่าวคือ วิธีการวิเคราะห์ปริมาณ

การจราจรโดยการใส่แผนภาพการนับสะสมเชิงเอียง (Oblique Cumulative Count Curve Diagram) แผนภาพจราจรอื่น ๆ ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำให้สามารถมองเห็นภาพพฤติกรรมจราจรได้ละเอียด โดยสามารถมองเห็นผลการเปลี่ยนแปลงความจุของถนนในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งทำให้สามารถวิเคราะห์ถึงผลของการเปลี่ยนช่องทางจราจรต่อการเปลี่ยนแปลงความจุของคอขวดได้

งานวิจัยนี้ทำให้องค์ความรู้เกี่ยวกับคอขวดจราจรแบบก้างปลาที่มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งวิศวกรจราจรและผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำองค์ความรู้นี้มาใช้ในการวางแผนจัดการจราจร และใช้ในพัฒนาองค์ความรู้ด้านการจราจรและขนส่งให้ดียิ่งขึ้นไป

## 1.2 วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคอขวดแบบก้างปลาของรถบนทางด่วน โดยมีวัตถุประสงค์หลัก ดังนี้

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมของคอขวดจราจรแบบก้างปลา และหาปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความจุของคอขวด
2. เพื่อนำผลจากการวิเคราะห์มาสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ทำนายความจุของคอขวด และเสนอแนะแนวทางการจัดการจราจรบริเวณคอขวดแบบก้างปลาที่มีประสิทธิภาพ

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลภาคสนามโดยใช้กล้องวิดีโอเป็นเวลาอย่างน้อย 4 วัน ในช่วงโมงเร่งด่วนตั้งแต่ก่อนเริ่มการเกิดคอขวด จนกระทั่งการจราจรมีสภาพเป็นคอขวด เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความจุของถนนบนทางด่วน และปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อรถเคลื่อนตัวของรถในช่วงจราจร โดยการศึกษานี้ได้ใช้พื้นที่ศึกษาบริเวณทางพิเศษเฉลิมมหานคร ซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุมของการทางพิเศษศูนย์ควบคุมจราจรที่ 1 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์เพื่อศึกษาผลกระทบการเกิดปัญหาคอขวดจราจรและปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความจุ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์แผนภาพแถวคอยสะสมเชิงเอียง กราฟค่าเฉลี่ย แผนภาพจราจรต่าง ๆ และแบบจำลองอย่างง่าย จากนั้นนำผลที่ได้มาเสนอแนะหาแนวทางในการจัดการจราจรบริเวณคอขวดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ

## 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงพฤติกรรมของการเกิดปัญหาคอขวดจราจรในบริเวณทางด่วน

2. ทำนายความจุของคอขวดจราจร และจัดการจราจรบริเวณคอขวดแบบก้างปลาให้มีประสิทธิภาพได้

### 1.5 วิธีดำเนินงานวิจัย

วิธีดำเนินงานวิจัยเรื่องพฤติกรรมและการจำลองคอขวดจราจรบนส่วนตัดกระแสจราจรของทางพิเศษมีขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัยดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากภาพที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย การกำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขตของการศึกษา ทบทวนเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ต่อมาจึงได้ พิจารณาคัดเลือกพื้นที่ศึกษาที่มีสภาพการจราจรเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา หลังจากนั้น ทำการทดลองเก็บ และวิเคราะห์ข้อมูลในช่วงแรก เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นขณะทำการเก็บข้อมูลจริง เมื่อทราบวิธีการจัดการปัญหาแล้วจึงทำการเก็บข้อมูลจริง เพื่อนำไปประมวลผล วิเคราะห์ ผลกระทบจากปัจจัยต่าง ๆ และสรุปผลการวิจัย

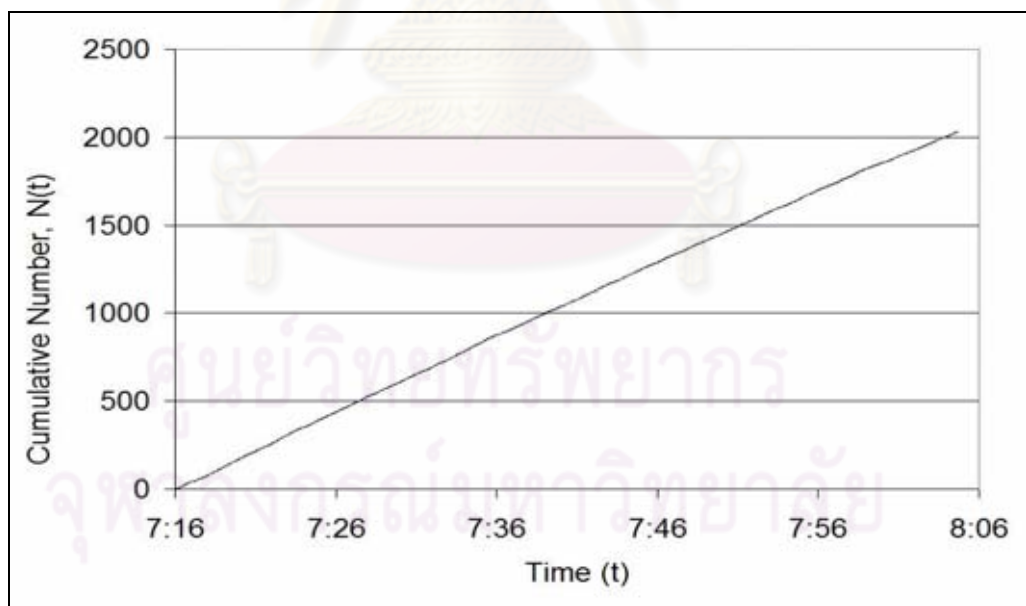
## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการวิจัยนี้เป็นการอธิบายถึงลักษณะและความสำคัญของกราฟสะสมเชิงเอียงที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์กระแสจราจร แล้วจึงกล่าวถึงนิยามความหมายของขบวนการจราจรและความจุ เพื่อความเข้าใจในสภาพปัญหาของขบวนการจราจรที่จะทำการศึกษา ลักษณะแนวทางการวิเคราะห์ และความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนช่องทางจราจรกับกระแสจราจรบริเวณก้างปลา ซึ่งได้ทบทวนจากงานวิจัยที่ผ่านมาโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 2.1 กราฟสะสมเชิงเอียง (Oblique Cumulative Count Curves)

ในการศึกษาปัญหาจราจรนั้นมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลอยู่หลายรูปแบบ อย่างก็ตาม ในงานวิจัยนี้ได้ใช้กราฟสะสมเชิงเอียง เนื่องจากสามารถแปลงข้อมูลดิบที่เป็นตัวเลข ซึ่งได้นับรถจากภาพข้อมูลวิดีโอที่บันทึก โดยสามารถตรวจสอบความผิดพลาด หรือคุณภาพข้อมูลย้อนหลัง ไปด้วยกับการวิเคราะห์กราฟได้ เพื่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน จึงมีความถูกต้องสูง โดยจะกล่าวถึงที่มาของกราฟสะสมเชิงเอียง ดังนี้



ภาพที่ 2.1 เส้นกราฟสะสมที่ใช้ในการวิเคราะห์การจราจร

การวิเคราะห์จราจรจะใช้กราฟสะสมของจำนวนรถที่เคลื่อนที่ผ่านจุด ๆ หนึ่งกับเวลา (Cumulative Curves หรือ N-t Plot) ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์มาตรฐานที่ใช้กันโดยทั่วไป แต่การใช้วิธีกราฟสะสมในลักษณะนี้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์การจราจรที่มีปริมาณมาก

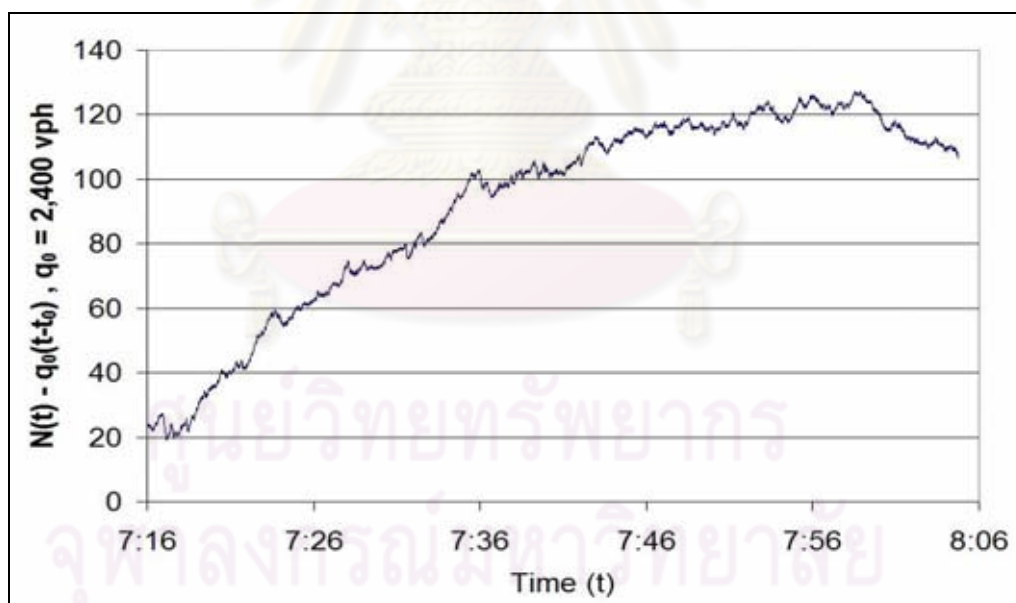


เพราะว่าเส้นกราฟมีอุปสรรคต่อการวิเคราะห์ด้วยตาเปล่า ซึ่งไม่สามารถแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการจราจรได้อย่างชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 2.1

ดังนั้น Cassidy และ Widower (1995) จึงได้เสนอวิธีการสร้างกราฟสะสมที่ปรับขนาดใหม่ (Rescaled Cumulative Plot) โดยจำนวนสะสมเชิงเอียง ( $O(t)$ , Oblique Cumulative Number) เท่ากับการนำจำนวนสะสม ( $N(t)$ , Cumulative Number) ที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้มาลบด้วยกระแสการเคลื่อนที่ต่อชั่วโมง ( $q_0$ , Background Flow) ซึ่งนำไปคูณกับเวลาที่เพิ่มขึ้นมาจากเวลาเริ่มต้น ( $t - t_0$ ) ดังแสดงในสมการที่ 2.1

$$O(t) = N(t) - q_0(t - t_0) \quad (\text{สมการที่ 2.1})$$

วิธีการเช่นนี้จะช่วยขยายผลความแตกต่างระหว่างปริมาณการจราจรที่เกิดขึ้นจริงกับกระแสจราจรต่อชั่วโมงที่สมมติขึ้นมาได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาทางจราจรได้แม่นยำ กราฟสะสมเชิงเอียงจึงเป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลกระแสจราจรอย่างละเอียด ดังแสดงในภาพที่ 2.2 เป็นการปรับข้อมูลการจราจร จากภาพที่ 2.1 ซึ่งจะพบว่ากราฟสะสมเชิงเอียงนี้สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของกระแสการเคลื่อนที่ได้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 2.2 เส้นกราฟสะสมเชิงเอียงที่ใช้ในการวิเคราะห์การจราจร

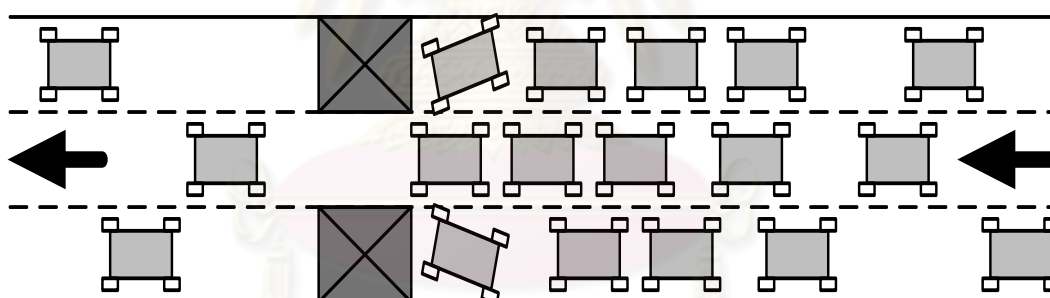
(Background flow = 2,400 คันต่อชั่วโมง)

จนกระทั่ง Munoz และ Daganzo (2002) ได้นำการสร้างกราฟสะสมที่ปรับขนาดใหม่ไปใช้ในการศึกษางานวิจัย และพบว่ากราฟที่มีลักษณะเหล่านี้เปรียบเสมือนกับการวาดกราฟสะสมปกติโดยใช้แกนเอียง (Oblique Coordinate Axis) ซึ่งต่อมาจึงเรียกรูปแบบนี้ว่ากราฟ

สะสมเชิงเอียง (Oblique Cumulative Plot) ซึ่งเทคนิคการใช้กราฟจำนวนรถสะสมเชิงเอียงเป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาคอขวดจราจร ซึ่งลำดับต่อไปได้กล่าวถึงลักษณะของคอขวดจราจร

## 2.2 นิยามของคอขวดจราจร (Bottleneck)

กราฟสะสมเชิงเอียงเป็นเครื่องมือการวิเคราะห์จราจรอย่างหนึ่ง ที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์กระแสจราจรคอขวดจราจร (Bottleneck) ได้ โดย Daganzo (1999) ได้ให้นิยามพฤติกรรมของคอขวดจราจรไว้ว่า การเกิดปัญหาคอขวดจราจรในบริเวณถนน จะสามารถสังเกตได้จากในบริเวณต้นทาง (Upstream) ของถนนเกิดการจราจรติดขัดหรือรถเกิดการชะลอความเร็วและไม่สามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วอิสระเนื่องจากถูกจำกัดโดยปัจจัยต่างๆ แต่เมื่อรถเคลื่อนที่ผ่านบริเวณดังกล่าวไปแล้ว จนถึงในช่วงปลายทาง (Downstream) ของถนน ซึ่งรถสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วอิสระ จะถือว่าเป็นบริเวณที่รถเคลื่อนที่ผ่านคอขวดจราจรไปแล้ว ดังแสดงใน ภาพที่ 2.3 กล่าวคือ คอขวดจราจรจะเกิดขึ้นในบริเวณต้นทางของถนนที่เกิดปัญหาการจราจรติดขัด แต่ในบริเวณปลายทางของถนนรถสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ โดยการศึกษาสภาพคอขวดจราจรมักนำไปใช้ในการศึกษาหาความจุคอขวด ซึ่งแตกต่างจากความจุของถนนที่ได้กล่าวในลำดับต่อไป



ภาพที่ 2.3 คอขวดจราจร

## 2.3 ความจุของถนน (Highway Capacity)

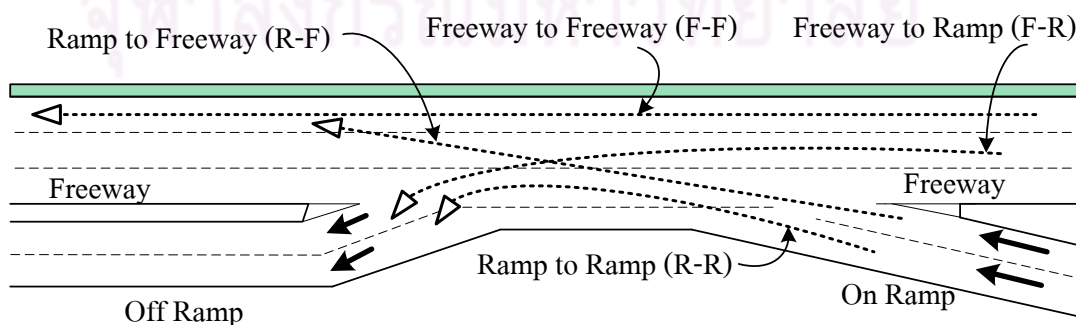
การศึกษาสภาพคอขวดจราจรจำเป็นต้องเข้าใจถึงความจุของถนน ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในการอธิบายการเกิดคอขวดจราจร จากคู่มือความจุของถนน ( Highway Capacity Manual, Transportation Research Board (2000)) ได้ให้คำจำกัดความของความจุของถนนไว้คือ ปริมาณรถสูงสุดที่เคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกัน ผ่านผู้สังเกตที่อยู่ประจำที่ต่อหน่วยเวลา มีหน่วยเป็นปริมาณรถต่อชั่วโมงต่อช่องทางจราจร

โดย Daganzo (1999) ได้ให้ความเห็นว่าพฤติกรรมของการเกิดปัญหาคอขวดนั้น เป็นเรื่องที่ยังไม่มีการศึกษาอย่างเป็นระบบในวิศวกรรมจราจร และเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการจัดการจราจรในสถานที่ต่าง ๆ โดยค่านึงว่าในการแก้ไขปัญหาระบบจราจรนั้น ถ้าสามารถดำเนินการให้มีอัตราการเคลื่อนตัวบริเวณคอขวดมากที่สุด ก็จะส่งผลทำให้ความล่าช้าของระบบต่ำที่สุดด้วย

โดยงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงปัญหาคอขวดจราจรที่เกิดจากการเปลี่ยนช่องทางจราจรของรถที่ต้องการวิ่งเข้าและออกจากทางด่วน ดังนั้นจะขอกล่าวถึงเฉพาะทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับคอขวดจราจรแบบก้างปลาในลำดับต่อไป

## 2.4 คอขวดแบบก้างปลา (Weaving Bottleneck)

การเกิดคอขวดจราจรมีหลายรูปแบบแต่ในการศึกษานี้จะมุ่งไปที่คอขวดแบบก้างปลา ที่มีความซับซ้อนทางวิศวกรรมจราจรมากกว่าแบบอื่นๆ ซึ่งคู่มือการออกแบบถนน (Highway Design Manual, California Department of Transportation (2006)) ได้ให้คำจำกัดความของก้างปลาหรือการตัดกันของกระแสจราจร (Weaving) คือ การเคลื่อนที่ของกระแสจราจรที่เกิดการตัดกันของรถบนถนนที่มีทิศทางจราจรเดียว ซึ่งเกิดจากทางร่วมและทางแยก โดยมีการเคลื่อนที่ 4 รูปแบบ คือ 1.ทางด่วนไปทางด่วน (Freeway to Freeway หรือ F-F) 2.ทางด่วนไปทางออกทางด่วน (Freeway to Ramp หรือ F-R) 3.ทางเข้าทางด่วนไปทางด่วน (Ramp to Freeway หรือ R-F) 4.ทางเข้าทางด่วนไปทางออกทางด่วน (Ramp to Ramp หรือ R-R) โดยบริเวณที่มีกระแสจราจรตัดกันในเส้นทาง (Weaving Section) คือ ส่วนความยาวของถนนหนึ่งทิศทางซึ่งถูกออกแบบเพื่อจัดการกับการตัดกันของกระแสจราจร ที่ปลายข้างหนึ่งของถนนเป็นทางร่วม (Merge) และที่ปลายอีกข้างเป็นทางแยก (Diverge) ดังแสดงในภาพที่ 2.4 โดยอาจจะมีส่วนเสริม (Auxiliary Lane) คือ ส่วนของถนนที่รองรับการตัดกันของกระแสจราจร การเดินทางของรถบรรทุก การเปลี่ยนความเร็ว หรือสำหรับจุดประสงค์อื่นๆ เพื่อให้จราจรเคลื่อนที่ได้อย่างทั่วถึง



ภาพที่ 2.4 บริเวณที่เกิดการตัดกันของกระแสจราจร

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวกับคอขวดแบบก้างปลา (Research on Weaving Bottlenecks)

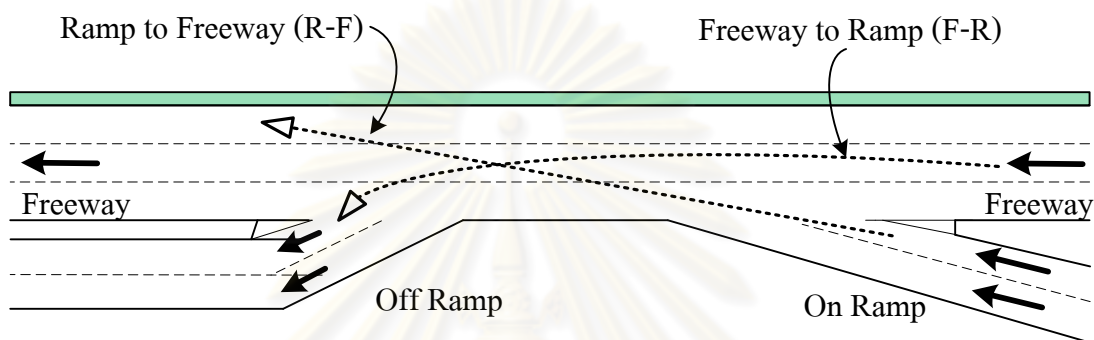
งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับคอขวดจราจรแบบก้างปลานั้นยังมีอยู่น้อย โดยงานวิจัยบางส่วนได้ทำการศึกษาสภาพพฤติกรรม รูปแบบการเกิดคอขวดจราจร เพื่อทำความเข้าใจถึงปัจจัยที่ก่อให้เกิดสาเหตุของปัญหาคอขวด และส่วนมากจะเป็นการทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยรายละเอียดของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอขวดแบบก้างปลา มีดังนี้

Kwon (1999) พบปรากฏการณ์ที่น่าสนใจคือ การตัดกันของกระแสจราจรที่เพิ่มขึ้น ทำให้รถซึ่งเคลื่อนที่จากทางด่วน ไปสู่ทางออกของทางด่วนหรือ F-R มีแนวโน้มจะเปลี่ยนช่องทางใกล้กับทางร่วมมากขึ้น จากการศึกษาพบว่าพฤติกรรมการเปลี่ยนช่องทางมีอิทธิพลต่อการเกิดคอขวดแบบก้างปลา (Activation of Weaving Bottleneck) และปริมาณการเคลื่อนที่ออก (Discharge Flow) แต่ไม่ได้วิเคราะห์ในเชิงปริมาณถึงอิทธิพลดังกล่าวแต่อย่างใด เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยของ Kwon (1999) มาจากเครื่องตรวจจับแบบ ขดลวดเหนี่ยวนำ (Inductive Loop Detector) ซึ่งทำให้ไม่สามารถเข้าใจรายละเอียดของพฤติกรรมที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน และอาจมีความผิดพลาดในการคำนวณหาจำนวนรถยนต์ได้ ถ้ามีการเปลี่ยนช่องทางจราจรใกล้บริเวณขดลวด ดังนั้นการศึกษานี้จึงใช้การเก็บข้อมูลด้วยกล้องวิดีโอที่ติดตั้งทั้งหมดเพื่อให้ได้ความละเอียดในการศึกษาสูงสุด

Lee และ Cassidy (2009) ได้ศึกษาคอขวดจราจรแบบก้างปลา โดยเก็บข้อมูลจราจรจากพื้นที่ศึกษา 2 แห่งด้วยกล้องวิดีโอ และทำการศึกษาโดยใช้วิธีการแผนภาพกราฟสะสมเชิงเอียงมาอธิบายถึง บริเวณก้างปลา ซึ่งพบว่าคอขวดนี้ไม่ได้เกิดขึ้นโดยแถวคอยที่ล้นออกมาจากปลายทางและทางออกทางด่วน ซึ่งใช้วิธีการแยกศึกษาแต่ละช่องทางจราจร เพื่อหาผลกระทบของการเปลี่ยนช่องทางด้วยความจำเป็นต่อปริมาณการเคลื่อนที่ โดยได้พบว่าการเปลี่ยนช่องทางด้วยความจำเป็น (Mandatory Lane Changes) มีผลกระทบต่อปริมาณจราจรที่ออกจากคอขวด (Discharge Flow) โดยระยะแรกของการเกิดคอขวดจะมีปริมาณจราจรที่ออกจากคอขวดลดลง จากการที่ปริมาณรถที่เข้าทางด่วน (On-ramp flow) ลดลง ซึ่งต่อมาเมื่อปริมาณรถที่เข้าทางด่วน (On-ramp flow) มากขึ้น ก็จะทำให้ปริมาณจราจรที่ออกจากคอขวดเพิ่มขึ้นด้วย งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าปริมาณการจราจรที่เข้าทางด่วน (On-ramp flow) เป็นเหตุให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวด (Discharge flow) เนื่องจากมีการเปลี่ยนช่องทางด้วยความจำเป็น ดังแสดงใน ภาพที่ 2.5 โดยแบ่งประเภทการขับขี้ออกเป็นการขับขีแบบ F-R และการขับขีแบบ R-F กล่าวคือ การลดลงของปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วน นั้นช่วยส่งเสริมให้มีการเปลี่ยนช่องทาง F-R ใกล้จุดทางร่วม ซึ่งนำไปสู่การลดลงของปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวด และการเพิ่มขึ้นของปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วน นั้นไม่เป็นการส่งเสริมการเปลี่ยนช่องทาง F-R ใกล้จุดทางร่วม ซึ่งทำให้

ปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวดเพิ่มขึ้น อันเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนกับปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวด

อย่างไรก็ตาม Lee และ Cassidy (2009) ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรที่ออกจากทางด่วน (Off-ramp flow) และปริมาณการเคลื่อนที่ผ่านคอขวด (Bottleneck Flows) โดยในวันแรกของการเกิดคอขวด ปริมาณจราจรที่ออกจากทางด่วนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวดลดลง ขณะที่ไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าวในวันที่สองของการเกิดคอขวด



ภาพที่ 2.5 รูปแบบของการเปลี่ยนช่องทางด้วยความจำเป็น

Lee และ Cassidy (2009) ได้ทำการศึกษาบนพื้นที่ศึกษา 2 แห่ง และได้ข้อสรุปดังนี้

1. คอขวดจราจรแบบก้ำปลาเกิดจากส่วนที่ตัดกันของกระแสจราจร ซึ่งพบการกระจายตัวของ การเปลี่ยนช่องทาง F-R
2. ปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวดแปรผกผันกับการกระจายตัวของ การเปลี่ยนช่องทาง F-R
3. สภาพการจราจรบนช่องทางเสริม (Auxiliary Lane) ในบริเวณที่มีการตัดกันของกระแสจราจร นั้นจะมีผลต่อการกระจายตัวของ การเปลี่ยนช่องทาง
4. ปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางด่วนที่ลดลง ทำให้รถบนทางด่วนหันมาใช้ช่องทางเสริมเพิ่มขึ้น

โดยสรุปแล้ว ปริมาณจราจรที่เข้าทางด่วนที่เพิ่มขึ้น (On-ramp flow) นั้นจะช่วยลดปริมาณจราจรที่จะเข้ามาใช้ช่องทางเสริม ซึ่งทำให้ลดการเปลี่ยนช่องทาง F-R ในบริเวณที่ใกล้ทางเข้าทางด่วน ดังนั้น ปริมาณการเคลื่อนที่ผ่านคอขวด (Discharge Flow) จะมีค่าเพิ่มขึ้น

ในงานวิจัยนี้ จะทำการเก็บข้อมูลคอขวดจราจรแบบก้ำปลาโดยประยุกต์ใช้กราฟสะสมเชิงเอียงเพื่อทำการยืนยันความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรที่เข้าทางด่วน ( On-ramp flow)

กับความจุคอขวด (Bottleneck Capacity) ที่ Lee และ Cassidy (2009) ได้สรุปเบื้องต้นไปแล้ว แต่จะทำการเปรียบเทียบเพิ่มเติมหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรที่ออกจากทางด่วน ( Off-ramp flow) กับความจุคอขวดด้วย เพื่อให้ครอบคลุมปัจจัยทั้งหมดที่มีผลต่อความจุของถนน อีกทั้งยังใช้กราฟสะสมเชิงเรียงสร้างแผนภาพการเปลี่ยนช่องทางจราจร เพื่อให้เกิดความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรที่เข้าและออกทางด่วนและความจุคอขวด

งานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความจุของคอขวดแบบก้างปลา นั้น จะเป็นการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายความจุบริเวณก้างปลาเท่านั้น โดยไม่ได้ทำการตรวจสอบกับข้อมูลจริง โดย Lertworawanich และ Elefteriadou (2002) ได้พัฒนาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำนายความจุบริเวณก้างปลา โดยค่าความจุที่ทำนายด้วยแบบจำลอง นั้นเทียบได้กับการประมาณจาก คู่มือความจุของถนน (Highway Capacity Manual, Transportation Research Board (2000)) ซึ่งพบว่าปริมาณการเคลื่อนที่ตัดกระแสจราจรจะทำให้เกิดช่องว่างบนถนนจากการเปลี่ยนช่องทาง และถ้ามีปริมาณการเคลื่อนที่ตัดกระแสจราจรมากเกินไป ปริมาณดังกล่าวจะสร้างความวุ่นวายให้กับช่องทางอื่น ซึ่งเป็นการลดความจุบริเวณก้างปลา อีกทั้งความจุในบริเวณก้างปลาจะเพิ่มขึ้นในอัตราที่น้อยกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของความจุในบริเวณปกติ (Basic Segment)

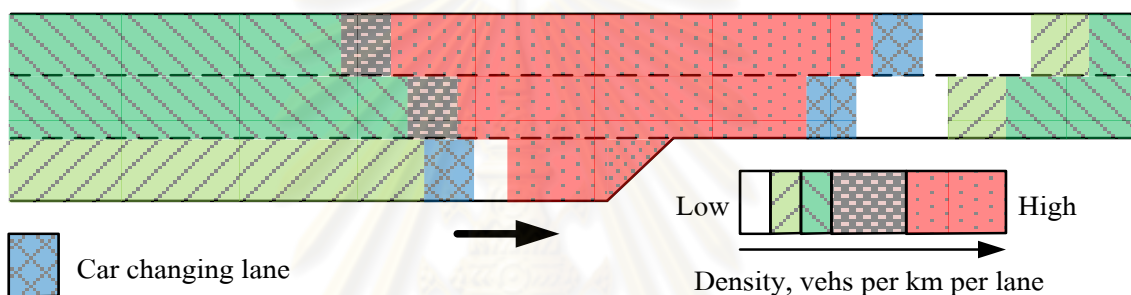
ในคู่มือความจุของถนน หรือ HCM ได้อธิบายการหา Weaving Capacity ด้วยการใส่ตารางเปรียบเทียบแยกตามชนิดของคอขวดจราจรแบบ A B และ C แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณผ่านสมการทางคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตาม ค่า Weaving Capacity ที่คำนวณไม่ได้มาจากข้อมูลภาคสนามโดยตรง แต่เป็นการคำนวณจากปัจจัยที่สมมติจากความเป็นจริงแทน

ในงานวิจัยของ Denney และ Williams (2005) ได้ศึกษาแบบจำลองถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ของ JHK (1984) และ HCM (1985) ที่ใช้ข้อมูลจาก รัฐแคลิฟอร์เนียทำแบบจำลอง พบว่าแบบจำลองมีค่า  $R^2$  ต่ำกว่า 0.10 และ 0.40 ตามลำดับ อีกทั้ง Cassidy, *et al* (1989) ได้พัฒนาหลายแบบจำลองโดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น พบว่าแบบจำลองโดยส่วนใหญ่มีค่า  $R^2$  ต่ำ ต่อมา Wa'el H. 'Awad (2004) ได้พัฒนาทางเลือกในการประมาณความจุบริเวณก้างปลาด้วยใช้แบบจำลองถดถอยเชิงเส้น โดยให้ผลลัพธ์ที่ดีมากสำหรับก้างปลาแบบ A หรือการตัดกันของการเคลื่อนที่จากทางเข้าและออกทางด่วน (Ramp-Weave) ซึ่งเป็นก้างปลาแบบเดียวกันกับงานวิจัยนี้

## 2.6 ทฤษฎีพฤติกรรมกรรมการเปลี่ยนช่องทางจราจรของผู้ขับขี่ (Theory of Driver Lane-Changing Behavior)

การเปลี่ยนช่องทางจราจรเป็นสาเหตุที่สำคัญของการเกิดคอขวดแบบก้างปลาและ มีผลโดยตรงต่อความจุของคอขวดอย่างมาก Laval และ Daganzo (2006) ได้ค้นพบว่าการเปลี่ยน

ช่องทางจราจรเกิดจากความต้องการเพิ่มความเร็วของผู้ขับขี่ ซึ่งหลักการของทฤษฎีคือ การเปลี่ยนช่องทางจราจรของรถจะกระทำตัวเหมือนคอกขวิดจราจรเคลื่อนที่บนช่องทางจราจร ด้วยการเร่งความเร็วในช่องทางและเปลี่ยนช่องทางจราจรอันนำไปสู่การเปลี่ยนช่องทางจราจรในช่องทางอื่นตามมากล่าวคือ หากมีช่องทางใดช่องทางหนึ่งมีความต้องการเพิ่มความเร็วในการขับขี่ ความต้องการดังกล่าวจะทำให้เกิดการเปลี่ยนช่องทางจราจร โดยช่องทางที่ใกล้กับช่องทางดังกล่าวก็จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนช่องทางจราจร ซึ่งช่องทางที่ได้รับผลกระทบจะเกิดความต้องการที่จะเปลี่ยนช่องทางจราจรด้วย โดยการศึกษานี้ได้ใช้แบบจำลองเหตุการณ์ของช่องทางจราจรที่ลดลง (Simulation Lane-Drop) มาอธิบายพฤติกรรมที่เกิดขึ้น ดังแสดงใน ภาพที่ 2.6 โดยการขับขี่เปลี่ยนช่องทางจะสร้างช่องว่างในกระแสจราจร ซึ่งช่องว่างดังกล่าวจะไปลดปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอกขวิด (Bottleneck Discharge Flow)



ภาพที่ 2.6 แบบจำลองเหตุการณ์ของช่องทางจราจรที่ลดลง

การเปลี่ยนช่องทางจราจรเป็นสาเหตุหลักของปริมาณจราจรรวมที่ลดลง โดย Laval และ Daganzo พบว่าช่วงแรกของระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนช่องทางจราจรน้อย นั้นรถจะเคลื่อนที่ไปได้อย่างอิสระ ซึ่งทุกตำแหน่งมีการอัตราการเคลื่อนที่เท่ากัน และช่องโหล่ทางมีรถขับขี่ใช้งานน้อยมาก แต่เมื่อเข้าสู่ระยะเวลาช่วงถัดมา นั้นรถมีการเปลี่ยนช่องทางจราจรมากขึ้น จึงเกิดคอกขวิดบริเวณต้นทาง ส่งผลให้อัตราการเคลื่อนที่ลดต่ำลง จึงทำให้มีการใช้ช่องโหล่ทางเพื่อการเปลี่ยนช่องทางจราจรบริเวณต้นทางคอกขวิดมากขึ้น ซึ่งความเร็วของแต่ละช่องทางที่แตกต่างกันทำให้มีการเปลี่ยนช่องทางจราจรใกล้คอกขวิดมากขึ้น จากการศึกษาจะพบเหตุการณ์ 2 อย่างดังนี้

1. เมื่อช่องทางที่ขับขี่มีความเร็วลดลง นั้นจะส่งผลให้มีจำนวนการเปลี่ยนช่องทางจราจรออกจากช่องทางดังกล่าวเพิ่มขึ้น
2. เมื่อช่องทางที่ขับขี่มีความเร็วเพิ่มขึ้น และความเร็วในการเคลื่อนที่ของแต่ละช่องทางมีความแตกต่างกันลดลง นั้นจะทำให้จำนวนการเปลี่ยนช่องทางจราจรลดลง ส่งผลให้การกระจายตัวของรถที่เปลี่ยนช่องทาง ซึ่งไปรบกวนการเคลื่อนที่มีแนวโน้มลดลง

งานวิจัยของ Laval และ Daganzo ดังที่กล่าวมาบอกถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนช่องทางจราจรบนทางด่วนบริเวณที่มีการตัดกันของกระแสจราจร ด้วยการอธิบายถึงพฤติกรรม การเปลี่ยนช่องทางจราจร ที่เกิดจากความเร็วของรถในช่องทางจราจร ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อผู้ช่องทางใกล้เคียง อีกทั้งอธิบายถึงพฤติกรรมการใช้ช่องไหล่ทางที่เสมือนเป็นช่องทางจราจรทั่วไป เพื่อใช้ในการเปลี่ยนช่องทาง ซึ่ง ช่วยเน้นถึงความสำคัญของการเปลี่ยนช่องทางจราจรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความจุของคอขวดจราจร แต่อย่างไรก็ตามแบบจำลองของงานวิจัยนี้ไม่ได้ออกแบบไว้สำหรับส่วนที่มีการตัดกันของกระแสจราจรหรือก้างปลา

อีกทั้ง Laval, *et al* (2005) ยังมีการศึกษาที่ใกล้เคียงกับบทความที่ผ่านมา ซึ่งเป็นการศึกษาช่องทางจราจรที่ลดลงจากสภาพทางกายภาพของโครงสร้าง แต่บทความนี้เป็นการศึกษาการเปลี่ยนช่องทางจราจรของรถในแบบจำลองผสมถนนหลายช่องทางจราจร ( Multilane Hybrid : MH) ซึ่งเป็นช่องทางจราจรที่ลดลงจากสภาพการจราจร โดยพื้นที่ศึกษาไม่มีช่องทางสำหรับเร่งความเร็ว (Acceleration Lane) ซึ่งสภาพการจราจรมีปัจจัยมาจากการเปลี่ยนช่องทางจราจร เพราะช่องทางที่ติดกันมีความเร็วที่แตกต่างกัน และพฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่ต้องการความรวดเร็ว

ในงานวิจัยดังกล่าวได้ใช้แบบจำลองสร้างเหตุการณ์ที่มีความจุจราจรลดลงจากสภาพการจราจร พบว่าการเปลี่ยนช่องทางจราจรด้วยความเร่ง นั้นจะสร้างช่องว่างในกระแสจราจร

## 2.7 ทฤษฎีพฤติกรรมของกระแสจราจรแบบหลายช่องทาง ( Behavior Theory of Multi-Lane Traffic Flow)

อย่างไรก็ตาม Daganzo (2002) ได้ศึกษาส่วนของทางด่วนซึ่งมีลักษณะเดียวกันเป็นแนวยาว (Long Homogeneous Freeway Section) พบว่าแบบจำลองทางจราจรในอดีต ยังไม่ได้ครอบคลุมถึงพฤติกรรมผู้ใช้รถอันมีผลต่อการขับขี่ ซึ่งทำให้ไม่สามารถอธิบายข้อมูลจราจรที่พบจากภาคสนามในหลายพื้นที่ได้ โดยงานศึกษานี้จะเป็นการบรรยายถึงกลุ่มกระแสจราจรที่ประกอบไปด้วยผู้ขับขี่แบบเร่งรีบ ( Aggressive Driver) และผู้ขับขี่แบบล่าช้า ( Timid Driver) ซึ่งถูกเปรียบเทียบพฤติกรรมคล้ายกับกระต่าย ( Rabbit) และหอยทาก (Slug) ตามลำดับ โดยกระต่ายจะเป็นผู้ขับขี่ในช่องทางที่ชิดเกาะกลางซึ่งเคลื่อนที่ได้เร็ว ขณะที่หอยทากจะเป็นผู้ขับขี่ในช่องไหล่ทางซึ่งเคลื่อนที่ได้ช้า

แม้ในงานศึกษาวิจัยจะมีการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจราจรตามหลักวิศวกรรมจราจร แต่ก็ไม่ได้ครอบคลุมถึงพฤติกรรมผู้ใช้รถอันมีผลต่อการขับขี่ ซึ่งทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ขัดแย้งกับหลักการ โดยทั่วไป เช่น กระต่ายอาจจะเปลี่ยนช่องทางจราจรไปยังช่องทางที่



ซ้ำ ด้วยเหตุผลด้านพฤติกรรมหรือจิตวิทยา ซึ่งเป็นแรงจูงใจให้เกิดพฤติกรรมเช่นนี้ หรือกระต่ายอาจยอมให้มีการแทรกที่ด้านหน้าของตนเอง เป็นต้น

## 2.8 สรุปผลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้ได้กล่าวถึงเอกสารและผลงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต ซึ่งผู้วิจัยจะนำไปเป็นพื้นฐานในการดำเนินงานวิจัย โดยสามารถสรุปเป็นประเด็นที่สำคัญได้ดังนี้

1. รูปแบบของการเปลี่ยนช่องทางที่พบอย่างเด่นชัดในบริเวณก้างปลา คือ การเปลี่ยนจากทางด่วนไปสู่ทางออกทางด่วน (F-R) กับ การเปลี่ยนจากทางเข้าทางด่วนไปสู่ทางด่วน (R-F)
2. มีข้อมูลภาคสนามที่ยืนยันได้ว่า ความจุของคอขวด (Bottleneck Capacity) มีความสัมพันธ์ทางเดียวกับปริมาณจราจรที่เข้าทางด่วน (On-ramp flow) ในส่วนที่มีคอขวดแบบก้างปลาเกิดขึ้น แต่ยังไม่มียุทธศาสตร์ว่าปริมาณจราจรที่ออกจากทางด่วน (Off-ramp flow) มีผลต่อความจุของคอขวดอย่างไร
3. มีการพัฒนาและสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายความจุด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น พบว่าแบบจำลองโดยส่วนใหญ่มีค่า  $R^2$  ต่ำ
4. มีการสร้างทฤษฎีเกี่ยวกับการเปลี่ยนช่องทางจราจร ซึ่งสรุปได้ว่า
  - การเปลี่ยนช่องทางของรถ จะสร้างช่องว่างในกระแสจราจร โดยเฉพาะช่องทางที่รถเปลี่ยนออกไป และการเปลี่ยนช่องทางทำให้เกิดการกระจายตัวของรถ ซึ่งปริมาณการกระจายตัวที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณการเคลื่อนที่ในแต่ละช่องทางลดลง เนื่องจากการกระจายตัวไปรบกวนการเคลื่อนที่
  - การเปลี่ยนจากช่องไหล่ทางไปสู่ช่องทางที่ชิดเกาะกลาง นั้นจะทำให้ปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวดเพิ่มขึ้น กล่าวคือ การเปลี่ยนจากช่องทางที่เคลื่อนที่ได้ช้าไปสู่ช่องทางที่เคลื่อนที่เร็ว นั้นจะทำให้ปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวดเพิ่มขึ้น ในทางตรงข้าม การเปลี่ยนจากช่องทางที่ชิดเกาะกลางไปสู่ช่องไหล่ทาง นั้นจะทำให้ปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวดลดลง กล่าวคือ เป็นการเปลี่ยนจากช่องทางที่เคลื่อนที่ได้เร็วไปสู่ช่องทางที่เคลื่อนที่ช้า นั้นจะทำให้ปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวดลดลง

- ความเร็วในช่องทางที่ลดลง จะส่งผลให้ปริมาณการเปลี่ยนออกจากช่องทางดังกล่าวมากขึ้น

อย่างไรก็ดี ทฤษฎีดังกล่าว ได้มุ่งเน้นไปที่ การสร้างแบบจำลอง เพียงอย่างเดียว จึงไม่ได้มีการศึกษาในเชิงพฤติกรรมจราจรในรายละเอียด

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมา จึงสรุปได้ว่ายังมีความจำเป็นต้องทำการศึกษาพฤติกรรมของคอขวดแบบก้างปลาเพิ่มเติม เพราะพฤติกรรมของคอขวดช่วยให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความจุคอขวดจราจร และรูปแบบการเกิดคอขวดจราจร เพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมยิ่งขึ้น โดยบทถัดไปจะนำเสนอขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยโดยละเอียดต่อไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินงานวิจัย

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงแนวทางในการดำเนินการวิจัย ด้วยการเก็บข้อมูล การจรรยาบรรณศานามโดยกล้อง ทัศนศาสตร์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสภาพจราจรบนทางด่วน แล้วนำข้อมูลที่ได้ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ และทำการทดลองด้วยแบบจำลองอย่างง่าย เพื่อสรุปผลหาสาเหตุของจราจรติดขัดและนำเสนอแนวทางแก้ไขต่อไป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.1 การกำหนดขอบเขต วัตถุประสงค์ของการศึกษา ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เริ่มจากการกำหนดหัวข้อของงานวิจัยเป็นการศึกษาคอขวดจราจรบริเวณที่มีการตัดกันของกระแสจราจร ทบทวนเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดปัญหา และวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ในขั้นตอนการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับหลักการทางจราจรที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาจราจร โดย ทำการศึกษาทฤษฎี บทความ และวารสารทางวิชาการ เพื่อการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาที่เหมาะสมกับการวิจัย ดังแสดงในหัวข้อการเลือกพื้นที่ศึกษา

#### 3.2 การเลือกพื้นที่ศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเกิดสภาพคอขวดจราจรที่เกิดขึ้นในบริเวณที่มีการตัดกันของกระแสจราจร ซึ่งมีสาเหตุมาจากรถที่ต้องการวิ่งเข้าและออกจากทางด่วน ทำให้รถที่วิ่งอยู่บนทางด่วนไม่สามารถใช้ความเร็วได้อย่างอิสระ เนื่องจากเกิดการชะลอความเร็วและผู้ขับขี่ต้องเพิ่มความระมัดระวังมากขึ้น นอกจากนี้ แฉกคอกที่เกิดจากการรอปเปลี่ยนช่องทางจราจรอาจปิดกั้นช่องทางทำให้ทางด่วนมีช่องจราจรน้อยลง การลดลงของช่องทางจราจรสำหรับรถที่ต้องการวิ่งต่อไปบนทางด่วนนี้ยังส่งผลทำให้ปริมาณการจราจรของ รถบนทางด่วนมีค่าลดลง ดังนั้นเพื่อให้การศึกษานี้มีความถูกต้องแม่นยำในการวิเคราะห์ผลกระทบที่ทำให้เกิดปัญหาคอขวดจราจร ผู้วิจัยจึงได้กำหนดเกณฑ์ของการเลือกพื้นที่ศึกษาวิจัย 2 ประการ ดังนี้

##### 1. ลักษณะพื้นที่ศึกษา

- ไม่มีแฉกคอรถจอดเสียหรือเกิดอุบัติเหตุรวมไปถึงการจราจรติดขัดเกิดขึ้นในบริเวณปลายทางของทางด่วน

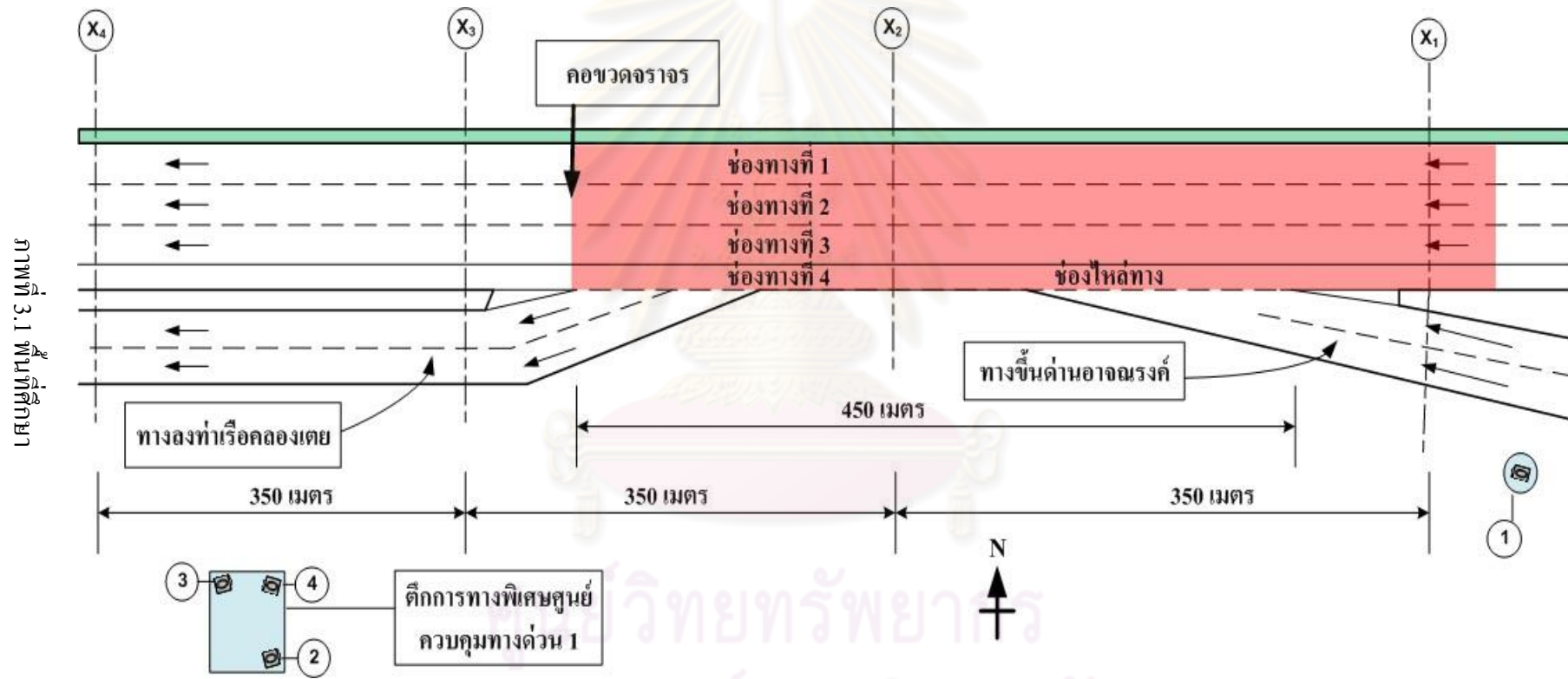
- การจราจรในบริเวณต้นทางของบริเวณที่ทำการศึกษาก่อการจราจรติดขัด หรือเกิดการชะลอความเร็วและเมื่อผ่านบริเวณที่เกิดการจราจรติดขัดไปแล้วผู้ขับขี่รถสามารถเลือกใช้ความเร็วได้อย่างอิสระ

## 2. การเก็บข้อมูล

- พื้นที่ตั้งกล้องวิดีโอทัศนอยู่ในมุมมองที่เหมาะสม และปลอดภัยในการเก็บข้อมูล
- ผู้ขับขี่ไม่สังเกตเห็นการบันทึกโดยกล้องวิดีโอขณะทำการเก็บข้อมูล
- สามารถบันทึกภาพของบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษได้ครบถ้วนมากที่สุด
- สภาพพื้นที่ศึกษาและสภาพอากาศอยู่ในสภาวะปกติ กล่าวคือ ทัศนวิสัยชัดเจน ฝนไม่ตก ถนนแห้ง ไม่ก่อให้เกิดความผิดปกติในการใช้งานสภาพทางอันมีผลต่อพฤติกรรมขับขี่

จากการศึกษาพบว่าพื้นที่ทางพิเศษเฉลิมมหานคร ใกล้กับศูนย์อำนวยการจราจรทางที่ 1 บริเวณท่าเรือคลองเตย มีความสอดคล้องและความเหมาะสมกับเกณฑ์ที่กำหนดต่อการศึกษาวิจัย ดังแสดงในภาพที่ 3.1 ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพเป็นทางด่วนที่มี 3 ช่องทางจราจร ทางเข้าและออกทางด่วนมีช่องจราจรอย่างละ 2 ช่องทาง และไม่มีช่องจราจรเสริม โดยช่องไหล่ทางเริ่มถูกนำมาใช้เสมือนเป็นช่องจราจรทั่วไป เมื่อใกล้เกิดสภาพคอขวดจราจร อย่างไรก็ตาม การเก็บข้อมูลในพื้นที่ศึกษาอาจมีปัญหาคืออุปสรรคในการดำเนินงาน งานวิจัยนี้จึงได้รวบรวมปัญหาหรืออุปสรรคที่พบ พร้อมแนวทางแก้ไขดังแสดงในหัวข้อต่อไป

ศูนย์วิทยพัทยาการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.1 พื้นที่ศึกษา

มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรวิทยารักษ์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลก่อนการเก็บข้อมูลจริง

เพื่อให้มีความพร้อมในเก็บข้อมูลได้ครบถ้วน และเตรียมพร้อมสำหรับปัญหาหรืออุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติงานจริง งานวิจัยนี้ได้ทดลองใช้กล้องวิดีโอทัศนถ่ายเก็บข้อมูลจากสถานที่ทำการศึกษ โดยปัญหาหรืออุปสรรคที่มีผลต่อการปฏิบัติงานได้ถูกรวบรวมจากงานวิจัยนี้ และจากงานวิจัยที่ผ่านมาในเรื่องการประยุกต์ใช้กราฟสะสมเชิงเอียงในการวิเคราะห์ปัญหาการจราจรติดขัดบนถนนอรรถนังต์ โดยมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลภาพจราจรที่บันทึกโดยการทางพิเศษไม่สามารถนำออกมาใช้ได้ เนื่องจากถือเป็นข้อมูลความลับ หรือถึงแม้ทำหนังสือขอไฟล์ข้อมูลมาได้ ก็ไม่สามารถเปิด ข้อมูลขึ้นใช้ในการประมวลผลได้ เพราะโปรแกรมที่ใช้เปิดเป็นลิขสิทธิ์ทางการค้า
2. การเก็บข้อมูลด้วยกล้องวิดีโอทัศนจำนวน 2 ตัว เพื่อข้อมูลการนับรถเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถวิเคราะห์สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นได้ เนื่องจากไม่สามารถเก็บเป็นสาเหตุหลักของปัญหาได้ทั้งหมด
3. คุณภาพของกล้องวิดีโอทัศนที่แตกต่างกัน เมื่อนำกล้องวิดีโอทัศนรุ่นเก่าไปบันทึกภาพตำแหน่งที่ห่างไกลเกินไป ภาพที่ถ่ายได้ขาดความคมชัด ทำให้การเก็บข้อมูลมีความผิดพลาดได้ และการบันทึกภาพลงแหล่งเก็บข้อมูลที่เป็นเทปวิดีโอทัศน เมื่อนำข้อมูลไปทำการประมวลผล พบว่าประสบความยุ่งยากในการนับจำนวน รถ โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มากกว่ากล้องวิดีโอทัศนรุ่นใหม่ ที่บันทึกภาพลงแหล่งเก็บข้อมูลเป็นหน่วยความจำขนาดพกพา หรือลงฮาร์ดดิสก์ที่สามารถถ่ายโอนข้อมูลลงคอมพิวเตอร์และเขียนลงแผ่นดีวีดีได้

การแก้ปัญหาหรืออุปสรรคที่มีผลต่อการปฏิบัติงานมีดังต่อไปนี้

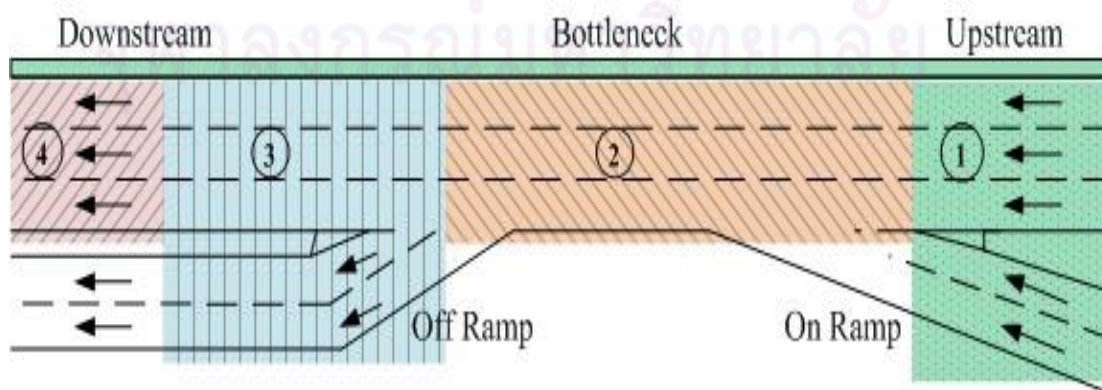
1. ทำการบันทึกภาพจากกล้องวิดีโอทัศนที่เตรียมไปแทน และขอให้อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลพื้นที่วิจัย
2. การเก็บข้อมูลด้วยกล้องจำนวน 4 ตัว โดยให้กล้อง 2 ตัวที่เพิ่มเข้ามา เก็บปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาจราจร
3. นำกล้องวิดีโอทัศนรุ่นเก่ามาบันทึกเป็นจากโทรทัศน์ที่ถ่ายมาจากกล้องของทางศูนย์ ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้ความคมชัดมาก เนื่องจากคุณภาพได้ไม่แตกต่างจากกล้องของทางศูนย์ถ่ายได้

### 3.4 การเก็บข้อมูล

การศึกษาวิจัยนี้ทำการเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผล ด้วยกล้องวิดีโอทัศนจำนวนทั้งหมด 4 ตัว แบ่งเก็บข้อมูลในพื้นที่ศึกษาเป็น 4 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 3.3 โดยผู้วิจัยทำการตั้งกล้องวิดีโอทัศนในศูนย์ควบคุมจำนวน 1 ตัว เพื่อบันทึกภาพจากกล้องของการทางพิเศษในตำแหน่งที่ 1 และบนดาดฟ้าของตึกการทางพิเศษศูนย์ควบคุมทางด่วน 1 เป็นจำนวน 3 ตัว เพื่อการบันทึกภาพในตำแหน่งที่ 2 3 และ 4 ของพื้นที่ที่ทำการศึกษาดังในภาพที่ 3.1 และภาพที่ 3.3 โดยการเก็บข้อมูลครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งหมดนี้ไม่เป็นที่สังเกตของผู้ขับรถ เนื่องจากการตั้งกล้องอยู่บนอาคารสูงกว่าทางด่วน จึงสามารถเห็นพฤติกรรมการขับขี่ที่ทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดที่แท้จริงได้ตามปกติ โดยแสดงภาพตัวอย่างการเก็บข้อมูลจากกล้องวิดีโอทัศนทั้ง 4 ตัว ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.2 การตั้งกล้องวิดีโอทัศน



ภาพที่ 3.3 พื้นที่จากการเก็บข้อมูลของกล้องวิดีโอทัศนแต่ละตัว

### 3.4.1 กล้องวิดีโอที่ 1

ภาพที่ 3.4 แสดงตัวอย่างของบันทึกได้จากกล้องวิดีโอที่ติดตั้งอยู่ในศูนย์ควบคุมทางด่วน 1 ของอาคารการทางพิเศษ สำหรับวัตถุประสงค์หลักในการตั้งกล้องวิดีโอที่ตำแหน่งนี้คือ การเก็บข้อมูลจราจรในตำแหน่ง  $X_1$  ซึ่งเคลื่อนที่มาจากทางด่วนและทางเข้าทางด่วนของบริเวณพื้นที่ศึกษา เพื่อศึกษาพฤติกรรมจราจร เช่น การใช้ช่องไหล่ทางเป็นช่องทางขยับขึ้นในพื้นที่ศึกษาก่อนและหลังการเกิดปัญหาคอขวดจราจร



ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างภาพจากกล้องวิดีโอที่ 1

### 3.4.2 กล้องวิดีโอที่ 2

ภาพที่ 3.5 แสดงตัวอย่างของได้จากการบันทึกจากกล้องวิดีโอที่ติดตั้งอยู่บนคาบฟ้าของอาคารการทางพิเศษศูนย์ควบคุมทางด่วน 1 สำหรับวัตถุประสงค์ในการตั้งกล้องวิดีโอที่ตำแหน่งนี้มีความสำคัญหลายประการคือ การเก็บข้อมูลจราจรในตำแหน่ง  $X_2$  เพื่อการระบุสาเหตุของการเกิดปัญหาคอขวดจราจรบนทางด่วน ใช้ศึกษาพฤติกรรมของรถที่ต้องการวิ่งเข้าทางด่วนและออกจากทางด่วน ศึกษาการเกิดคอขวดบนทางด่วนเนื่องมาจากการตัดกันของรถที่ต้องการวิ่งเข้าและออกจากทางด่วน ศึกษาพฤติกรรมจราจรขยับขึ้น เช่น การเปลี่ยนช่องจราจรในทิศทางต่างๆ การเข้าแทรกหรือชะลอตัวเพื่อเข้าช่องจราจรสำหรับวิ่งเข้าและออกจากทางด่วน การใช้ช่องไหล่ทางเป็นช่องทางขยับขึ้นในพื้นที่ศึกษาก่อนและหลังการเกิดปัญหาคอขวดจราจร

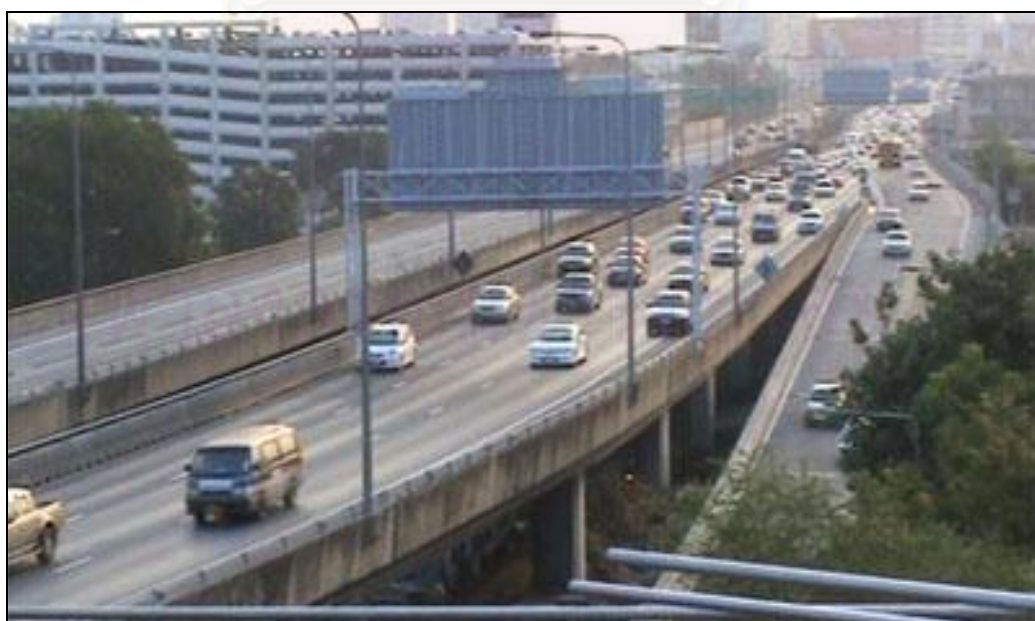




ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างภาพจากกล้องวิดีโอที่ 2

### 3.4.3 กล้องวิดีโอที่ 3

ภาพที่ 3.6 แสดงตัวอย่างของได้จากการบันทึกจากกล้องวิดีโอ ซึ่งติดตั้งอยู่บน  
 ฝ้าของอาคารทางพิเศษศูนย์ควบคุมทางด่วน 1 สำหรับวัตถุประสงค์ในการตั้งกล้องวิดีโอ  
 ที่ตำแหน่งนี้มีความสำคัญหลายประการคือ เพื่อเก็บข้อมูลจราจรของรถบริเวณปลายทาง ใน  
 ตำแหน่ง  $X_3$  ที่วิ่งต่อไปบนทางด่วนและวิ่งออกจากทางด่วน เพื่อยืนยันและหาตำแหน่งของปัญหา  
 คอขวดจราจร



ภาพที่ 3.6 ตัวอย่างภาพจากกล้องวิดีโอที่ 3

### 3.4.4 กล้องวิดีโอที่ 4

ภาพที่ 3.7 แสดงตัวอย่างของได้จากการบันทึกจากกล้องวิดีโอ ซึ่งติดตั้งอยู่บนคาตฟ้าของอาคารทางพิเศษศูนย์ควบคุมทางด่วน 1 สำหรับวัตถุประสงค์ในการตั้งกล้องวิดีโอที่ตำแหน่งนี้คือ เพื่อยืนยันว่าในบริเวณปลายทางของพื้นที่ศึกษาไม่มีแถวคอยเกิดขึ้น

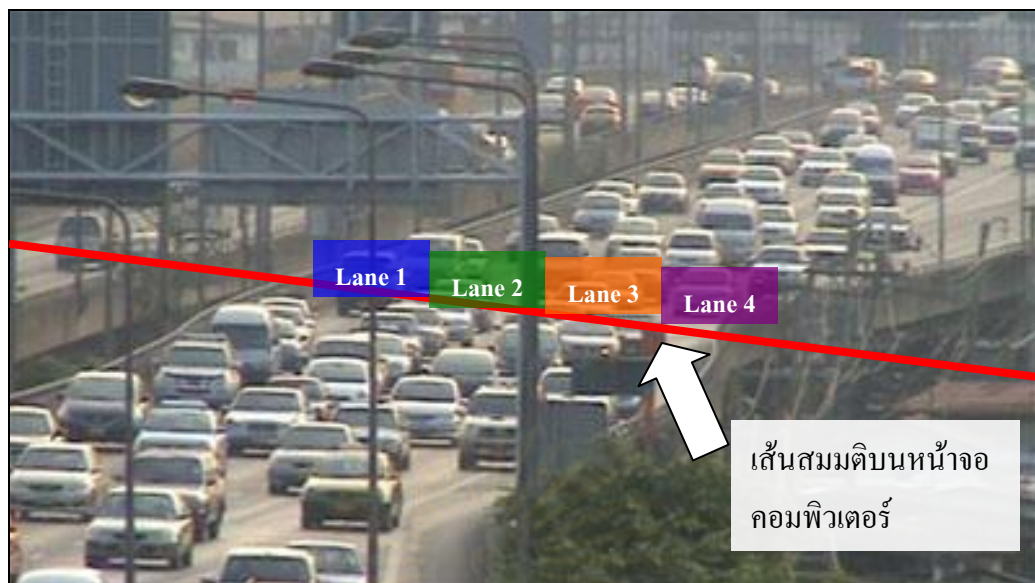


ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างภาพจากกล้องวิดีโอที่ 4

ภาพข้อมูลที่ได้จากการบันทึกกล้องวิดีโอทั้ง 4 ตัว นำไปทำการประมวลผลเพื่อความสะดวกและชัดเจนในการวิเคราะห์ข้อมูลจราจร ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในหัวข้อถัดไป

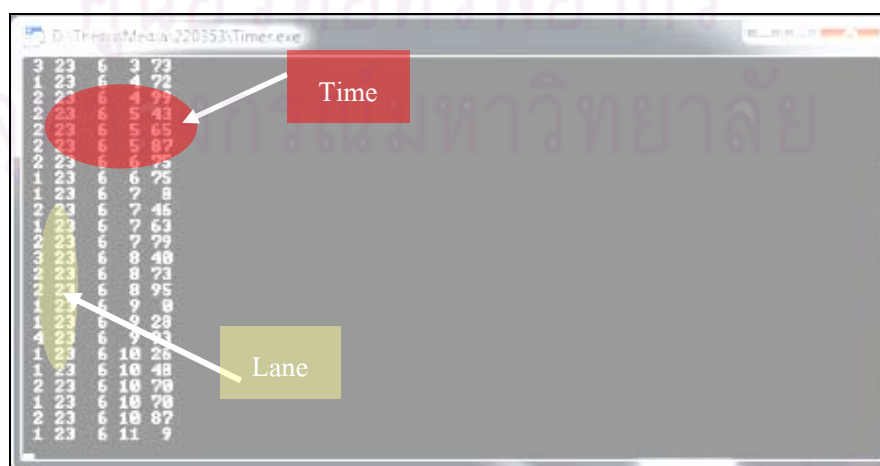
### 3.5 การประมวลผลข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์

ภาพที่ 3.8 แสดงรูปแบบการนับจำนวนรถจากการเก็บข้อมูลจราจรด้วยกล้องวิดีโอ เริ่มต้นจากการเปิดข้อมูลจราจรที่ทำการบันทึกไว้ หลังจากนั้นจึงกำหนดเส้นสมมติบนจอภาพเพื่อให้ง่ายต่อการนับจำนวนรถ ซึ่งอาจทำได้โดยการนำเชือกหรือเส้นด้ายมาจึงระหว่างขอบของจอภาพทั้ง 2 ข้าง หลังจากนั้นจึงกำหนดหมายเลขให้แต่ละช่องทางการเคลื่อนที่ของรถ เช่น 1, 2 และ 3 โดยช่องทางจราจรหมายเลข 1 อยู่ติดกับเกาะกลางเพื่อเข้าใจง่ายและสะดวกต่อการนับเมื่อจำนวนช่องทางเพิ่มขึ้นหรือลดลง

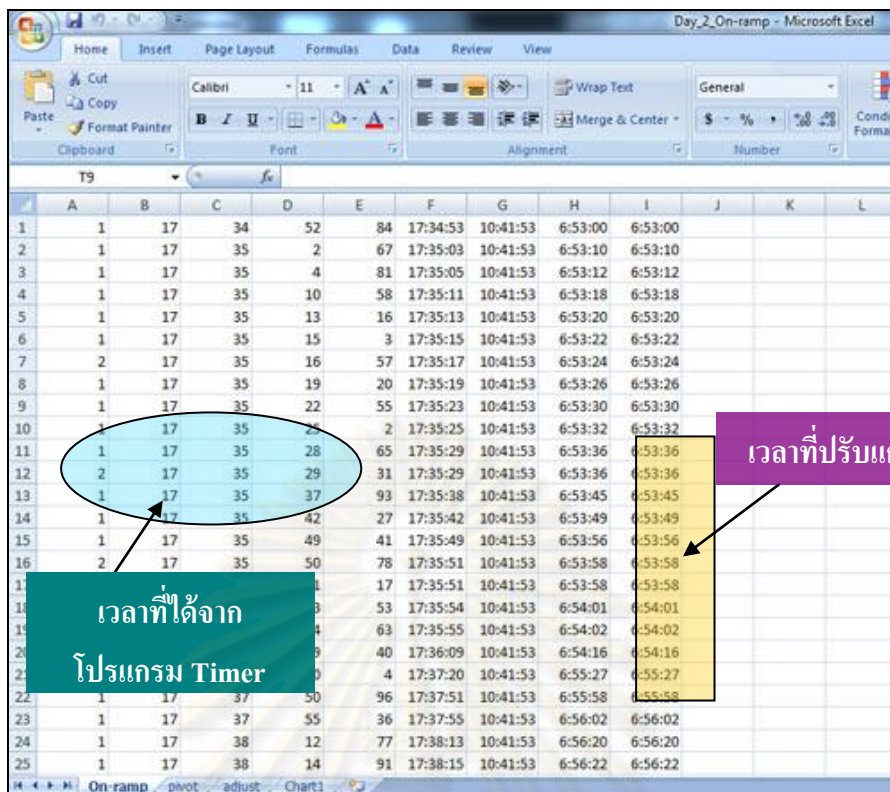


ภาพที่ 3.8 การถอดข้อมูลปริมาณจราจร

ต่อมาภาพจากกล้องวิดีโอที่ได้อ้างทั้งหมดนำมาแปลงเป็นข้อมูลตัวเลขเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยการนับจำนวนรถที่ผ่านแต่ละช่องทางจราจร โดยโปรแกรม Timer ซึ่งทำงานบนระบบปฏิบัติการ MS-DOS ดังแสดงในภาพที่ 3.9 ด้วยการนับปริมาณจราจรและเคาะแป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์ ข้อมูลที่ทำการบันทึกเป็นเวลาที่ได้ทำการนับและเลขช่องทางจราจร ลงใน Text Document ก่อนนำมาแปลงลงใน Excel ดังแสดงในภาพที่ 3.10 แล้วทำการแปลงเป็นเวลาจริงที่ใช้ตอนทำการบันทึกภาพ จากนั้นใช้ Pivot Table ช่วยแยกช่องทางจราจรและจัดเรียงเวลาใหม่ หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ผ่านมา Pivot Table มาแปลงเป็นข้อมูลสำหรับการทำกราฟดัง แสดงในภาพที่ 3.11 เพื่อนำไปวิเคราะห์โดยกราฟ ดูแนวโน้มของการจราจร พร้อมกับหาสาเหตุ ของเหตุการณ์ที่เกิดจากภาพถ่ายที่ได้บันทึกไว้ มาวิเคราะห์แล้วทำการสรุปผล โดยมีรายละเอียดของกราฟดังแสดงในหัวข้อถัดไป



ภาพที่ 3.9 โปรแกรม Timer



ภาพที่ 3.10 การเตรียมข้อมูลจราจรใน MS-Excel เบื้องต้น

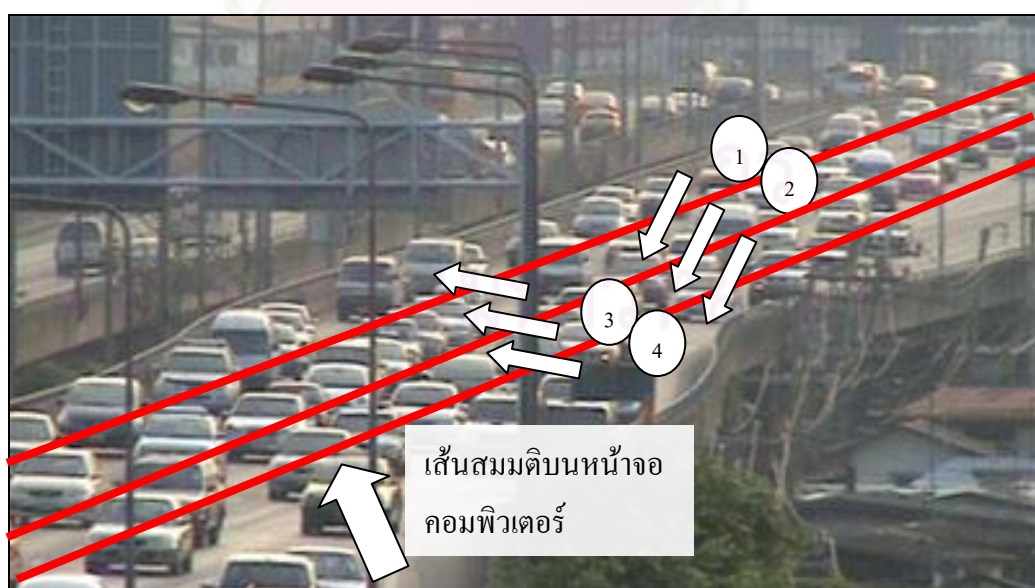
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Count of lane	lane				Backgrour	650	
2	Row Labels	1	2	sum	sec	Intercept	50	
3	6:53:00	1		1	1	50.81944		
4	6:53:01			2	2	51.63889		
5	6:53:02			2	3	51.45833		
6	6:53:03			2	4	51.27778		
7	6:53:04			2	5	51.09722		
8	6:53:05			2	6	50.91667		
9	6:53:06			2	7	50.73611		
10	6:53:07			2	8	50.55556		
11	6:53:08			2	9	50.375		
12	6:53:09			2	10	50.19444		
13	6:53:10	1		2	11	50.01389		
14	6:53:11			3	12	50.83333		
15	6:53:12	1		3	13	50.65278		
16	6:53:13			4	14	51.47222		
17	6:53:14			4	15	51.29167		
18	6:53:15			4	16	51.11111		
19	6:53:16			4	17	50.93056		
20	6:53:17			4	18	50.75		
21	6:53:18	1		4	19	50.56944		
22	6:53:19			5	20	51.38889		
23	6:53:20	1		5	21	51.20833		
24	6:53:21			6	22	52.02778		
25	6:53:22	1		6	23	51.84722		

ภาพที่ 3.11 ข้อมูลจราจรที่พร้อมสำหรับทำกราฟเพื่อการวิเคราะห์

### 3.6 กราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนช่องทาง

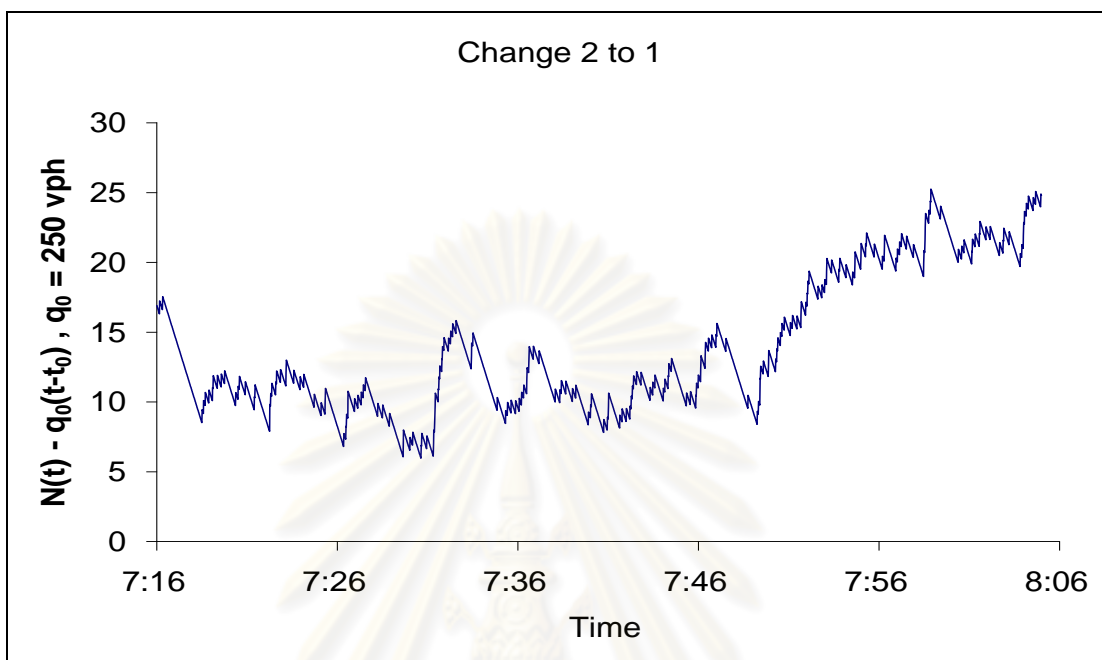
นำข้อมูลมาสร้างกราฟแสดงจำนวนรถสะสมในแต่ละตำแหน่งของพื้นที่ศึกษา หลังจากนั้นจึงทำการปรับแก้กราฟด้วยเวลาในการเคลื่อนที่และพิจารณาอัตราการเคลื่อนตัวของกระแสจราจร เพื่อช่วยให้สามารถจำแนกความแตกต่างของปริมาณการจราจรได้ละเอียดและชัดเจน ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรในแต่ละวันนั้นถูกนำมาทำการเปรียบเทียบถึงความเหมือนและความต่างของสภาพการจราจรหรือพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน เพื่อศึกษาการเกิดคอขวดจราจร และปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความจุของคอขวดจราจร จากนั้นทำการวิเคราะห์ตามประเด็นที่ได้แยกตามปัจจัยที่มี ซึ่งคาดว่ามามีอิทธิพลต่อสภาพการจราจร ด้วยการนำกราฟมาเปรียบเทียบเป็นแผนภาพ และใช้แบบจำลองอย่างง่ายทางสถิติในการจำแนกปัจจัยที่มีความเชื่อมโยงกัน ตามผลกระทบแตกต่างกัน

กราฟแสดงจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรสะสมเชิงเอียงมีวิธีการสร้างเช่นเดียวกับหัวข้อที่ 3.5 เรื่องการประมวลผลข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ ซึ่งมีเพียงวิธีการกนับจำนวนรถจากการเปลี่ยนช่องทางเท่านั้นที่แตกต่างกัน กล่าวคือ การนับ รถที่เปลี่ยนช่องจราจรใช้การจึงเส้นด้ายหรือเชือกบางตามแนวเส้นแบ่งช่องทางจราจรขนานไปกับช่องทางที่สนใจศึกษาเป็นเส้นสมมติบนจอภาพ เพื่อให้ง่ายในการสังเกต รถที่เปลี่ยนช่องทาง และกนับการเปลี่ยนช่องจราจรเมื่อมี รถเปลี่ยนช่องทางไปสู่ช่องทางคู่ที่อยู่ในความสนใจ เช่น ถ้าสนใจการเปลี่ยนช่องทางระหว่างช่องทางที่ 1 และ 2 ให้ใช้เส้นด้ายหรือเชือกบางจึงไปตามแนวระหว่างช่องทางจราจรที่ 1 และ 2 เมื่อมีรถเปลี่ยนเข้าช่องทางที่ 1 จึงกนเลข 1 หากเปลี่ยนเข้าช่องทางที่ 2 จึงกนเลข 2 ดังแสดงในภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 การนับจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรสะสม

หลังจากเสร็จขั้นตอนตามหัวข้อที่ 3.5 จะสามารถสร้างกราฟจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรสะสมเชิงเอียง (Sum of lane changing counts) ดังแสดงในภาพที่ 3.13 เพื่อนำไปทำแผนภาพวิเคราะห์ต่อไป



ภาพที่ 3.13 ตัวอย่างกราฟแสดงจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรสะสม

### 3.7 กราฟค่าเฉลี่ยความหนาแน่น 1 นาทีของรถ

กราฟความหนาแน่นเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ นั้นสร้างโดยการเปิดข้อมูลจราจรที่ถูกบันทึกด้วยกล้องวิดีโอที่ตำแหน่ง  $X_2$  หลังจากนั้นจึงกำหนดเส้นสมมติ 2 ตำแหน่งบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ดังแสดงในภาพที่ 3.14 ต่อมาจึงทำการ นับรถในทุกช่องจราจร ทุกๆ 10 วินาที หลังจากนั้นจึงนำจำนวนรถที่ได้มาแปลงเป็นความหนาแน่นในการเคลื่อนที่ และสร้างกราฟความหนาแน่นของรถเทียบกับเวลาต่อไป



ภาพที่ 3.14 การหาความหนาแน่นในการเคลื่อนที่ของรถ

### 3.8 กราฟค่าเฉลี่ยความเร็ว 1 นาทีของรถ

กราฟความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ นั้นสร้าง โดยการเปิดข้อมูลจราจรที่ถูกบันทึก ด้วยกล้องวิดีโอที่ตำแหน่ง  $X_2$  หลังจากนั้นจึงกำหนดเส้นสมมติ 2 ตำแหน่งบนหน้าจอกอมพิวเตอร์ดังแสดงในภาพที่ 3.1 5 ต่อมาจึงทำการจับเวลาการเคลื่อนที่ของรถในช่องจราจรต่างๆ ทุกๆ 10 วินาที หลังจากนั้นจึงนำเวลาที่ได้มาแปลงเป็นความเร็วในการเคลื่อนที่ และสร้างกราฟความเร็วของรถเทียบกับเวลาต่อไป



ภาพที่ 3.15 การหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถ

สรุปเนื้อหาในบทนี้เป็นการกล่าวถึง การวิเคราะห์โดยใช้แผนภาพกราฟสะสมเชิงเชิงและแบบจำลองอย่างง่าย ซึ่ง ได้ใช้แผนภาพสะสมเชิงเชิงเพื่อหาราย ละเอียดของเหตุการณ์ ที่สร้างความสัมพันธ์กับปริมาณจราจร และใช้แบบจำลองการถดถอย เพื่อทำความเข้าใจและหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเคลื่อนที่เข้าและออกทางด่วน กับความจุของถนน โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้กล่าวในบทที่ 4 ต่อไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## บทที่ 4

### ผลการศึกษาข้อมูลจราจร

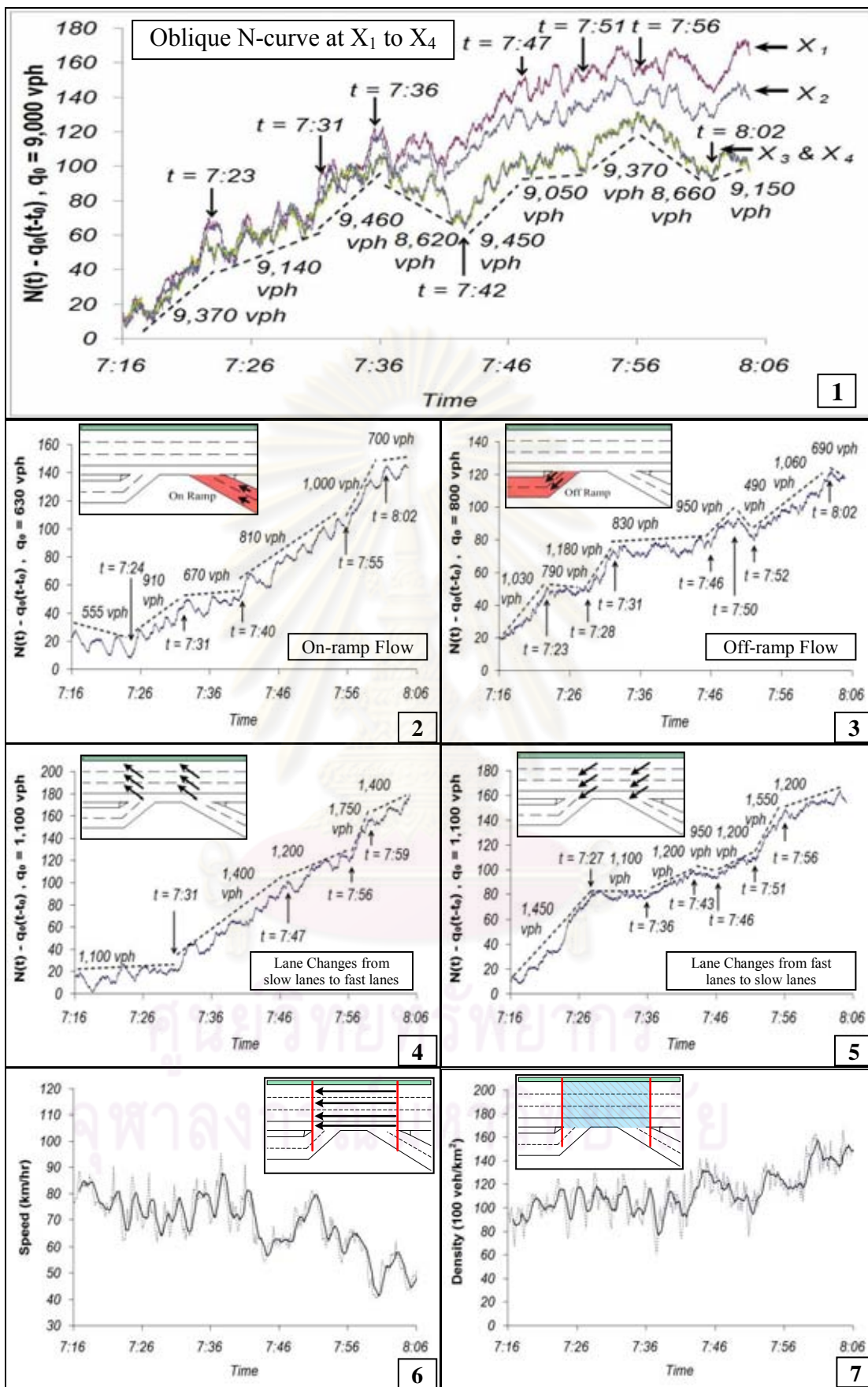
เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงข้อมูล จราจรเป็นเวลา 4 วัน คือ วันจันทร์ที่ 22 มีนาคม 2553 วันศุกร์ที่ 26 มีนาคม 2553 วันอังคารที่ 3 สิงหาคม 2553 และวันพุธที่ 4 สิงหาคม 2553 ซึ่งมีสภาพการจราจรเป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อการเลือกพื้นที่ศึกษา กล่าวคือ การจราจรเกิดการติดขัดระหว่างบริเวณต้นทางและปลายทางของทางด่วน รวมไปถึงปราศจากแถวคอยในบริเวณปลายทาง และไม่มีรถยนต์จอดเสียหรือเกิดอุบัติเหตุขึ้นในระหว่างที่ทำการเก็บข้อมูล โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลในช่วงโมงเร่งด่วนเช้าระหว่างช่วงเวลา 6:30 -8:10 น. ซึ่งทำการนำเสนอการ ผลการศึกษาข้อมูลจราจรของทั้ง 4 วัน ที่ได้จากการเก็บบันทึกดังต่อไปนี้

#### 4.1. ผลการศึกษาข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553

ข้อมูลจราจรในวันนี้ได้ถูกนำเสนอเป็นแผนภาพ ซึ่งใน ภาพที่ 4.1 (1) แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียง (Oblique cumulative plot) ของจำนวนรถบนทางด่วนที่จุดตั้งกล้องในตำแหน่งต่างๆ กับเวลาโดยใช้ตำแหน่งในการนับที่ 3 ( $X_3$ ) เป็นจุดอ้างอิง หลังจากนั้นจึงทำการเลื่อนกราฟของตำแหน่งในการนับที่ 1 ( $X_1$ ), 2 ( $X_2$ ) และ 4 ( $X_4$ ) โดยการใช้เวลาเคลื่อนที่อิสระระหว่าง ( $X_1$  กับ  $X_3$ ) ( $X_2$  กับ  $X_3$ ) และ ( $X_3$  กับ  $X_4$ ) ตามลำดับ

จากการสังเกตแผนภาพของภาพที่ 4.1 พบว่ามีช่วงระยะเวลาความล่าช้าประมาณ 1 – 2 นาที ก่อนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความจุ อันเป็นผลกระทบจากปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนหรือปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากทางด่วน ซึ่งเกิดขึ้นในเหตุการณ์ก่อนหน้า เมื่อพิจารณากราฟสะสมเชิงเอียงพบว่าเส้นกราฟจำนวนรถสะสมของตำแหน่ง  $X_3$  และ  $X_4$  แยกออกจากเส้นกราฟจำนวนรถสะสมของตำแหน่ง  $X_1$  และ  $X_2$  ได้อย่างชัดเจนเมื่อเวลาประมาณ 7:36 เป็นต้นไป จึงแสดงให้เห็นว่า ที่เวลาดังกล่าวเริ่มเกิดปัญหาคอขวดจราจรบนทางด่วน

อย่างไรก็ตาม เส้นกราฟจำนวนรถสะสมทั้ง 4 เส้นไม่กลับมาชิดติดกันได้เพราะบนทางด่วนเกิดสภาพคอขวดจราจรขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดเวลาในการเก็บข้อมูล เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ เปรียบเทียบและศึกษาพฤติกรรมของคอขวดจราจรในแต่ละสถานะ งานวิจัยนี้จึงได้แบ่งการพิจารณาออกเป็นแผนภาพดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.1 ข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 1

- (1) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถบนทางด่วนที่ตำแหน่ง  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  และ  $X_4$
- (2) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งเข้าทางด่วนที่ตำแหน่ง  $X_1$
- (3) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งออกทางด่วนที่ตำแหน่ง  $X_3$
- (4) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งจากช่องทางเคลื่อนที่ช้าไปช่องทางเคลื่อนที่เร็ว
- (5) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช่องทางเคลื่อนที่ช้า
- (6) กราฟค่าเฉลี่ยความเร็ว 1 นาทีของรถบนช่องจราจรที่ 1 ถึง 4
- (7) กราฟค่าเฉลี่ยความหนาแน่น 1 นาทีของรถระหว่างพื้นที่ทางร่วมกับทางแยก

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.1 (1) ที่เวลา ก่อน 7:36 พบว่ากราฟทับเป็นเส้นเดียวกันในช่วงเวลา ก่อนเกิดคอขวดจราจร ซึ่งหมายความว่า การจราจรบนทางด่วนสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ โดยมีปริมาณการเคลื่อนที่ของรถบนทางด่วนประมาณ 9,140 ถึง 9,460 คันต่อชั่วโมง หลังจากเวลา 7:36 จึงเกิดคอขวดจราจรขึ้น โดยมีปริมาณการเคลื่อนที่ของรถบนทางด่วน 8,620 คันต่อชั่วโมง หรือลดลงร้อยละ 9

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.1 (2) และภาพที่ 4.1 (3) แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนและออกทางด่วนตามลำดับ พบว่ากราฟมีแนวโน้มเช่นเดียวกับ ภาพที่ 4.1 (4) และภาพที่ 4.1 (5) ที่แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางเคลื่อนที่ช้าไปเร็ว (Lane changes from slow lanes to fast lanes) และกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางที่เคลื่อนที่เร็วไปช้า (Lane changes from fast lanes to slow lanes) ตามลำดับ ส่วนภาพที่ 4.1 (6) และภาพที่ 4.1 (7) แสดงกราฟสะสมเชิงเอียงของความเร็วและความหนาแน่น ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาแผนภาพของภาพที่ 4.1 ซึ่งเป็นภาพรวมของผลการศึกษา ทำให้ทราบว่า การเคลื่อนที่เข้าทางด่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่ช้าไปเร็ว และการเคลื่อนที่ออกทางด่วนเกิด โดยการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช้า ซึ่งทั้งสองกรณีส่งผลต่อปริมาณการเคลื่อนที่บนทางด่วน โดยสรุปรายละเอียดของเหตุการณ์ได้ดังตารางที่ 4.1

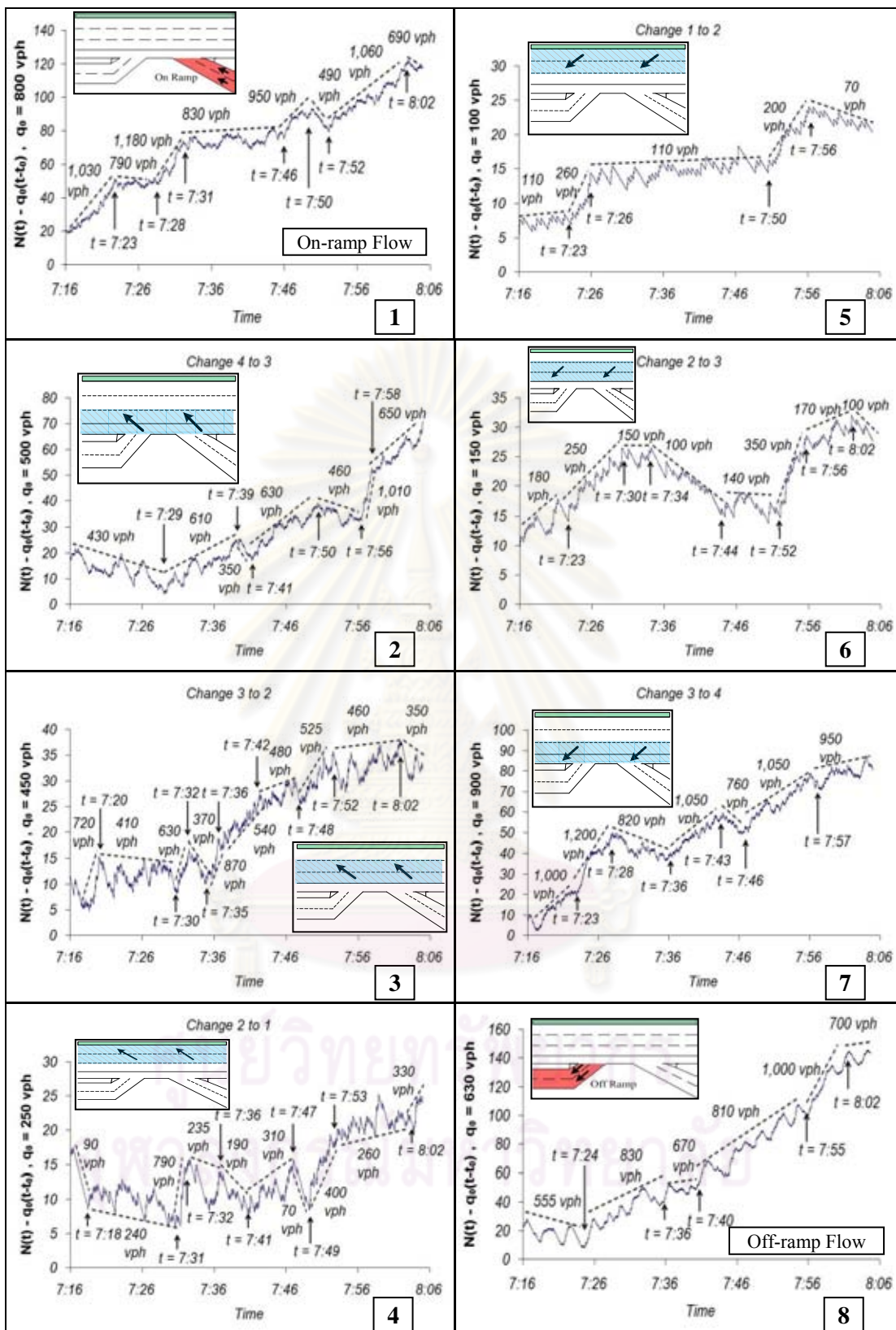
ตารางที่ 4.1 ประกอบด้วยปริมาณการเคลื่อนที่บนทางด่วน ค่าเฉลี่ยของปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วน ค่าเฉลี่ยของปริมาณการเคลื่อนที่ออกทางด่วน และค่าเฉลี่ยของปริมาณการเปลี่ยนช่องทางที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน หลังจากเกิดคอขวดจราจรพบว่า ปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนหรือปริมาณการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่ช้าไปเร็วทำให้ความจุคอขวดเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดที่เวลา 7:42 7:51 ในทางตรงกันข้าม ปริมาณการเคลื่อนที่ออกทางด่วนหรือปริมาณการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช้าทำให้ความจุคอขวดลดลง ซึ่งเกิดที่เวลา 7:36 7:47 7:56 อย่างไรก็ตาม ถ้าปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนหรือปริมาณการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่ช้าไปเร็ว และ

ปริมาณการเคลื่อนที่ออกทางด่วนหรือปริมาณการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช้ามีปริมาณมากพร้อมกัน นั้นส่งผลให้ความจุคอขวดลดลง ซึ่งเกิดที่เวลา 7:52 โดยมีรายละเอียดแนวโน้มระหว่างการเคลื่อนที่เข้าและออกทางด่วน กับการเปลี่ยนช่องทาง ดังแผนภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 สรุปข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 1

สภาพจราจร	เวลา	ปริมาณการเคลื่อนที่	เข้าทางด่วน	ออกทางด่วน	เปลี่ยนช่อง	
					ช้า-ไป-เร็ว	เร็ว-ไป-ช้า
กันต่อชั่วโมง						
อิสระในการเคลื่อนที่	7:24 - 7:31	9,140	830	960	1,100	1,250
	7:31 - 7:36	9,460	830	830	1,400	1,100
คอขวดจราจร	7:36 - 7:42	8,620	720	830	1,400	1,200
	7:42 - 7:47	9,450	810	850	1,400	1,050
	7:47 - 7:51	9,050	810	835	1,200	1,200
	7:51 - 7:56	9,370	850	950	1,200	1,550
	7:56 - 8:02	8,660	1,000	1,060	1,575	1,200
	8:02 - 8:05	9,150	700	690	1,400	1,200

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.2 (1) ถึงภาพที่ 4.2 (4) เป็นการศึกษาผลกระทบของปริมาณการเคลื่อนที่เข้าและออกทางด่วนที่มีผลต่อการเปลี่ยนช่องทาง ซึ่งแสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของการเคลื่อนที่เข้าทางด่วน ที่ส่งผลต่อกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนจากช่องทางที่ 4 ไป 3 ต่อมาจึงเปลี่ยนจากช่องทางที่ 3 ไป 2 แล้วสุดท้ายจึงเปลี่ยนจากช่องทางที่ 2 ไป 1 ตามลำดับ โดยที่กราฟสะสมเชิงเอียงการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนกับกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนจากช่องทางที่ 4 ไป 3 มีแนวโน้มเหมือนกันมากที่สุด ในทางตรงกันข้าม ภาพที่ 4.2 (5) ถึงภาพที่ 4.2 (8) แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนจากช่องทางที่ 1 ไป 2 ต่อมาจึงเปลี่ยนจากช่องทางที่ 2 ไป 3 แล้วเปลี่ยนจากช่องทางที่ 3 ไป 4 สุดท้ายจึงส่งผลต่อกราฟสะสมเชิงเอียงของการเคลื่อนที่ออกทางด่วนตามลำดับ โดยที่กราฟสะสมเชิงเอียงการเคลื่อนที่ออกทางด่วนกับกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนจากช่องทางที่ 3 ไป 4 มีแนวโน้มเหมือนกันมากที่สุด โดยสรุป รายละเอียดของเหตุการณ์ ได้ดังตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3



ภาพที่ 4.2 ข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2

- (1) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งเข้าทางด่วนที่ตำแหน่ง X,
- (2) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 4 ไปช่องทางที่ 3

- (3) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 3 ไปช่องทางที่ 2
- (4) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 2 ไปช่องทางที่ 1
- (5) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 1 ไปช่องทางที่ 2
- (6) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 2 ไปช่องทางที่ 3
- (7) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 3 ไปช่องทางที่ 4
- (8) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งออกทางด่วนที่ตำแหน่ง  $X_3$

ตารางที่ 4.2 สรุปข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2.1

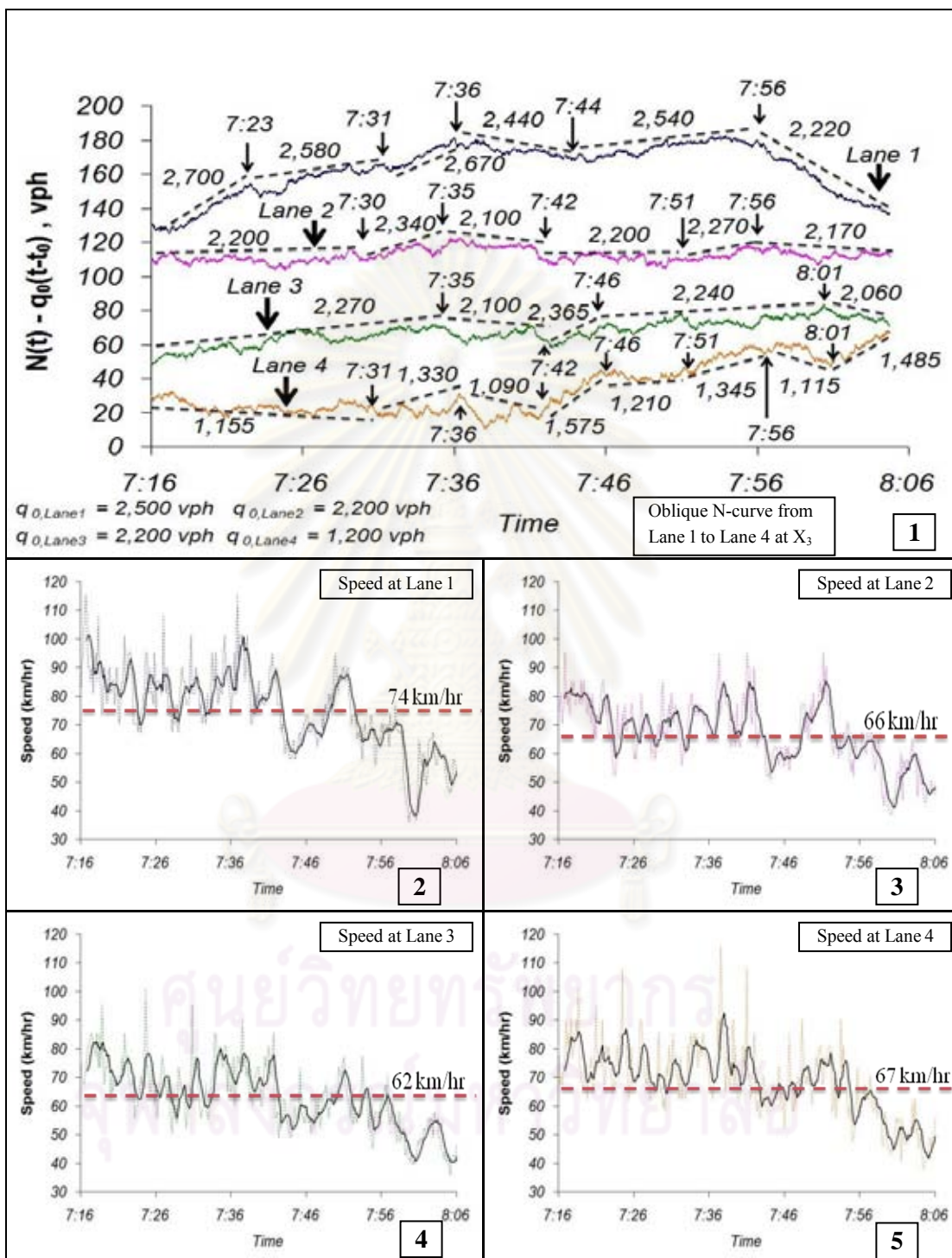
เวลา	เคลื่อนที่เข้าทาง	เปลี่ยนช่องทางที่	เปลี่ยนช่องทางที่	เปลี่ยนช่องทางที่
	ด่วน	4 ไป 3	3 ไป 2	2 ไป 1
	คั่นต่อชั่วโมง			
7:24 - 7:36	830	535	475	280
7:36 - 7:40	670	545	540	190
7:40 - 7:55	810	555	500	290
7:55 - 8:02	1,000	730	460	260
8:02 - 8:06	700	650	350	330

ตารางที่ 4.3 สรุปข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2.2

เวลา	เปลี่ยนช่องทางที่	เปลี่ยนช่องทางที่	เปลี่ยนช่องทางที่	เคลื่อนที่ออกทาง
	1 ไป 2	2 ไป 3	3 ไป 4	ด่วน
	คั่นต่อชั่วโมง			
7:23 - 7:28	200	250	1,200	790
7:28 - 7:31	110	220	820	1,180
7:31 - 7:46	110	115	915	830
7:46 - 7:50	110	140	1,050	950
7:50 - 7:52	200	140	1,050	490
7:52 - 8:02	120	240	1,000	1,060
8:02 - 8:06	70	100	950	690

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลโดยสรุปจากภาพที่ 4.2 (1) ถึงภาพที่ 4.2 (4) พบว่าปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนกับผลรวมของปริมาณการเปลี่ยนช่องทางตั้งแต่ช่องทางที่ 4 ไปถึง 1 มีแนวโน้มไปทางเดียวกัน ดังเช่นที่เวลา 7:36 7:40 7:55 8:02 เป็นต้น อีกทั้งตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลโดยสรุปจากภาพที่ 4.2 (5) ถึงภาพที่ 4.2 (8) พบว่าถ้าปริมาณการเคลื่อนที่ออกทางด่วนกับผลรวม

ของปริมาณการเปลี่ยนช่องทางตั้งแต่ช่องทางที่ 1 ไปถึง 4 มีแนวโน้มไปทางเดียวกัน ดังเช่นที่เวลา 7:31 7:46 8:02 เป็นต้น โดยตารางที่ 4.2 มีแนวโน้มชัดเจนมากกว่าตารางที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3  
 (1) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่ตำแหน่ง  $X_3$  ช่องทางจราจรที่ 1 ถึง 4  
 (2) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วรถบนช่องจราจรที่ 1

- (3) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วรถบนช่องจราจรที่ 2  
 (4) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วรถบนช่องจราจรที่ 3  
 (5) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วรถบนช่องจราจรที่ 4

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.3 แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของปริมาณการเคลื่อนที่บนทางด่วนตั้งแต่ช่องทางที่ 1 ถึง 4 ที่ตำแหน่ง  $X_3$  เทียบกับความเร็วในแต่ละช่องทาง พบว่าช่องทางที่อยู่ใกล้เกาะกลางมีปริมาณการเคลื่อนที่และความเร็วมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามช่องทางที่อยู่ไกลเกาะกลางมีปริมาณการเคลื่อนที่และความเร็วลดลง

ตารางที่ 4.4 สรุปข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.1

เวลา	ช่องทางที่ 1	เปลี่ยนช่องทางที่ 2 ไป 1	เปลี่ยนช่องทางที่ 1 ไป 2	ความเร็ว
	คันต่อชั่วโมง			กิโลเมตรต่อชั่วโมง
7:24 - 7:31	2,700	220	145	82
7:31 - 7:36	2,670	350	110	83
7:36 - 7:44	2,440	235	110	81
7:44 - 7:56	2,540	290	155	71
7:56 - 8:05	2,220	280	70	58

ตารางที่ 4.5 สรุปข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.2

เวลา	ช่องทางที่ 2	เปลี่ยน ช่องทางที่ 3 ไป 2	เปลี่ยน ช่องทางที่ 1 ไป 2	เปลี่ยน ช่องทางที่ 2 ไป 1	เปลี่ยน ช่องทางที่ 2 ไป 3	ความเร็ว
	คันต่อชั่วโมง					กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง
7:24 - 7:30	2,200	410	160	240	250	69
7:30 - 7:35	2,340	475	110	350	140	71
7:35 - 7:42	2,100	590	110	215	100	74
7:42 - 7:51	2,200	495	120	280	130	65
7:51 - 7:56	2,270	470	200	320	308	67
7:56 - 8:05	2,170	380	70	280	150	54



ตารางที่ 4.6 สรุปข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.3

เวลา	ช่องทางที่ 3	เปลี่ยน ช่องทางที่ 4 ไป 3	เปลี่ยน ช่องทางที่ 2 ไป 3	เปลี่ยน ช่องทางที่ 3 ไป 2	เปลี่ยน ช่องทางที่ 3 ไป 4	ความเร็ว
	คันต่อชั่วโมง					กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง
7:24 - 7:35	2,270	530	200	440	960	68
7:35 - 7:42	2,100	540	100	590	1,020	72
7:42 - 7:46	2,365	630	120	480	830	56
7:46 - 8:01	2,240	460	155	360	770	57
8:01 - 8:05	2,060	650	120	380	950	50

ตารางที่ 4.7 สรุปข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.4

เวลา	ช่องทางที่ 4	เปลี่ยนช่องทาง ที่ 4 ไป 3	เปลี่ยนช่องทาง ที่ 3 ไป 4	ความเร็ว
	คันต่อชั่วโมง			กิโลเมตรต่อชั่วโมง
7:24 - 7:31	1,155	480	1,040	73
7:31 - 7:36	1,330	610	820	76
7:36 - 7:42	1,090	530	1,050	76
7:42 - 7:46	1,575	630	830	64
7:46 - 7:51	1,210	595	1,050	69
7:51 - 7:56	1,345	460	1,050	67
7:56 - 8:01	1,115	795	970	56
8:01 - 8:05	1,485	650	950	50

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.4 ถึงตารางที่ 4.7 แสดงถึงข้อมูลที่สรุปจากการแผนภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบกับแผนภาพที่ 4.3 พบว่าช่องทางที่ 1 มีปริมาณการเคลื่อนที่มากที่สุด คือเฉลี่ยประมาณ 2,493 คันต่อชั่วโมง และความเร็วเฉลี่ยประมาณ 74 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในทางตรงกันข้ามช่องทางที่ 4 มีปริมาณการเคลื่อนที่น้อยที่สุด คือเฉลี่ยประมาณ 1,265 คันต่อชั่วโมง ส่วนช่องทางที่ 3 มีความเร็วเฉลี่ยต่ำสุด คือประมาณ 62 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากช่องทางที่ 3 เป็นช่องทางปกติที่ใช้สำหรับรถวิ่ง ขณะที่ช่องทางที่ 4 ไม่ได้เป็นช่องทางรถวิ่งแต่เป็นไหล่ทาง เมื่อ

ช่องทางที่ 3 มีความเร็วลดลงมากหรือเกิดจากราคาติดขัด รถมีแนวโน้มเปลี่ยนมาใช้ช่องทางที่ 4 แทน เพราะว่ามีความเร็วในการเคลื่อนที่มากกว่าช่องทางที่ 3

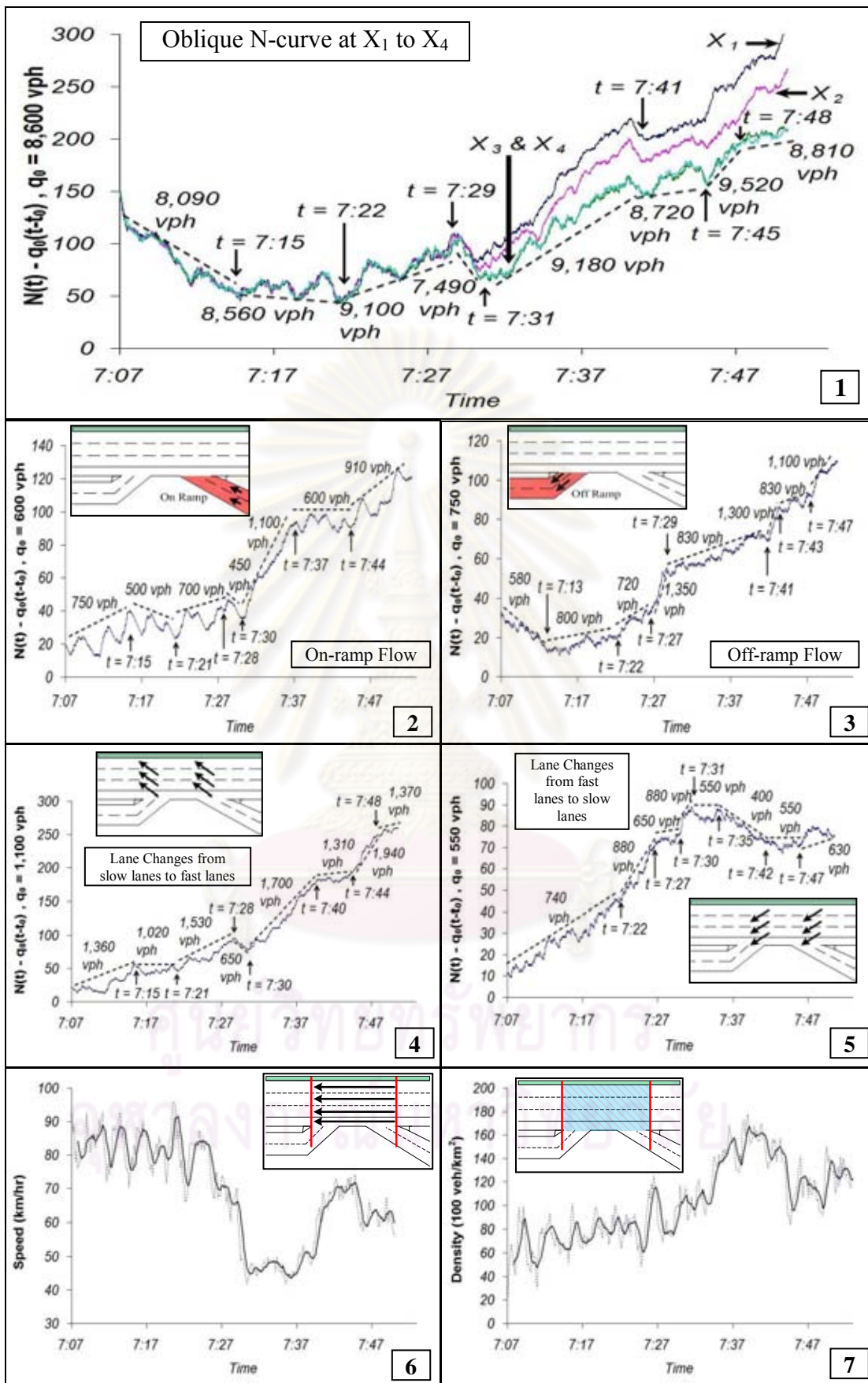
#### 4.2. ผลการศึกษาข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553

แผนภาพของภาพที่ 4.4 แสดงภาพรวมผลการศึกษาคือข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 เห็นได้ว่า ตั้งแต่เวลาที่เริ่มทำการเก็บข้อมูลจนกระทั่งเวลาประมาณ 7:31 นั้น รถบนทางด่วนสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ แต่หลังจากเวลา 7:31 พบว่าเส้นกราฟสะสมเชิงเอียงของจำนวนรถบนทางด่วน ที่ตำแหน่ง  $X_1$  และ  $X_2$  เริ่มแยกออกจากเส้นกราฟ สะสมเชิงเอียงของจำนวนรถบนทางด่วน ที่ตำแหน่ง  $X_3$  และ  $X_4$  อย่างชัดเจน ทำให้สามารถทราบได้ว่าปัญหาคอขวดจราจรนั้นได้เกิดขึ้นมาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว อย่างไรก็ตามเส้นกราฟจำนวนรถสะสมทั้ง 4 นั้นไม่กลับมาติดชิดกันได้ เพราะบนทางด่วนนั้นเกิดสภาพคอขวดจราจรขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดเวลาในการเก็บข้อมูล เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ เปรียบเทียบและศึกษาพฤติกรรมของคอขวดจราจร งานวิจัยนี้จึงได้แบ่งการพิจารณาออกเป็นแผนภาพดังต่อไปนี้

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.4 (1) ที่เวลาก่อน 7:31 พบว่ากราฟทับเป็นเส้นเดียวกันที่ช่วงเวลาก่อนเกิดคอขวดจราจร ซึ่งหมายความว่าจราจรบนทางด่วนสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ โดยมีปริมาณการเคลื่อนที่ของรถบนทางด่วนประมาณ 7,490 ถึง 9,100 คันต่อชั่วโมง หลังจากเวลา 7:31 จึงเกิดคอขวดจราจรขึ้น โดยมีปริมาณการเคลื่อนที่ของรถบนทางด่วน 9,180 คันต่อชั่วโมง หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 23

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.4 (2) และภาพที่ 4.4 (3) แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนและออกทางด่วนตามลำดับ พบว่ากราฟมีแนวโน้มเช่นเดียวกับ ภาพที่ 4.4 (4) และภาพที่ 4.4 (5) ที่แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางเคลื่อนที่ช้าไปเร็ว และกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางที่เคลื่อนที่เร็วไป ตามลำดับ ส่วนภาพที่ 4.4 (6) และภาพที่ 4.4 (7) แสดงกราฟสะสมเชิงเอียงของความเร็วและความหนาแน่น ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาแผนภาพของภาพที่ 4.4 ทำให้ทราบว่า การเคลื่อนที่เข้าทางด่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่ช้าไปเร็ว และการเคลื่อนที่ออกทางด่วนเกิดโดยการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช้า ซึ่งทั้งสองกรณีส่งผลต่อปริมาณการเคลื่อนที่บนทางด่วน โดยสรุปรายละเอียดของเหตุการณ์ได้ดังตารางที่ 4.4



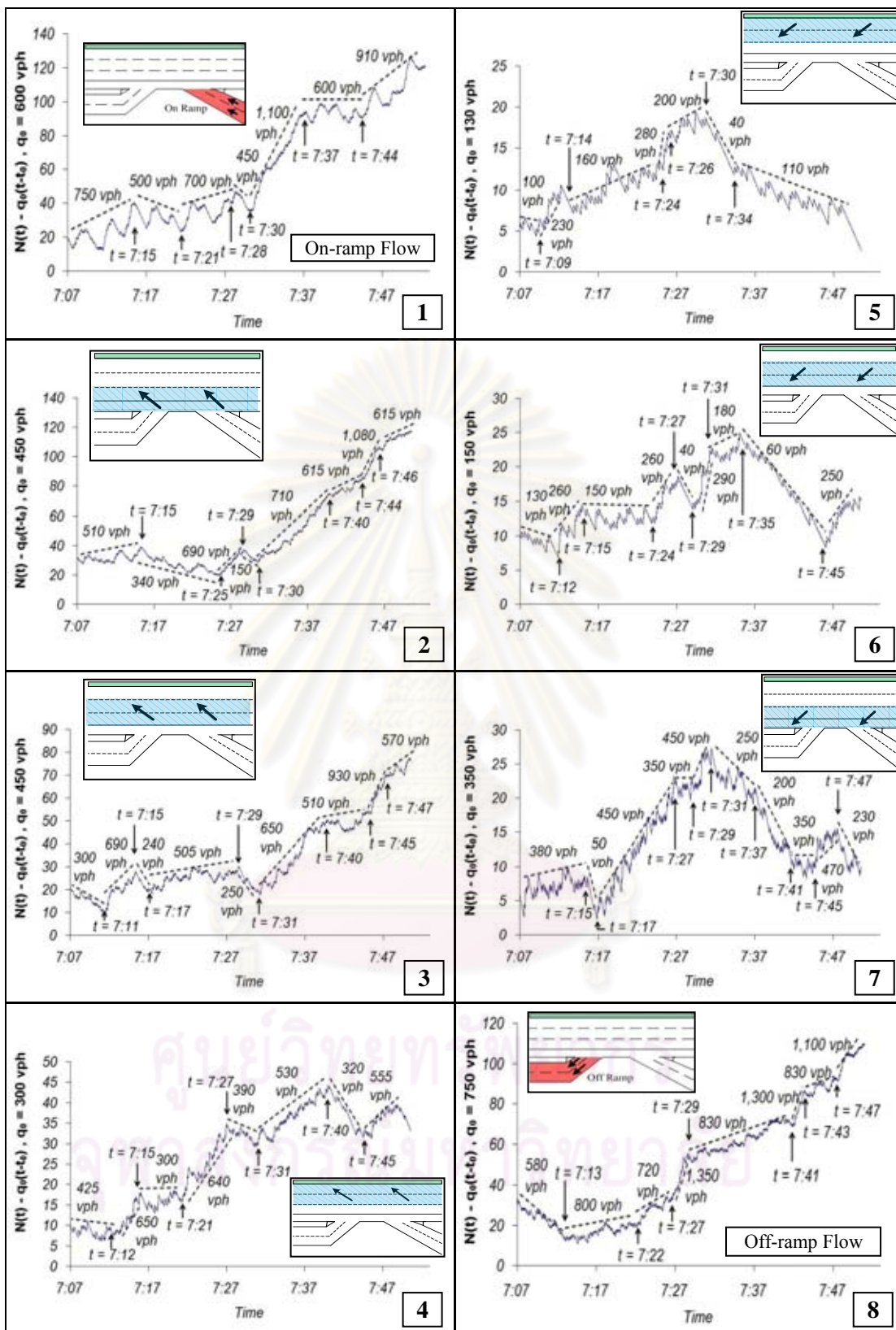
ภาพที่ 4.4 ข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 1

- (1) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถบนทางด่วนที่ตำแหน่ง  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  และ  $X_4$
- (2) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งเข้าทางด่วนที่ตำแหน่ง  $X_1$
- (3) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งออกทางด่วนที่ตำแหน่ง  $X_3$
- (4) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งจากช่องทางเคลื่อนที่ช้าไปช่องทางเคลื่อนที่เร็ว
- (5) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช่องทางเคลื่อนที่ช้า
- (6) กราฟค่าเฉลี่ยความเร็ว 1 นาทีของรถบนช่องจราจรที่ 1 ถึง 4
- (7) กราฟค่าเฉลี่ยความหนาแน่น 1 นาทีของรถระหว่างพื้นที่ทางร่วมกับทางแยก

ตารางที่ 4.8 ประกอบด้วยปริมาณการเคลื่อนที่บนทางด่วน ค่าเฉลี่ยของปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วน ค่าเฉลี่ยของปริมาณการเคลื่อนที่ออกทางด่วน และค่าเฉลี่ยของปริมาณการเปลี่ยนช่องทางที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน หลังจากเกิดคอขวดจราจรพบว่า ปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนหรือปริมาณการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่ช้าไปเร็วที่เพิ่มขึ้นทำให้ความจุคอขวดเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดที่เวลา 7:31 และ 7:45 ในทางตรงกันข้าม ปริมาณการเคลื่อนที่ออกทางด่วนหรือปริมาณการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช้าทำให้ความจุคอขวดลดลง ซึ่งเกิดที่เวลา 7:41 และ 7:48 โดยมีรายละเอียดแนวโน้มระหว่างการเคลื่อนที่เข้าและออกทางด่วน กับการเปลี่ยนช่องทาง ดังแผนภาพที่ 4.5

ตารางที่ 4.8 สรุปข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 1

สภาพจราจร	เวลา	ปริมาณการเคลื่อนที่	เข้าทางด่วน	ออกทางด่วน	เปลี่ยนช่อง ช้า-ไป-เร็ว	เปลี่ยนช่อง เร็ว-ไป-ช้า
อิสระในการเคลื่อนที่	7:15 - 7:24	8,560	570	800	1,190	770
	7:24 - 7:29	9,100	650	970	1,350	790
	7:29 - 7:31	7,490	775	830	1,175	765
คอขวดจราจร	7:31 - 7:41	9,180	900	830	1,580	460
	7:41 - 7:45	8,720	680	1,065	1,468	475
	7:45 - 7:48	9,520	910	920	1,940	580
	7:48 - 7:50	8,810	910	1,100	1,370	630



ภาพที่ 4.5 ข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2

- (1) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งเข้าทางด่วนที่ตำแหน่ง X<sub>1</sub>
- (2) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 4 ไปช่องทางที่ 3

- (3) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 3 ไปช่องทางที่ 2
- (4) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 2 ไปช่องทางที่ 1
- (5) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 1 ไปช่องทางที่ 2
- (6) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 2 ไปช่องทางที่ 3
- (7) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 3 ไปช่องทางที่ 4
- (8) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งออกทางด่วนที่ตำแหน่ง  $X_3$

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.5 (1) ถึงภาพที่ 4.5 (4) เป็นการศึกษาผลกระทบของปริมาณการเคลื่อนที่เข้าและออกทางด่วนที่มีผลต่อการเปลี่ยนช่องทาง ซึ่งแสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของการเคลื่อนที่เข้าทางด่วน ที่ส่งผลต่อกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนจากช่องทางที่ 4 ไป 3 ต่อมาจึงเปลี่ยนจากช่องทางที่ 3 ไป 2 แล้วสุดท้ายจึงเปลี่ยนจากช่องทางที่ 2 ไป 1 ตามลำดับ โดยที่กราฟสะสมเชิงเอียงการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนกับกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนจากช่องทางที่ 4 ไป 3 มีแนวโน้มเหมือนกันมากที่สุด ในทางตรงกันข้าม ภาพที่ 4.5 (5) ถึงภาพที่ 4.5 (8) แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนจากช่องทางที่ 1 ไป 2 ต่อมาจึงเปลี่ยนจากช่องทางที่ 2 ไป 3 แล้วเปลี่ยนจากช่องทางที่ 3 ไป 4 สุดท้ายจึงส่งผลต่อกราฟสะสมเชิงเอียงของการเคลื่อนที่ออกทางด่วนตามลำดับ โดยที่กราฟสะสมเชิงเอียงการเคลื่อนที่ออกทางด่วนกับกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนจากช่องทางที่ 3 ไป 4 มีแนวโน้มเหมือนกันมากที่สุด โดยสรุป รายละเอียดของเหตุการณ์ ได้ดังตารางที่ 4.9 และตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.9 สรุปข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2.1

เวลา	เคลื่อนที่เข้าทาง ด่วน	เปลี่ยนช่องทางที่ 4 ไป 3	เปลี่ยนช่องทางที่ 3 ไป 2	เปลี่ยนช่องทางที่ 2 ไป 1
	คันต่อชั่วโมง			
7:15 - 7:21	500	340	420	300
7:21 - 7:28	700	490	505	605
7:28 - 7:30	450	420	380	390
7:30 - 7:37	1,100	710	590	510
7:37 - 7:44	600	655	570	410
7:44 - 7:50	910	770	680	515

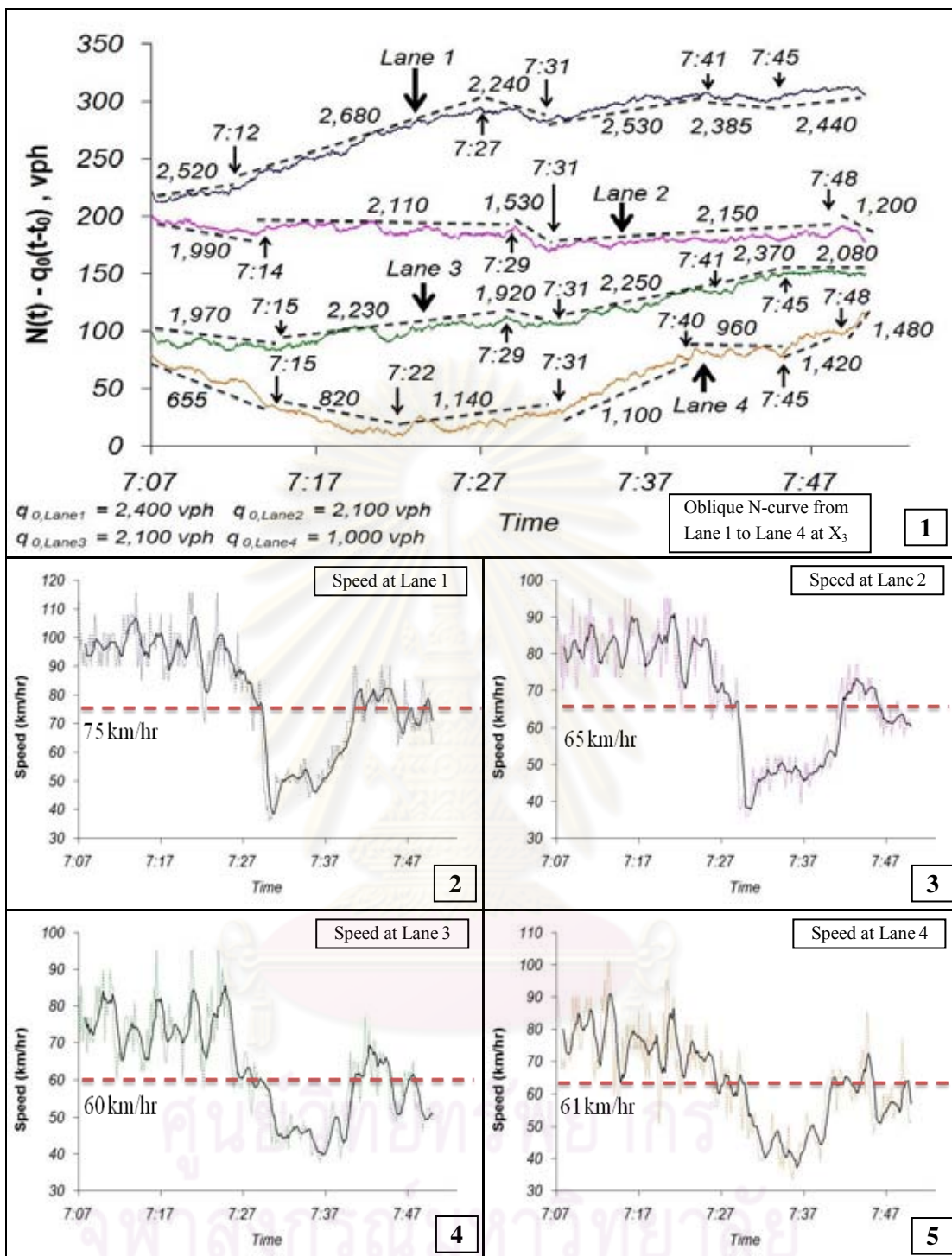
ตารางที่ 4.10 สรุปข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2.2

เวลา	เปลี่ยนช่องทางที่	เปลี่ยนช่องทางที่	เปลี่ยนช่องทางที่	เคลื่อนที่ออกทาง ด่วน
	1 ไป 2	2 ไป 3	3 ไป 4	
	คั่นต่อชั่วโมง			
7:15 - 7:22	160	150	340	800
7:22 - 7:27	220	220	450	720
7:27 - 7:29	200	40	350	1,350
7:29 - 7:41	95	140	270	830
7:41 - 7:43	110	60	350	1,300
7:43 - 7:47	110	155	410	830
7:47 - 7:50	110	250	230	1,100

ตารางที่ 4.9 แสดงข้อมูลโดยสรุปจากภาพที่ 4.5 (1) ถึงภาพที่ 4.5 (4) พบว่าปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนกับผลรวมของปริมาณการเปลี่ยนช่องทางตั้งแต่ช่องทางที่ 4 ไปถึง 1 มีแนวโน้มไปทางเดียวกัน ดังเช่นที่เวลา 7:21 7:28 7:30 7:37 7:47 เป็นต้น อีกทั้งตารางที่ 4.10 แสดงข้อมูลโดยสรุปจากภาพที่ 4.5 (5) ถึงภาพที่ 4.5 (8) พบว่าถ้าปริมาณการเคลื่อนที่ออกทางด่วนกับผลรวมของปริมาณการเปลี่ยนช่องทางตั้งแต่ช่องทางที่ 1 ไปถึง 4 มีแนวโน้มไปทางเดียวกัน ดังเช่นที่เวลา 7:29 7:41 เป็นต้น โดยตารางที่ 4.9 มีแนวโน้มชัดเจนมากกว่าตารางที่ 4.10

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.6 แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของปริมาณการเคลื่อนที่บนทางด่วนตั้งแต่ช่องทางที่ 1 ถึง 4 ที่ตำแหน่ง  $X_3$  เทียบกับความเร็วในแต่ละช่องทาง พบว่าช่องทางที่อยู่ใกล้เกาะกลางมีปริมาณการเคลื่อนที่และความเร็วมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามช่องทางที่อยู่ไกลเกาะกลางมีปริมาณการเคลื่อนที่และความเร็วลดลง

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.6 ข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3

- (1) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่ตำแหน่ง  $X_3$  ช่องทางจราจรที่ 1 ถึง 4
- (2) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วรถบนช่องจราจรที่ 1
- (3) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วรถบนช่องจราจรที่ 2
- (4) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วรถบนช่องจราจรที่ 3
- (5) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วรถบนช่องจราจรที่ 4



ตารางที่ 4.11 สรุปข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.1

เวลา	ช่องทางที่ 1	เปลี่ยนช่องทางที่ 2 ไป 1	เปลี่ยนช่องทางที่ 1 ไป 2	ความเร็ว
	คันต่อชั่วโมง			กิโลเมตรต่อชั่วโมง
7:15 - 7:27	2,680	470	180	95
7:27 - 7:31	2,240	390	160	65
7:31 - 7:41	2,530	510	90	56
7:41 - 7:45	2,385	320	110	80
7:45 - 7:50	2,440	555	110	72

ตารางที่ 4.12 สรุปข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.2

เวลา	ช่องทางที่ 2	เปลี่ยน ช่องทางที่ 3 ไป 2	เปลี่ยน ช่องทางที่ 1 ไป 2	เปลี่ยน ช่องทางที่ 2 ไป 1	เปลี่ยน ช่องทางที่ 2 ไป 3	ความเร็ว
	คันต่อชั่วโมง					กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง
7:15 - 7:29	2,110	470	190	460	160	79
7:29 - 7:31	1,530	250	120	390	290	42
7:31 - 7:48	2,150	640	100	470	120	56
7:48 - 7:50	1,200	570	110	555	250	62

ตารางที่ 4.13 สรุปข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.3

เวลา	ช่องทางที่ 3	เปลี่ยน ช่องทางที่ 4 ไป 3	เปลี่ยน ช่องทางที่ 2 ไป 3	เปลี่ยน ช่องทางที่ 3 ไป 2	เปลี่ยน ช่องทางที่ 3 ไป 4	ความเร็ว
	คันต่อชั่วโมง					กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง
7:15 - 7:29	2,230	440	160	470	380	72
7:29 - 7:31	1,920	430	290	250	450	54
7:31 - 7:41	2,250	700	108	640	230	47
7:41 - 7:45	2,370	730	60	510	350	64
7:45 - 7:50	2,080	708	110	715	330	54

ตารางที่ 4.14 สรุปข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.4

เวลา	ช่องทางที่ 4	เปลี่ยนช่องทาง ที่ 4 ไป 3	เปลี่ยนช่องทาง ที่ 3 ไป 4	ความเร็ว
	คันต่อชั่วโมง			กิโลเมตรต่อชั่วโมง
7:15 - 7:22	820	340	340	77
7:22 - 7:31	1,140	520	430	65
7:31 - 7:40	1,100	710	230	45
7:40 - 7:45	960	710	320	65
7:45 - 7:48	1,420	770	390	55
7:48 - 7:50	1,480	615	230	58

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.11 ถึงตารางที่ 4.14 แสดงถึงข้อมูลที่สรุปจากการแผนภาพที่ 4.5 เปรียบเทียบกับแผนภาพที่ 4.6 พบว่าช่องทางที่ 1 มีปริมาณการเคลื่อนที่มากที่สุด คือเฉลี่ยประมาณ 2,519 คันต่อชั่วโมง และความเร็วเฉลี่ยประมาณ 75 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในทางตรงกันข้ามช่องทางที่ 4 มีปริมาณการเคลื่อนที่น้อยที่สุด คือเฉลี่ยประมาณ 1,083 คันต่อชั่วโมง ส่วนช่องทางที่ 3 มีความเร็วเฉลี่ยต่ำสุด คือประมาณ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องมาจากช่องทางที่ 3 เป็นช่องทางปกติที่ใช้สำหรับรถวิ่ง ขณะที่ช่องทางที่ 4 ไม่ได้เป็นช่องทางรถวิ่งแต่เป็นไหล่ทาง เมื่อช่องทางที่ 3 มีความเร็วลดลงมากหรือเกิดจราจรติดขัด รถมีแนวโน้มเปลี่ยนมาใช้ช่องทางที่ 4 แทน เพราะว่ามีความเร็วในการเคลื่อนที่มากกว่าช่องทางที่ 3

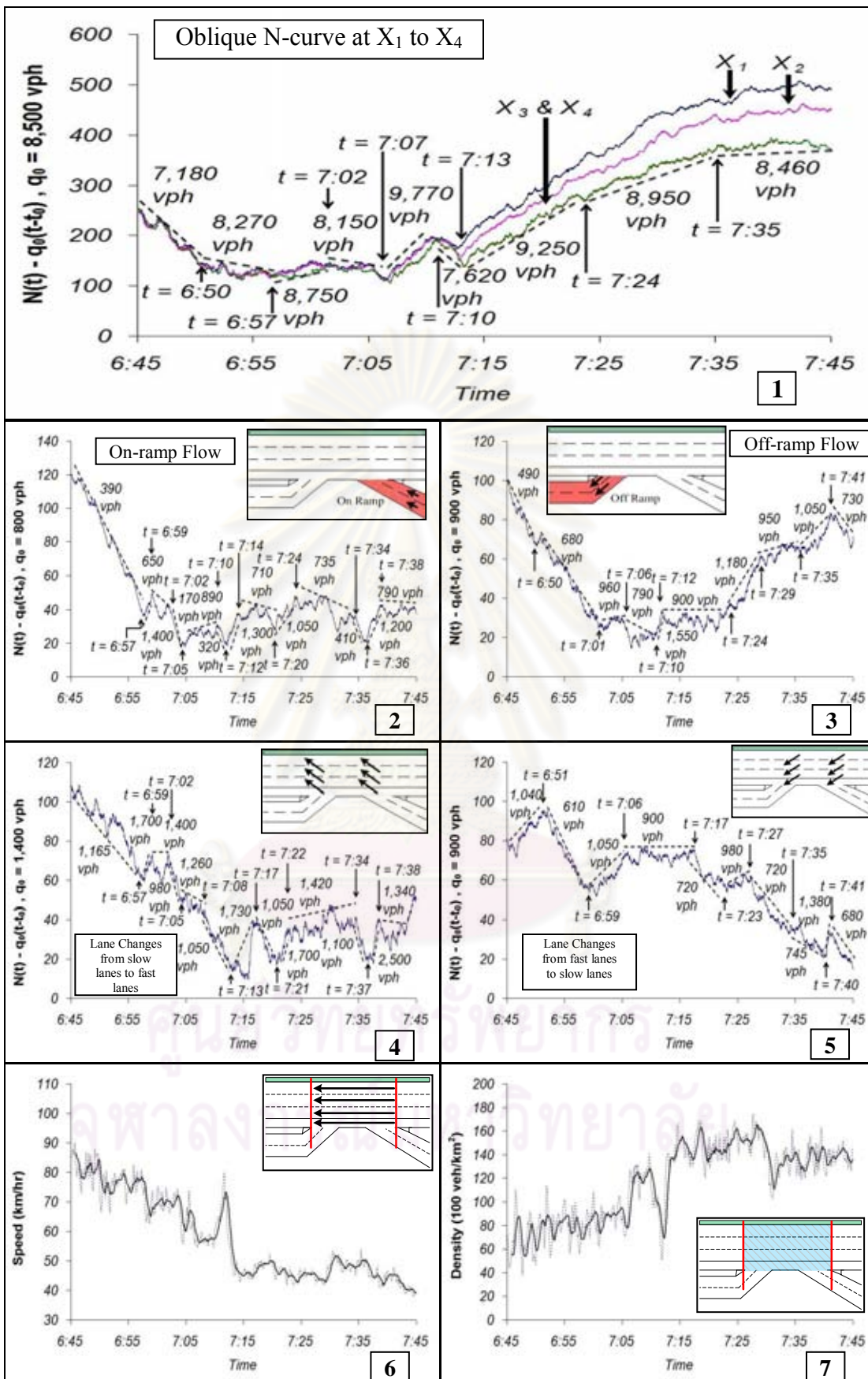
### 4.3. ผลการศึกษาข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553

แผนภาพของภาพที่ 4.7 แสดงภาพรวมผลการศึกษาข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 พบว่า ตั้งแต่เวลาที่เริ่มทำการเก็บข้อมูลจนกระทั่งเวลาประมาณ 7:13 นั้น รถบนทางด่วนสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ แต่หลังจากเวลา 7:13 พบว่าเส้นกราฟสะสมเชิงเอียงของจำนวนรถบนทางด่วน ที่ตำแหน่ง  $X_1$  และ  $X_2$  เริ่มแยกออกจากเส้นกราฟ สะสมเชิงเอียงของจำนวนรถบนทางด่วน ที่ตำแหน่ง  $X_3$  และ  $X_4$  อย่างชัดเจน ทำให้สามารถทราบได้ว่าปัญหาคอขวดจราจรนั้นได้เกิดขึ้นมาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว อย่างไรก็ตามเส้นกราฟจำนวนรถสะสมทั้ง 4 นั้นไม่กลับมามีชีวิตกันได้ เพราะบนทางด่วนนั้นเกิดสภาพคอขวดจราจรขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดเวลาในการเก็บข้อมูล เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ เปรียบเทียบและศึกษาพฤติกรรมของคอขวดจราจร งานวิจัยนี้จึงได้แบ่งการพิจารณาออกเป็นแผนภาพดังต่อไปนี้

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.7 (1) ที่เวลาก่อน 7:13 พบว่ากราฟทับเป็นเส้นเดียวกันที่ช่วงเวลาก่อนเกิดคอขวดจราจร ซึ่งหมายความว่าจราจรบนทางด่วนสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ โดยมีปริมาณการเคลื่อนที่ของรถบนทางด่วนประมาณ 7,180 ถึง 9,770 คันต่อชั่วโมง หลังจากเวลา 7:13 จึงเกิดคอขวดจราจรขึ้น โดยมีปริมาณการเคลื่อนที่ของรถบนทางด่วน 9,250 คันต่อชั่วโมง หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 21

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.7 (2) และภาพที่ 4.7 (3) แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนและออกทางด่วนตามลำดับ พบว่ากราฟมีแนวโน้มเช่นเดียวกับ ภาพที่ 4.7 (4) และภาพที่ 4.7 (5) ที่แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางเคลื่อนที่เข้าไปเร็ว และกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางที่เคลื่อนที่เร็วไป ตามลำดับ ส่วนภาพที่ 4.7 (6) และภาพที่ 4.7 (7) แสดงกราฟสะสมเชิงเอียงของความเร็วและความหนาแน่น ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.7 (1) แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของปริมาณการเคลื่อนที่บนทางด่วนตั้งแต่ช่องทางที่ 1 ถึง 4 ที่ตำแหน่ง  $X_3$  เทียบกับความเร็วในแต่ละช่องทาง พบว่าช่องทางที่อยู่ใกล้เกาะกลางมีปริมาณการเคลื่อนที่และความเร็วมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามช่องทางที่อยู่ไกลเกาะกลางมีปริมาณการเคลื่อนที่และความเร็วลดลง



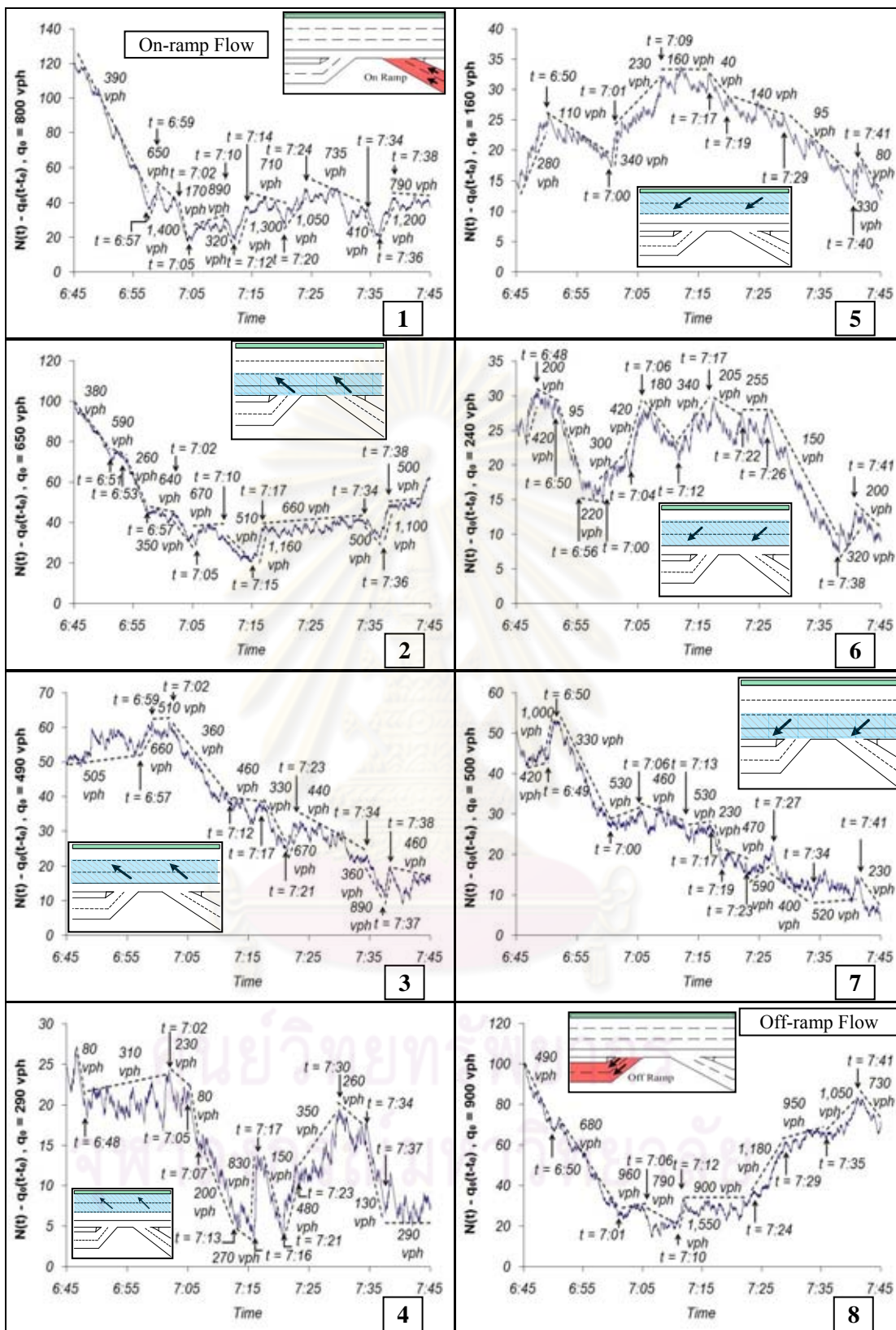
ภาพที่ 4.7 ข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 1

- (1) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถบนทางด่วนที่ตำแหน่ง  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  และ  $X_4$
- (2) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งเข้าทางด่วนที่ตำแหน่ง  $X_1$
- (3) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งออกทางด่วนที่ตำแหน่ง  $X_3$
- (4) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งจากช่องทางเคลื่อนที่ช้าไปช่องทางเคลื่อนที่เร็ว
- (5) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช่องทางเคลื่อนที่ช้า
- (6) กราฟค่าเฉลี่ยความเร็ว 1 นาทีของรถบนช่องจราจรที่ 1 ถึง 4
- (7) กราฟค่าเฉลี่ยความหนาแน่น 1 นาทีของรถระหว่างพื้นที่ทางร่วมกับทางแยก

ตารางที่ 4.15 สรุปข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 1

สภาพ จราจร	เวลา	ปริมาณการ เคลื่อนที่	เข้าทาง ด่วน	ออกทาง ด่วน	เปลี่ยนช่อง ช้า-ไป-เร็ว	เปลี่ยนช่อง เร็ว-ไป-ช้า
		(คันต่อชั่วโมง)				
อิสระใน การ เคลื่อนที่	6:57 - 7:02	8,750	950	740	1,520	875
	7:02 - 7:07	8,150	460	930	1,090	1,020
	7:07 - 7:10	9,770	890	790	1,120	900
	7:10 - 7:13	7,620	650	1,330	1,050	900
คอขวด จราจร	7:13 - 7:24	9,250	890	900	1,365	810
	7:24 - 7:35	8,950	680	1,055	1,370	790
	7:35 - 7:45	8,460	880	910	1,440	790

ตารางที่ 4.15 ประกอบด้วยปริมาณการเคลื่อนที่บนทางด่วน ค่าเฉลี่ยของปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วน ค่าเฉลี่ยของปริมาณการเคลื่อนที่ออกทางด่วน และค่าเฉลี่ยของปริมาณการเปลี่ยนช่องทางที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน หลังจากเกิดคอขวดจราจรพบว่า ปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนหรือปริมาณการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่ช้าไปเร็วที่เพิ่มขึ้น นั้นทำให้ความจุคอขวดเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดที่เวลา 7:07 - 7:13 ในทางตรงกันข้าม ปริมาณการเคลื่อนที่ออกทางด่วนหรือปริมาณการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช้าทำให้ความจุคอขวดลดลง ซึ่งเกิดที่เวลา 7:10 - 7:24 อย่างไม่ก็ตาม ถ้าปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนหรือปริมาณการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่ช้าไปเร็ว และปริมาณการเคลื่อนที่ออกทางด่วนหรือปริมาณการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช้ามีปริมาณมากพร้อมกัน นั้นส่งผลให้ความจุคอขวดลดลง ซึ่งเกิดที่เวลา 7:35 โดยมีรายละเอียดแนวโน้มระหว่างการเคลื่อนที่เข้าและออกทางด่วน กับการเปลี่ยนช่องทาง ดังแผนภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 ข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2

- (1) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งเข้าทางด่วนที่ตำแหน่ง  $X_1$
- (2) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 4 ไปช่องทางที่ 3

- (3) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 3 ไปช่องทางที่ 2
- (4) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 2 ไปช่องทางที่ 1
- (5) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 1 ไปช่องทางที่ 2
- (6) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 2 ไปช่องทางที่ 3
- (7) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 3 ไปช่องทางที่ 4
- (8) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งออกทางด่วนที่ตำแหน่ง  $X_3$

ตารางที่ 4.16 สรุปข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2.1

เวลา	เคลื่อนที่เข้าทาง ด่วน	เปลี่ยนช่องทางที่ 4 ไป 3	เปลี่ยนช่องทางที่ 3 ไป 2	เปลี่ยนช่องทางที่ 2 ไป 1
	คันต่อชั่วโมง			
6:57 - 6:59	1,400	640	660	310
6:59 - 7:02	650	640	510	310
7:02 - 7:05	170	350	360	230
7:05 - 7:10	890	670	360	152
7:10 - 7:12	320	510	360	200
7:12 - 7:14	1,300	510	460	235
7:14 - 7:20	710	802	395	303
7:20 - 7:24	1,050	660	528	365
7:24 - 7:34	735	660	440	314
7:34 - 7:36	410	500	360	130
7:36 - 7:38	1,200	1,100	625	210
7:38 - 7:45	790	500	460	290

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.8 (1) ถึงภาพที่ 4.8 (4) เป็นการศึกษาผลกระทบของปริมาณการเคลื่อนที่เข้าและออกทางด่วนที่มีผลต่อการเปลี่ยนช่องทาง ซึ่งแสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของการเคลื่อนที่เข้าทางด่วน ที่ส่งผลต่อกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนจากช่องทางที่ 4 ไป 3 ต่อมาจึงเปลี่ยนจากช่องทางที่ 3 ไป 2 แล้วสุดท้ายจึงเปลี่ยนจากช่องทางที่ 2 ไป 1 ตามลำดับ โดยที่กราฟสะสมเชิงเอียงการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนกับกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนจากช่องทางที่ 4 ไป 3 มีแนวโน้มเหมือนกันมากที่สุด ในทางตรงกันข้าม ภาพที่ 4.8 (5) ถึงภาพที่ 4.8 (8) แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนจากช่องทางที่ 1 ไป 2 ต่อมาจึงเปลี่ยนจากช่องทางที่ 2 ไป 3 แล้วเปลี่ยนจากช่องทางที่ 3 ไป 4 สุดท้ายจึงส่งผลต่อกราฟสะสมเชิงเอียงของการเคลื่อนที่ออกทางด่วนตามลำดับ โดยที่กราฟสะสมเชิงเอียงการเคลื่อนที่ออกทางด่วนกับกราฟสะสมเชิงเอียงของการ

เปลี่ยนจากช่องทางที่ 3 ไป 4 มีแนวโน้มเหมือนกันมากที่สุด โดยสรุป รายละเอียดของเหตุการณ์ ได้ ดังตารางที่ 4.16 และตารางที่ 4.17

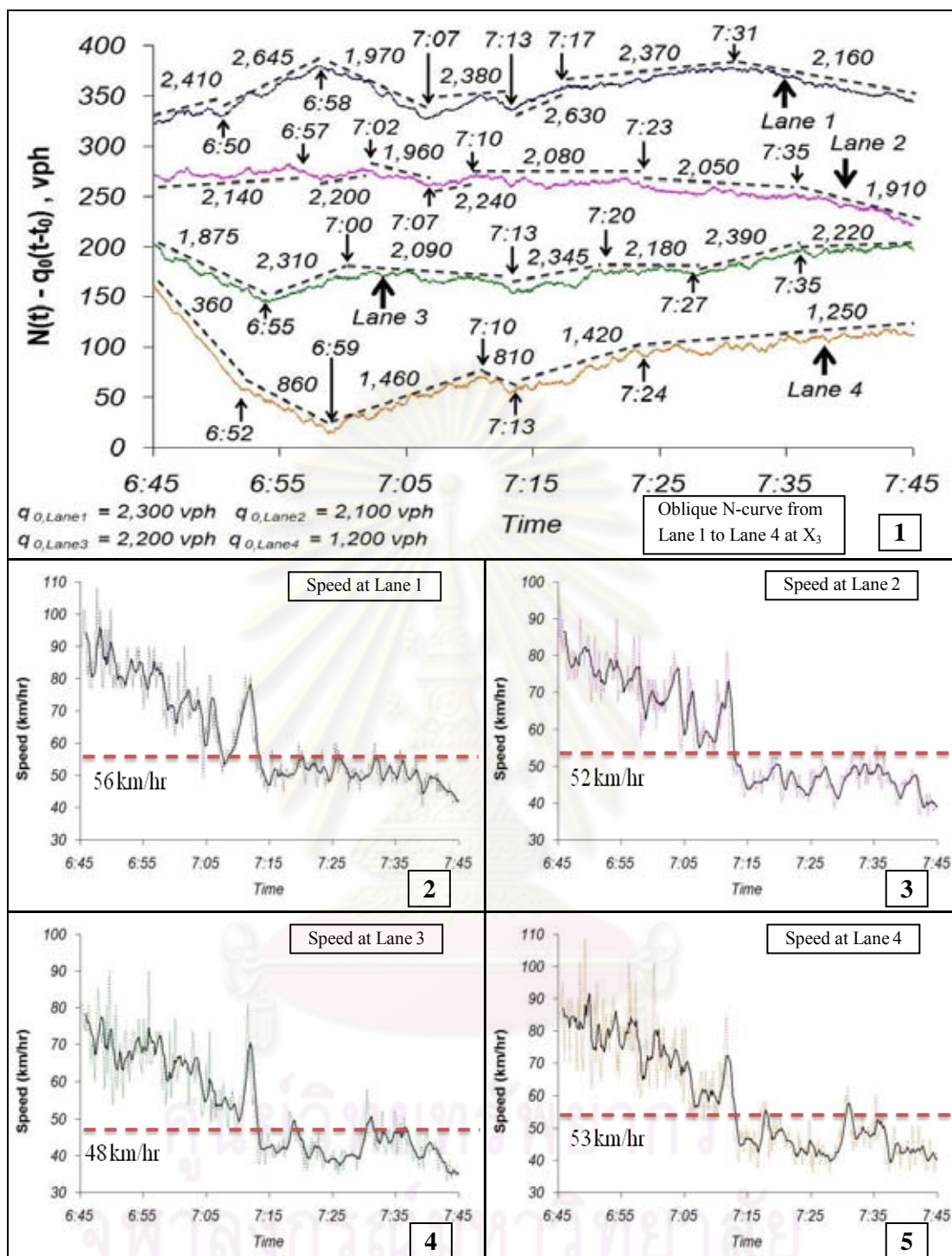
ตารางที่ 4.17 สรุปข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2.2

เวลา	เปลี่ยนช่องทางที่	เปลี่ยนช่องทางที่	เปลี่ยนช่องทางที่	เคลื่อนที่ออก ทางด่วน
	1 ไป 2	2 ไป 3	3 ไป 4	
คันต่อชั่วโมง				
6:57 - 7:01	168	240	380	680
7:01 - 7:06	230	348	530	960
7:06 - 7:10	213	180	460	790
7:10 - 7:12	160	180	460	1,550
7:12 - 7:24	128	253	440	900
7:24 - 7:29	140	192	514	1,180
7:29 - 7:35	95	150	420	950
7:35 - 7:41	134	235	520	1,050
7:41 - 7:45	80	200	230	730

ตารางที่ 4.16 แสดงข้อมูลโดยสรุปจากภาพที่ 4.8 (1) ถึงภาพที่ 4.8 (4) พบว่า ปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนกับผลรวมของปริมาณการเปลี่ยนช่องทางตั้งแต่ช่องทางที่ 4 ไปถึง 1 มีแนวโน้มไปทางเดียวกัน ดังเช่นที่เวลา 6:59 7:02 7:05 7:10 7:12 7:20 7:24 7:34 7:36 7:38 เป็นต้น อีกทั้งตารางที่ 4.17 แสดงข้อมูลโดยสรุปจากภาพที่ 4.8 (5) ถึงภาพที่ 4.8 (8) พบว่าถ้าปริมาณการเคลื่อนที่ออกทางด่วนกับผลรวมของปริมาณการเปลี่ยนช่องทางตั้งแต่ช่องทางที่ 1 ไปถึง 4 มีแนวโน้มไปทางเดียวกัน ดังเช่นที่เวลา 7:01 7:06 7:24 7:29 7:35 7:41 เป็นต้น โดยตารางที่ 4.16 มีแนวโน้มชัดเจนมากกว่าตารางที่ 4.17

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.9 แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของปริมาณการเคลื่อนที่บนทางด่วนตั้งแต่ช่องทางที่ 1 ถึง 4 ที่ตำแหน่ง  $X_3$  เทียบกับความเร็วในแต่ละช่องทาง พบว่าช่องทางที่อยู่ใกล้เกาะกลางมีปริมาณการเคลื่อนที่และความเร็วมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามช่องทางที่อยู่ไกลเกาะกลางมีปริมาณการเคลื่อนที่และความเร็วลดลง แต่การทดลองวันนี้ปริมาณจราจรของช่องทางที่ 3 มีมากกว่าช่องทางที่ 2 ประมาณ 180 คันต่อชั่วโมง





ภาพที่ 4.9 ข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3

- (1) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่ตำแหน่ง  $X_3$  ช่องทางจราจรที่ 1 ถึง 4
- (2) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วรถบนช่องจราจรที่ 1
- (3) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วรถบนช่องจราจรที่ 2
- (4) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วรถบนช่องจราจรที่ 3
- (5) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วรถบนช่องจราจรที่ 4

ตารางที่ 4.18 สรุปข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.1

เวลา	ช่องทางที่ 1	เปลี่ยนช่องทาง ที่ 2 ไป 1	เปลี่ยนช่องทาง ที่ 1 ไป 2	ความเร็ว
	คันต่อชั่วโมง			กิโลเมตรต่อชั่วโมง
6:57 - 6:58	2,645	310	110	82
6:58 - 7:07	1,970	220	200	70
7:07 - 7:13	2,380	200	180	64
7:13 - 7:17	2,630	410	160	50
7:17 - 7:31	2,370	320	130	52
7:31 - 7:45	2,160	250	110	49

ตารางที่ 4.19 สรุปข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.2

เวลา	ช่องทางที่ 2	เปลี่ยน ช่องทางที่ 3 ไป 2	เปลี่ยน ช่องทางที่ 1 ไป 2	เปลี่ยน ช่องทางที่ 2 ไป 1	เปลี่ยน ช่องทางที่ 2 ไป 3	ความเร็ว
	คันต่อชั่วโมง					กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง
6:57 - 7:02	2,200	672	226	372	312	69
7:02 - 7:07	1,960	360	230	170	324	67
7:07 - 7:10	2,240	360	207	200	180	57
7:10 - 7:23	2,080	462	146	304	273	51
7:23 - 7:35	2,050	433	118	302	176	47
7:35 - 7:45	1,910	483	113	258	221	44

ตารางที่ 4.20 สรุปข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.3

เวลา	ช่องทางที่ 3	เปลี่ยน ช่องทางที่ 4 ไป 3	เปลี่ยน ช่องทางที่ 2 ไป 3	เปลี่ยน ช่องทางที่ 3 ไป 2	เปลี่ยน ช่องทางที่ 3 ไป 4	ความเร็ว
	คันต่อชั่วโมง					กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง
6:57 - 7:00	2,310	640	220	610	330	65
7:00 - 7:13	2,090	555	266	391	492	59
7:13 - 7:20	2,345	760	282	404	436	43
7:20 - 7:27	2,180	660	226	490	539	40
7:27 - 7:35	2,390	640	150	430	415	44
7:35 - 7:45	2,220	670	253	529	456	41

ตารางที่ 4.21 สรุปข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.4

เวลา	ช่องทางที่ 4	เปลี่ยนช่องทาง ที่ 4 ไป 3	เปลี่ยนช่องทาง ที่ 3 ไป 4	ความเร็ว
	คันต่อชั่วโมง			กิโลเมตรต่อชั่วโมง
6:57 - 6:59	860	640	330	72
6:59 - 7:10	1,460	575	486	67
7:10 - 7:13	810	510	460	64
7:13 - 7:24	1,420	724	459	46
7:24 - 7:45	1,250	633	435	45

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.18 ถึงตารางที่ 4.21 แสดงถึงข้อมูลที่สรุปจากการแผนภาพที่ 4.8 เปรียบเทียบกับแผนภาพที่ 4.9 พบว่าช่องทางที่ 1 มีปริมาณการเคลื่อนที่มากที่สุด คือเฉลี่ยประมาณ 2,262 คันต่อชั่วโมง และความเร็วเฉลี่ยประมาณ 56 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในทางตรงกันข้ามช่องทางที่ 4 มีปริมาณการเคลื่อนที่น้อยที่สุด คือเฉลี่ยประมาณ 1,293 คันต่อชั่วโมง ส่วนช่องทางที่ 3 มีความเร็วเฉลี่ยต่ำสุด คือประมาณ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากช่องทางที่ 3 เป็นช่องทางปกติที่ใช้สำหรับรถวิ่ง ขณะที่ช่องทางที่ 4 ไม่ได้เป็นช่องทางรถวิ่งแต่เป็นไหล่ทาง เมื่อช่องทางที่ 3 มีความเร็วลดลงมากหรือเกิดจราจรติดขัด รถมีแนวโน้มเปลี่ยนมาใช้ช่องทางที่ 4 แทน เพราะว่ามีความเร็วในการเคลื่อนที่มากกว่าช่องทางที่ 3

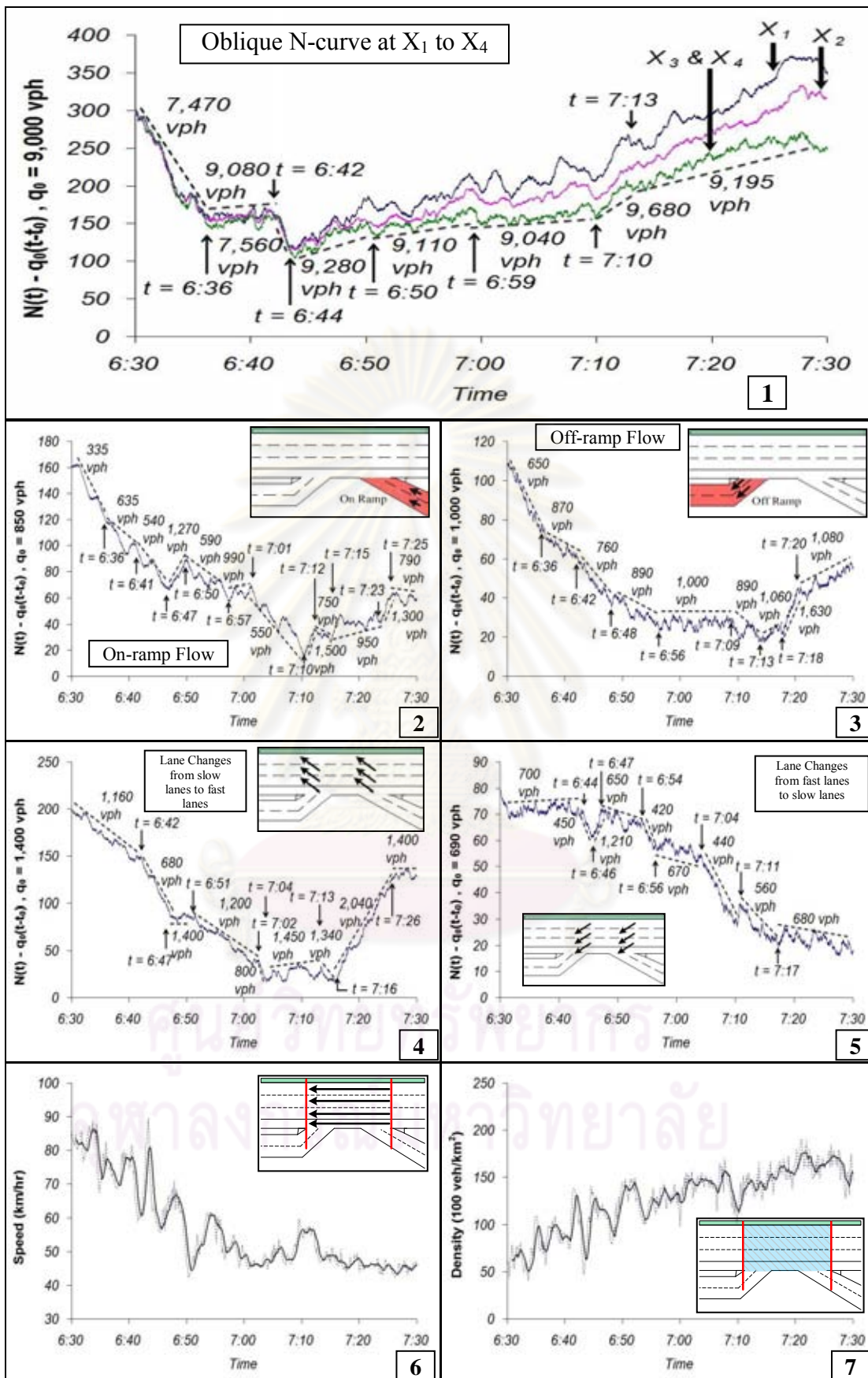
#### 4.4. ผลการศึกษาข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553

แผนภาพของภาพที่ 4.10 แสดงภาพรวมผลการศึกษา ข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 เห็นได้ว่า ตั้งแต่เวลาที่เริ่มทำการเก็บข้อมูลจนกระทั่งเวลาประมาณ 6:50 นั้น รถบนทางด่วนสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ แต่หลังจากเวลา 6:50 พบว่าเส้นกราฟสะสมเชิงเอียงของจำนวนรถบนทางด่วน ที่ตำแหน่ง  $X_1$  และ  $X_2$  เริ่มแยกออกจากเส้นกราฟ สะสมเชิงเอียงของจำนวนรถบนทางด่วน ที่ตำแหน่ง  $X_3$  และ  $X_4$  อย่างชัดเจน ทำให้สามารถทราบได้ว่าปัญหาคอขวดจราจรนั้นได้เกิดขึ้นมาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว อย่างไรก็ตามเส้นกราฟจำนวนรถสะสมทั้ง 4 นั้นไม่กลับมามีชีวิตกันได้ เพราะบนทางด่วนนั้นเกิดสภาพคอขวดจราจรขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดเวลาในการเก็บข้อมูล เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ เปรียบเทียบและศึกษาพฤติกรรมของคอขวดจราจร งานวิจัยนี้จึงได้แบ่งการพิจารณาออกเป็นแผนภาพดังต่อไปนี้

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.10 (1) ที่เวลาก่อน 6:50 พบว่ากราฟทับเป็นเส้นเดียวกันที่ช่วงเวลาก่อนเกิดคอขวดจราจร ซึ่งหมายความว่าจราจรบนทางด่วนสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ โดยมีปริมาณการเคลื่อนที่ของรถบนทางด่วนประมาณ 7,470 ถึง 9,280 คันต่อชั่วโมง หลังจากเวลา 6:50 จึงเกิดคอขวดจราจรขึ้น โดยมีปริมาณการเคลื่อนที่ของรถบนทางด่วน 9,110 คันต่อชั่วโมง หรือลดลงร้อยละ 2

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.10 (2) และภาพที่ 4.10 (3) แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนและออกทางด่วนตามลำดับ พบว่ากราฟมีแนวโน้มเช่นเดียวกับ ภาพที่ 4.10 (4) และภาพที่ 4.10 (5) ที่แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางเคลื่อนที่เข้าไปเร็ว และกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางที่เคลื่อนที่เร็วไป ตามลำดับ ส่วนภาพที่ 4.10 (6) และภาพที่ 4.10 (7) แสดงกราฟสะสมเชิงเอียงของความเร็วและความหนาแน่น ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.10 (1) แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของปริมาณการเคลื่อนที่บนทางด่วนตั้งแต่ช่องทางที่ 1 ถึง 4 ที่ตำแหน่ง  $X_3$  เทียบกับความเร็วในแต่ละช่องทาง พบว่าช่องทางที่อยู่ใกล้เกาะกลางมีปริมาณการเคลื่อนที่และความเร็วมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามช่องทางที่อยู่ไกลเกาะกลางมีปริมาณการเคลื่อนที่และความเร็วลดลง



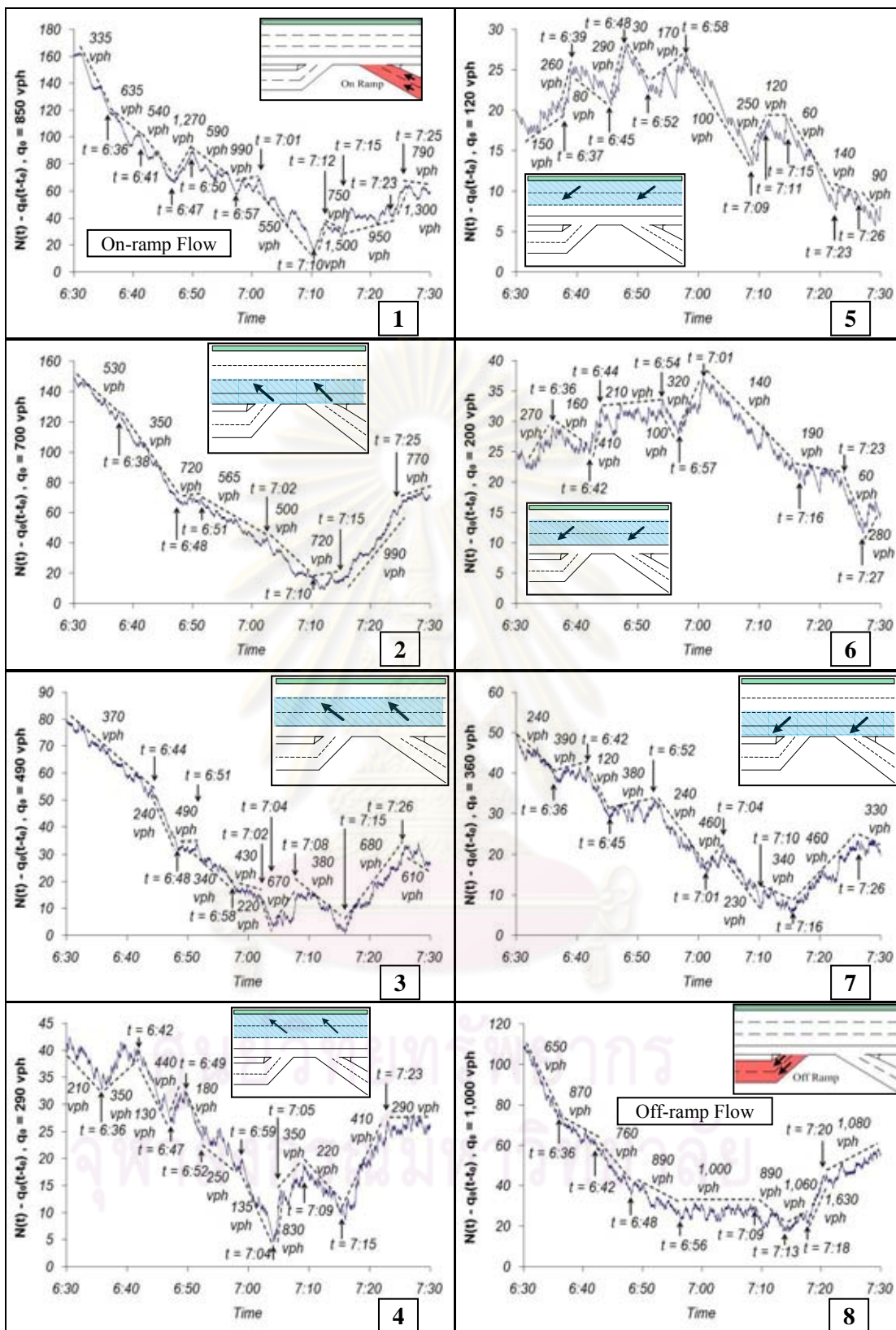
ภาพที่ 4.10 ข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 1

- (1) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถบนทางด่วนที่ตำแหน่ง  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  และ  $X_4$
- (2) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งเข้าทางด่วนที่ตำแหน่ง  $X_1$
- (3) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งออกทางด่วนที่ตำแหน่ง  $X_3$
- (4) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งจากช่องทางเคลื่อนที่ช้าไปช่องทางเคลื่อนที่เร็ว
- (5) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช่องทางเคลื่อนที่ช้า
- (6) กราฟค่าเฉลี่ยความเร็ว 1 นาทีของรถบนช่องจราจรที่ 1 ถึง 4
- (7) กราฟค่าเฉลี่ยความหนาแน่น 1 นาทีของรถระหว่างพื้นที่ทางร่วมกับทางแยก

ตารางที่ 4.22 สรุปข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 1

สภาพ จราจร	เวลา	ปริมาณการ เคลื่อนที่	เข้าทาง ด่วน	ออกทาง ด่วน	เปลี่ยนช่อง ช้า-ไป-เร็ว	เปลี่ยนช่อง เร็ว-ไป-ช้า
		(คันต่อชั่วโมง)				
อิสระใน การ เคลื่อนที่	6:30 - 6:36	7,470	335	650	1,160	700
	6:36 - 6:42	9,080	620	870	1,160	700
	6:42 - 6:44	7,560	540	760	680	700
	6:44 - 6:50	9,280	905	800	1,040	680
คอขวด จราจร	6:50 - 6:59	9,110	680	930	1,220	610
	6:59 - 7:10	9,040	630	990	1,265	545
	7:10 - 7:13	9,680	1,250	890	1,450	520
	7:13 - 7:30	9,195	920	1,240	1,770	650

ตารางที่ 4.22 ประกอบด้วยปริมาณการเคลื่อนที่บนทางด่วน ค่าเฉลี่ยของปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วน ค่าเฉลี่ยของปริมาณการเคลื่อนที่ออกทางด่วน และค่าเฉลี่ยของปริมาณการเปลี่ยนช่องทางที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน หลังจากเกิดคอขวดจราจรพบว่า ปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนหรือปริมาณการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่ช้าไปเร็วที่เพิ่มขึ้นทำให้ความจุคอขวดเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดที่เวลา 6:36 6:44 7:10 ในทางตรงกันข้าม ปริมาณการเคลื่อนที่ออกทางด่วนหรือปริมาณการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช้าทำให้ความจุคอขวดลดลง ซึ่งเกิดที่เวลา 6:50 6:59 7:13 อย่างไรก็ตาม ถ้าปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนหรือปริมาณการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่ช้าไปเร็ว และปริมาณการเคลื่อนที่ออกทางด่วนหรือปริมาณการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช้ามีปริมาณมากพร้อมกัน นั้นส่งผลให้ความจุคอขวดลดลง ซึ่งเกิดที่เวลา 7:13 7:21 โดยมีรายละเอียดแนวโน้มระหว่างการเคลื่อนที่เข้าและออกทางด่วน กับการเปลี่ยนช่องทาง ดังแผนภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 ข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2

- (1) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งเข้าทางด่วนที่ตำแหน่ง X<sub>1</sub>
- (2) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 4 ไปช่องทางที่ 3

- (3) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 3 ไปช่องทางที่ 2
- (4) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 2 ไปช่องทางที่ 1
- (5) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 1 ไปช่องทางที่ 2
- (6) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 2 ไปช่องทางที่ 3
- (7) กราฟการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 3 ไปช่องทางที่ 4
- (8) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่วิ่งออกทางด่วนที่ตำแหน่ง  $X_3$

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.11 (1) ถึงภาพที่ 4.11 (4) เป็นการศึกษาผลกระทบของปริมาณการเคลื่อนที่เข้าและออกทางด่วนที่มีผลต่อการเปลี่ยนช่องทาง ซึ่งแสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของการเคลื่อนที่เข้าทางด่วน ที่ส่งผลต่อกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนจากช่องทางที่ 4 ไป 3 ต่อมาจึงเปลี่ยนจากช่องทางที่ 3 ไป 2 แล้วสุดท้ายจึงเปลี่ยนจากช่องทางที่ 2 ไป 1 ตามลำดับ โดยที่กราฟสะสมเชิงเอียงการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนกับกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนจากช่องทางที่ 4 ไป 3 มีแนวโน้มเหมือนกันมากที่สุด ในทางตรงกันข้าม ภาพที่ 4.11 (5) ถึงภาพที่ 4.11 (8) แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนจากช่องทางที่ 1 ไป 2 ต่อมาจึงเปลี่ยนจากช่องทางที่ 2 ไป 3 แล้วเปลี่ยนจากช่องทางที่ 3 ไป 4 สุดท้ายจึงส่งผลต่อกราฟสะสมเชิงเอียงของการเคลื่อนที่ออกทางด่วนตามลำดับ โดยที่กราฟสะสมเชิงเอียงการเคลื่อนที่ออกทางด่วนกับกราฟสะสมเชิงเอียงของการเปลี่ยนจากช่องทางที่ 3 ไป 4 มีแนวโน้มเหมือนกันมากที่สุด โดยสรุป รายละเอียดของเหตุการณ์ได้ตั้งตารางที่ 4.23 และตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.23 สรุปข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2.1

เวลา	เคลื่อนที่เข้าทาง ด่วน	เปลี่ยนช่องทางที่ 4 ไป 3	เปลี่ยนช่องทางที่ 3 ไป 2	เปลี่ยนช่องทางที่ 2 ไป 1
	คันต่อชั่วโมง			
6:30 - 6:36	335	530	370	210
6:36 - 6:41	635	422	370	350
6:41 - 6:47	540	350	305	167
6:47 - 6:50	1,270	597	407	353
6:50 - 6:57	590	587	361	230
6:57 - 7:01	990	565	408	193
7:01 - 7:10	550	507	479	317
7:10 - 7:15	1,050	720	380	220
7:15 - 7:25	1,020	990	680	386
7:25 - 7:30	790	770	624	290



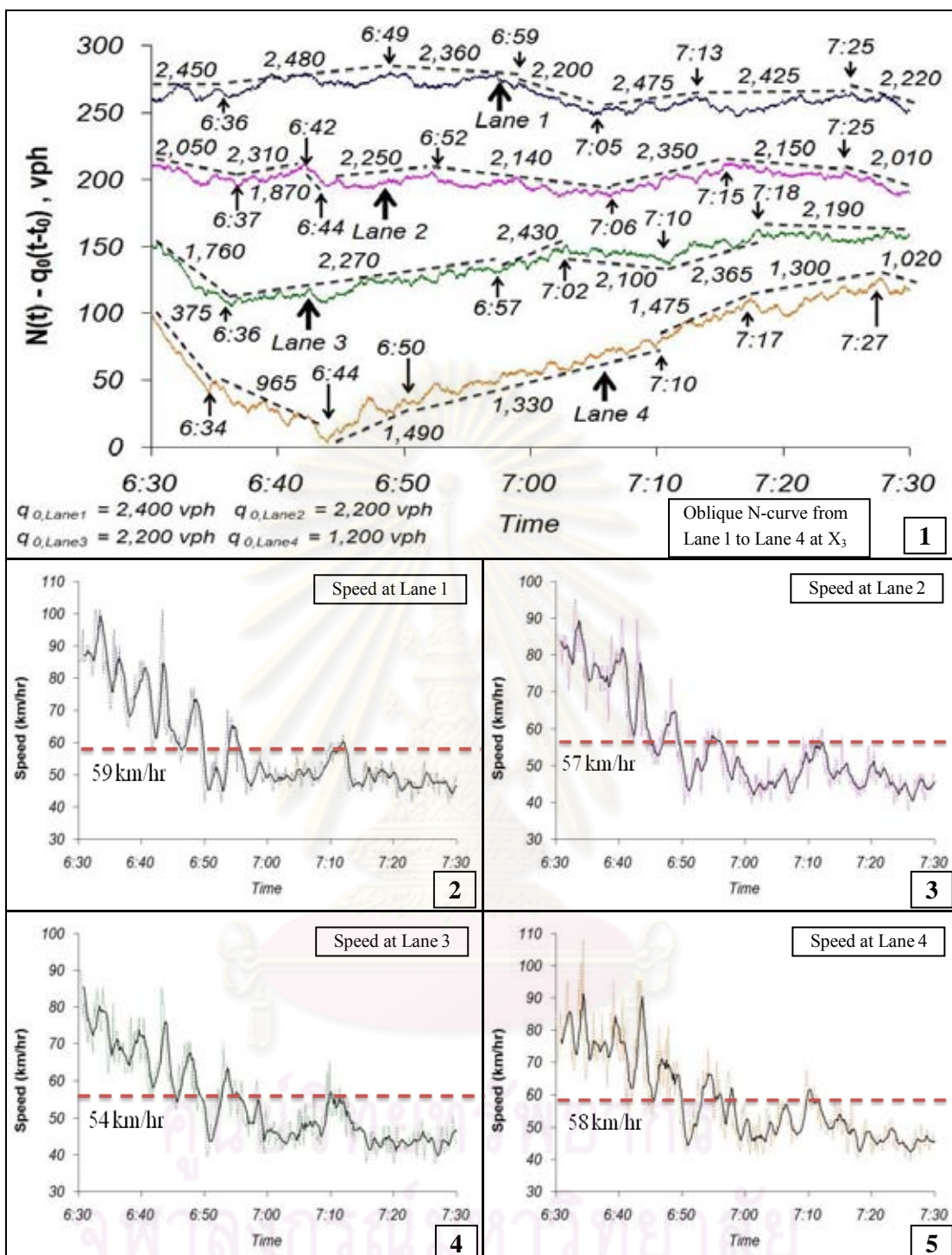
ตารางที่ 4.23 แสดงข้อมูลโดยสรุปจากภาพที่ 4.11 (1) ถึงภาพที่ 4.11 (4) พบว่าปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนกับผลรวมของปริมาณการเปลี่ยนช่องทางตั้งแต่ช่องทางที่ 4 ไปถึง 1 มีแนวโน้มไปทางเดียวกัน ดังเช่นที่เวลา 6:36 6:41 6:50 7:10 7:25 เป็นต้น อีกทั้งตารางที่ 4.24 แสดงข้อมูลโดยสรุปจากภาพที่ 4.11 (5) ถึงภาพที่ 4.11 (8) พบว่าถ้าปริมาณการเคลื่อนที่ออกทางด่วนกับผลรวมของปริมาณการเปลี่ยนช่องทางตั้งแต่ช่องทางที่ 1 ไปถึง 4 มีแนวโน้มไปทางเดียวกัน ดังเช่นที่เวลา 6:36 6:42 6:48 7:18 7:20 เป็นต้น

ตารางที่ 4.24 สรุปข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2.2

เวลา	เปลี่ยนช่องทางที่	เปลี่ยนช่องทางที่	เปลี่ยนช่องทางที่	เคลื่อนที่ออก ทางด่วน
	1 ไป 2	2 ไป 3	3 ไป 4	
กันต่อชั่วโมง				
6:30 - 6:36	150	270	240	650
6:36 - 6:42	152	160	390	870
6:42 - 6:48	88	207	123	760
6:48 - 6:56	100	183	310	890
6:56 - 7:09	111	192	287	1,000
7:09 - 7:13	185	140	313	890
7:13 - 7:18	84	160	388	1,060
7:18 - 7:20	60	190	460	1,630
7:20 - 7:30	96	165	408	1,080

เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.12 แสดงถึงกราฟสะสมเชิงเอียงของปริมาณการเคลื่อนที่บนทางด่วนตั้งแต่ช่องทางที่ 1 ถึง 4 ที่ตำแหน่ง  $X_3$  เทียบกับความเร็วในแต่ละช่องทาง พบว่าช่องทางที่อยู่ใกล้เกาะกลางมีปริมาณการเคลื่อนที่และความเร็วมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามช่องทางที่อยู่ไกลเกาะกลางมีปริมาณการเคลื่อนที่และความเร็วลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.12 ข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3

- (1) กราฟสะสมเชิงเอียงของรถที่ตำแหน่ง  $X_3$  ช่องทางจราจรที่ 1 ถึง 4
- (2) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วรถบนช่องจราจรที่ 1
- (3) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วรถบนช่องจราจรที่ 2
- (4) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วรถบนช่องจราจรที่ 3
- (5) กราฟค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 1 นาทีของความเร็วรถบนช่องจราจรที่ 4

ตารางที่ 4.25 สรุปข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.1

เวลา	ช่องทางที่ 1	เปลี่ยนช่องทาง ที่ 2 ไป 1	เปลี่ยนช่องทาง ที่ 1 ไป 2	ความเร็ว
	คันต่อชั่วโมง			กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง
6:30 - 6:36	2,450	210	150	87
6:36 - 6:49	2,480	279	158	71
6:49 - 6:59	2,360	229	121	53
6:59 - 7:05	2,200	251	100	49
7:05 - 7:13	2,475	285	143	53
7:13 - 7:16	2,160	283	100	48
7:16 - 7:25	2,510	383	78	48
7:25 - 7:30	2,200	290	100	47

ตารางที่ 4.26 สรุปข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.2

เวลา	ช่องทางที่ 2	เปลี่ยน ช่องทางที่ 3 ไป 2	เปลี่ยน ช่องทางที่ 1 ไป 2	เปลี่ยน ช่องทางที่ 2 ไป 1	เปลี่ยน ช่องทางที่ 2 ไป 3	ความเร็ว
	คันต่อชั่วโมง					กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง
6:30 - 6:37	2,050	370	150	230	254	80
6:37 - 6:42	2,310	370	152	350	160	74
6:42 - 6:44	1,870	370	80	130	410	75
6:44 - 7:05	2,140	364	133	241	202	55
7:05 - 7:15	2,350	429	128	237	126	50
7:15 - 7:25	2,150	680	76	386	159	47
7:25 - 7:30	2,010	624	100	290	192	44

ตารางที่ 4.27 สรุปข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.3

เวลา	ช่องทางที่ 3	เปลี่ยน ช่องทางที่ 4 ไป 3	เปลี่ยน ช่องทางที่ 2 ไป 3	เปลี่ยน ช่องทางที่ 3 ไป 2	เปลี่ยน ช่องทางที่ 3 ไป 4	ความเร็ว
	คันต่อชั่วโมง					กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง
6:30 - 6:36	1,760	530	270	370	240	76
6:36 - 6:57	2,270	481	199	354	312	61
6:57 - 7:02	2,430	565	284	412	284	48
7:02 - 7:10	2,100	500	140	485	288	48
7:10 - 7:18	2,365	821	153	493	370	48
7:18 - 7:30	2,190	898	169	657	417	44

ตารางที่ 4.28 สรุปข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.4

เวลา	ช่องทางที่ 4	เปลี่ยนช่องทาง ที่ 4 ไป 3	เปลี่ยนช่องทาง ที่ 3 ไป 4	ความเร็ว
	คันต่อชั่วโมง			กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง
6:30 - 6:36	630	530	240	79
6:36 - 6:42	1,030	410	390	74
6:42 - 6:44	750	350	120	79
6:44 - 6:50	1,490	473	337	65
6:50 - 7:10	1,330	547	284	53
7:10 - 7:17	1,475	797	357	53
7:17 - 7:26	1,300	1,051	497	46
7:27 - 7:30	1,020	770	330	49

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.25 ถึงตารางที่ 4.28 แสดงถึงข้อมูลที่สรุปจากการแผนภาพที่ 4.11 เปรียบเทียบกับแผนภาพที่ 4.12 พบว่าช่องทางที่ 1 มีปริมาณการเคลื่อนที่มากที่สุด คือเฉลี่ยประมาณ 2,394 คันต่อชั่วโมง และความเร็วเฉลี่ยประมาณ 59 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในทางตรงกันข้ามช่องทางที่ 4 มีปริมาณการเคลื่อนที่น้อยที่สุด คือเฉลี่ยประมาณ 1,201 คันต่อชั่วโมง ส่วนช่องทางที่ 3 มีความเร็วเฉลี่ยต่ำสุด คือประมาณ 54 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องมาจากช่องทางที่ 3

เป็นช่องทางปกติที่ใช้สำหรับรถวิ่ง ขณะที่ช่องทางที่ 4 ไม่ได้เป็นช่องทางรถวิ่งแต่เป็นไหล่ทาง เมื่อช่องทางที่ 3 มีความเร็วลดลงมากหรือเกิดจราจรติดขัด รถมีแนวโน้มเปลี่ยนมาใช้ช่องทางที่ 4 แทน เพราะว่ามีความเร็วในการเคลื่อนที่มากกว่าช่องทางที่ 3

#### 4.5. สรุปผลการศึกษาข้อมูลจราจรทั้ง 4 วัน

การวิเคราะห์ข้อมูลจราจรทั้งสิ้น 4 วัน ทำให้เข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลง ปริมาณจราจรของรถที่วิ่งออกจากคอขวดบนทางด่วน รวมไปถึงพฤติกรรมของการจราจรในแต่ละลักษณะจากการศึกษาพบว่า ปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วน และปริมาณการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางเคลื่อนที่เข้าไปเร็ว มีความสัมพันธ์ทางเดียวกับ ความจุ ขณะที่ปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากทางด่วน และปริมาณการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช้า มีความสัมพันธ์ทางตรงข้ามกับความจุ แต่ในเหตุการณ์ที่ทั้งสองกรณีมีปริมาณการเคลื่อนที่มากพร้อมกัน แล้ว ปริมาณการเคลื่อนที่ทั้งสองนั้นมีความสัมพันธ์ทางตรงข้ามกับความจุ

อีกทั้ง ความเร็วในแต่ละช่องทางบนทางด่วนตั้งแต่ช่องทางที่ 1 ถึง 4 ที่ตำแหน่ง  $X_3$  เทียบกับระยะจากเกาะกลาง พบว่าช่องทางที่อยู่ใกล้เกาะกลางมีความเร็วมาก ในทางตรงกันข้ามช่องทางที่อยู่ไกลเกาะกลางมีความเร็ว น้อย กรณีที่ความเร็วเฉลี่ยของช่องทางที่ 3 น้อยกว่าความเร็วเฉลี่ยของช่องทางที่ 4 เนื่องจากช่องทางที่ 3 เป็นช่องทางปกติที่รถใช้วิ่ง โดยช่องทางที่ 4 ไม่ได้เป็นช่องทางปกติที่รถใช้วิ่งแต่เป็นไหล่ทาง เมื่อช่องทางที่ 3 มีความเร็วลดลงมากหรือเกิดจราจรติดขัดหรือเกิดคอขวด รถมีแนวโน้มเปลี่ยนมาใช้ช่องทางที่ 4 แทน เพราะว่ามีความเร็วในการเคลื่อนที่มากกว่าช่องทางที่ 3 ซึ่งสอดคล้องกับการทบทวนงานวิจัยเกี่ยวกับ ทฤษฎีพฤติกรรม การเปลี่ยนช่องทางจราจรของผู้ขับขี่โดย Laval และ Daganzo (2006)

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ใช้แนวทางการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนช่องทางจราจรกับความจุคอขวด ซึ่งมีผลกระทบมาจากปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนและออกจากทางด่วน ซึ่งหทกหงแสดงในบทที่ 5

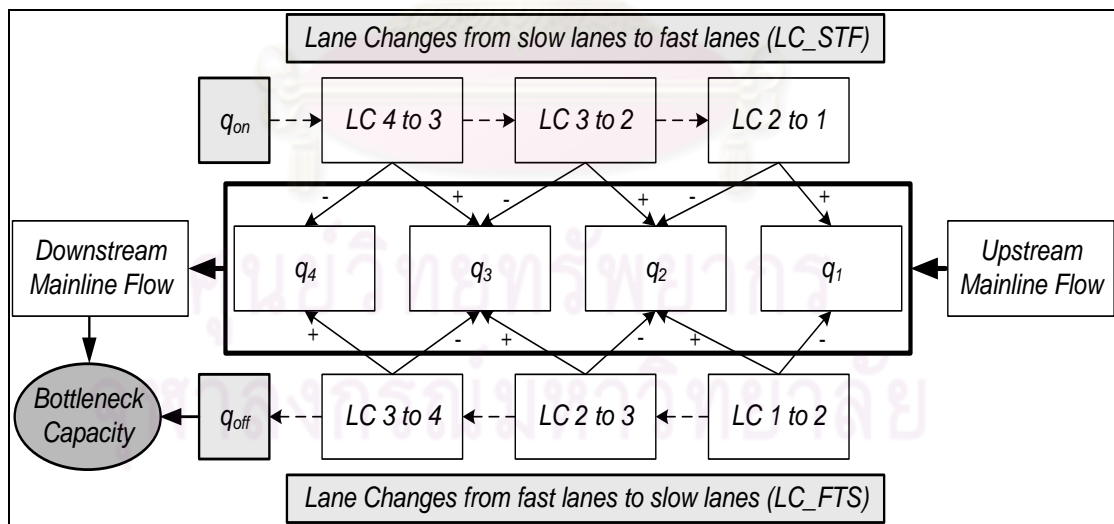
## บทที่ 5

### การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบ

การวิเคราะห์ข้อมูลจราจรที่ได้จากการเก็บข้อมูลจราจรเป็นเวลา 4 วัน ทำให้สามารถอธิบายพฤติกรรมของคอขวดจราจรแบบ ก้างปลาในบริเวณพื้นที่ศึกษานี้ได้ โดยเนื้อหาบทนี้กล่าวถึงการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองความถดถอย (Regression Model) มาอธิบายความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยและสร้างแบบจำลองทำนายความจุแบบก้างปลาของทางด่วนดังต่อไปนี้

#### 5.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้นของการเปลี่ยนช่องทางจราจรกับ ความจุแบบก้างปลาของทางด่วน

ในหัวข้อนี้เป็นแนวทางการวิเคราะห์เบื้องต้น ซึ่งมีทฤษฎีจากงานวิจัยที่ผ่านมา คือ การเปลี่ยนช่องทางจราจรจากช่องทางที่เคลื่อนที่ได้ช้าไปยังช่องทางที่เคลื่อนที่ได้เร็ว นั้นส่งผลให้ปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวดเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม การเปลี่ยนช่องทางจราจรจากช่องทางที่เคลื่อนที่ได้เร็วไปยังช่องทางที่เคลื่อนที่ได้ช้า นั้นทำให้ปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวดลดลง



ภาพที่ 5.1 แผนภาพแนวทางการวิเคราะห์

เมื่อพิจารณาแผนผังของ ภาพที่ 5.1 พบว่าปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วน ( $q_{on}$ ) ทำให้เกิดการเปลี่ยนช่องทางจราจร (Lane Changing หรือ LC) ที่ส่งผลกระทบต่อเนื่องกัน ซึ่งเริ่มจากการเปลี่ยนช่องทางจราจรจากช่องทางที่ 4 ไปยังช่องทางที่ 3 (LC 4 to 3) ต่อมาจึงเปลี่ยนจาก

ช่องทางที่ 3 ไปยังช่องทางที่ 2 (LC 3 to 2) แล้วสุดท้ายเปลี่ยนจากช่องทางที่ 2 ไปยังช่องทางที่ 1 (LC 2 to 1) โดยเป็นการเปลี่ยนจากช่องทางที่เคลื่อนที่ได้เข้าไปยังช่องทางที่เคลื่อนที่ได้เร็ว ในทางตรงกันข้าม รถบนทางด่วนเริ่มเปลี่ยนจากช่องทางที่ 1 ไปยังช่องทางที่ 2 (LC 1 to 2) ต่อมาจึงเปลี่ยนจากช่องทางที่ 2 ไปยังช่องทางที่ 3 (LC 2 to 3) แล้วจึงเปลี่ยนจากช่องทางที่ 3 ไปยังช่องทางที่ 4 (LC 3 to 4) โดยมีปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากทางด่วน ( $q_{off}$ ) เป็นลำดับสุดท้าย อันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนช่องทางจราจร ซึ่งเป็นการเปลี่ยนจากช่องทางที่เคลื่อนที่ได้เร็วไปยังช่องทางที่เคลื่อนที่ได้ช้า โดยการเปลี่ยนช่องทางจราจรเหล่านี้ส่งผลต่อปริมาณการเคลื่อนที่ในแต่ละช่องทางจราจร ซึ่งประกอบด้วยปริมาณการเคลื่อนที่ช่องทางที่ 1 ( $q_1$ ) ช่องทางที่ 2 ( $q_2$ ) ช่องทางที่ 3 ( $q_3$ ) และช่องทางที่ 4 ( $q_4$ ) โดยช่องทางทั้งหมดมีผลต่อปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวดผ่านไปบนทางด่วน (Downstream Mainline Flow) ในท้ายที่สุดแล้วก็ส่งผลต่อ ความจุคอขวด (Bottleneck Capacity) อันเกิดจากปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอขวดผ่านไปบนทางด่วนร่วมกับปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากทางด่วน ซึ่งกล่าวถึงภาพรวมความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยด้วยการสร้างกราฟความสัมพันธ์และ โปรแกรม SPSS ดังแสดงในหัวข้อถัดไป

## 5.2 ภาพรวมความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัย

ความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยที่ศึกษาถูกนำมาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ด้วยค่าสหสัมพันธ์ หรือหาค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้วย โปรแกรม SPSS เพื่อการวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นหลายตัวแปร (Multivariable Linear Regression) ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1 เกิดจากการรวมค่าปัจจัยของตารางสรุปข้อมูลจราจรส่วนที่ 1 ทั้ง 4 วัน ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 นั้นมาหาความสัมพันธ์ระหว่างความจุกับปัจจัยต่างๆ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง Bottleneck Capacity กับ  $q_{on}$  และความสัมพันธ์ระหว่าง Bottleneck Capacity กับ LC\_STF ทั้งสองคู่ปัจจัยมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน ในทางตรงกันข้าม ความสัมพันธ์ระหว่าง Bottleneck Capacity กับ  $q_{off}$  และความสัมพันธ์ระหว่าง Bottleneck Capacity กับ LC\_FTS ทั้งสองคู่ปัจจัยมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้าม หากพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง Bottleneck Capacity กับ ความหนาแน่นรวมทุกช่องทาง ( $k_{all}$ ) ความหนาแน่นช่องทางที่ 3 ( $k_3$ ) และ ความเร็ว ( $v$ ) พบว่า  $k_{all}$  มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับ Bottleneck Capacity ขณะที่  $k_3$  และ  $v$  มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้ามกับ Bottleneck Capacity อย่างไรก็ตาม การพิจารณา  $k_3$  เพิ่มเข้ามาเพื่อทดสอบความสัมพันธ์ของความหนาแน่นในช่องทางที่ 3 ซึ่งมีการเปลี่ยนช่องทางจำนวนมากและความเร็วเฉลี่ยต่ำสุด แทนการพิจารณา  $k_{all}$  ที่มีค่าความสัมพันธ์ต่ำ โดยความหนาแน่นของช่องทางที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องทาง

ตารางที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Bottleneck Capacity กับปัจจัยต่างๆ จากข้อมูลจราจรส่วนที่ 1

r	Coefficients						
	$q_{on}$	$q_{off}$	LC_STF	LC_FTS	$k_{all}$	$k_3$	v
Bottleneck Capacity	0.333	-0.322	0.320	-0.391	0.020	-0.035	0.121

จากตารางที่ 5.1 หากพิจารณาค่า r ของ  $k_{all}$ ,  $k_3$  และ v พบว่ามีเท่ากับ 0.020, -0.035 และ 0.121 ตามลำดับ ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่ำมากหรือไม่มีเลยกับ Bottleneck Capacity จึงไม่นำมาพิจารณาในการสร้างแบบจำลอง อย่างไรก็ตาม การหาความสัมพันธ์นี้เป็นการเปรียบเทียบแบบปัจจัยต่อปัจจัย หรือหนึ่งต่อหนึ่ง ซึ่งการเปรียบเทียบแบบตัวแปรตามต่อตัวแปรต้นทั้งหมดได้กล่าวในหัวข้อแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

อย่างไรก็ตาม การศึกษาถึงพฤติกรรมของการเข้าและออกทางด่วนที่มีผลต่อการเปลี่ยนช่องทางจราจร (LC) นั้นสามารถทำได้ด้วยการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเข้าทางด่วนกับการเปลี่ยนช่องทางตั้งแต่ช่องทางที่ 4 ไปยังช่องทางที่ 1 และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการออกทางด่วนกับการเปลี่ยนช่องทางตั้งแต่ช่องทางที่ 1 ไปยังช่องทางที่ 4 ดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $q_{on}$  และ  $q_{off}$  กับ LC จากข้อมูลจราจรส่วนที่ 2

r	Coefficients					
	LC 4 to 3	LC 3 to 2	LC 2 to 1	LC 1 to 2	LC 2 to 3	LC 3 to 4
$q_{on}$	0.501	0.412	0.114			
$q_{off}$				0.288	0.174	0.426

ตารางที่ 5.2 เกิดจากการรวมค่าปัจจัยของตารางสรุปข้อมูลจราจรส่วนที่ 2 ทั้ง 4 วัน ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 นั้นมาหาความสัมพันธ์ระหว่าง  $q_{on}$  และออกทางด่วนกับการเปลี่ยนช่องทาง เมื่อพิจารณาข้อมูลจราจรส่วนที่ 2.1 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง  $q_{on}$  กับ LC 4 to 3 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $q_{on}$  กับ LC 3 to 2 และความสัมพันธ์ระหว่าง  $q_{on}$  กับ LC 2 to 1 ทั้งสามคู่ปัจจัยมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน โดย LC 4 to 3 กับ  $q_{on}$  มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด และเมื่อพิจารณาข้อมูลจราจรส่วนที่ 2.2 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง  $q_{off}$  กับ LC 1 to 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $q_{off}$  กับ LC 2 to 3 และความสัมพันธ์ระหว่าง  $q_{off}$  กับ LC 3 to 4 ทั้งสามคู่ปัจจัยมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันเช่นกัน โดย LC 3 to 4 กับ  $q_{off}$  มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด



อย่างไรก็ตาม ตารางที่ 5.2 ไม่ได้อธิบายความสัมพันธ์ที่มีผลกระทบต่อ Bottleneck Capacity โดยตรง ดังนั้น ปริมาณการเปลี่ยนช่องทางถูกนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณการเคลื่อนที่ในแต่ละช่องทาง ( $q_i$ ) เพื่อหาความสัมพันธ์ที่มีผลกระทบต่อความจุ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $q_i$  กับ LC จากข้อมูลจราจรส่วนที่ 3

r	Coefficients					
	LC 1 to 2	LC 2 to 1	LC 2 to 3	LC 3 to 2	LC 3 to 4	LC 4 to 3
$q_1$	0.339	0.529				
$q_2$	0.240	-0.466	-0.180	0.118		
$q_3$			0.024	-0.098	-0.252	0.284
$q_4$					-0.010	0.005

ตารางที่ 5.3 แสดงผลสรุปจากการวิเคราะห์ โดยตัดปัจจัยปริมาณการเคลื่อนที่ในช่องทางที่ 1 และ 2 ออก เนื่องจากช่องทางที่ 1 ไม่ได้เป็นการตัดกันของกระแสจราจรจากทางเข้าและออกทางด่วน (Ramp-Weave) และช่องทางที่ 4 ไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนช่องทาง เนื่องจากค่า r ต่ำมากหรือเข้าใกล้ 0 อีกทั้งในงานวิจัยนี้มีจำนวนชุดข้อมูลน้อย ซึ่งทำให้ไม่อาจสรุปความสัมพันธ์ที่ชัดเจนได้ โดยปริมาณการเคลื่อนที่ในแต่ละช่องทางควรมีความสัมพันธ์กับปริมาณการเปลี่ยนช่องทาง

เมื่อพิจารณาตารางที่ 5.3 พบว่า ตัวแปร  $q_3$  กับตัวแปร LC\_2\_to\_3 มีค่าสัมประสิทธิ์ r ที่ได้เท่ากับ 0.024 และตัวแปร  $q_3$  กับตัวแปร LC\_4\_to\_3 มีค่าสัมประสิทธิ์ r ที่ได้เท่ากับ 0.284 เมื่อพิจารณาค่า r ที่ได้มีสัมประสิทธิ์เป็นบวก แสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน โดยการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่ช้ามาเร็ว หรือ LC\_4\_to\_3 เพิ่มปริมาณการเคลื่อนที่ในช่องทางมากกว่าการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วมาช้า หรือ LC\_2\_to\_3 ในทางตรงกันข้าม ตัวแปร  $q_3$  กับตัวแปร LC\_3\_to\_2 มีค่าสัมประสิทธิ์ r ที่ได้เท่ากับ -0.098 และตัวแปร  $q_3$  กับตัวแปร LC\_3\_to\_4 มีค่าสัมประสิทธิ์ r ที่ได้เท่ากับ -0.252 เมื่อพิจารณาค่า r ที่ได้มีสัมประสิทธิ์เป็นลบ แสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้าม โดยการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่ช้ามาเร็ว หรือ LC\_3\_to\_2 ลดปริมาณการเคลื่อนที่ในช่องทางมากกว่าการเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วมาช้า หรือ LC\_3\_to\_4

ภาพรวมของการศึกษาความสัมพันธ์แต่ละปัจจัยทำให้ทราบว่า  $q_{on}$ ,  $q_{off}$ , LC\_STF และ LC\_FTS ปัจจัยเหล่านี้มีความสัมพันธ์ต่อ Bottleneck Capacity ซึ่งถูกนำไปใช้ในการพิจารณาสร้างแบบจำลอง อีกทั้ง k และ v มีความสัมพันธ์กับ Bottleneck Capacity น้อยและทั้งสองปัจจัยเป็นผลจากปริมาณการเคลื่อนที่ จึงไม่ใช่ตัวแปรต้นที่เป็นปัจจัยต่อค่า Bottleneck Capacity

อย่างก็ตาม เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง  $q_{on}$  กับ LC\_STF และ  $q_{off}$  กับ LC\_FTS พบว่าแต่ละคู่ปัจจัยมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งนำไปสู่การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง  $q_{on}$  กับการเปลี่ยนช่องทางตั้งแต่ช่องทางที่ 4 ไปยังช่องทางที่ 1 และความสัมพันธ์ระหว่าง  $q_{off}$  กับการเปลี่ยนช่องทางตั้งแต่ช่องทางที่ 1 ไปยังช่องทางที่ 4 พบว่ามีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันทั้งหมด อีกทั้งปริมาณการเปลี่ยนช่องทางมีความสัมพันธ์กับปริมาณการเคลื่อนที่ในช่องทางที่ 2 และ 3

### 5.3 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลองการถดถอย ถ้ามีตัวแปรอิสระ  $X$  จำนวน  $i$  ตัว ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม  $Y$  ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบเชิงเส้น โดยความสัมพันธ์ระหว่าง  $Y$  และ  $X_1, X_2, \dots, X_i$  สามารถแสดงได้ในสมการ 5.1

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_i X_i \quad (5.1)$$

โดยที่  $Y$  คือ ความจุของขวดแบบก้างปลาของทางด่วน (คันต่อชั่วโมง)

$X_i$  คือ ค่าปัจจัยที่ศึกษา

$\beta_0$  คือ ส่วนตัดแกน  $Y$  เมื่อ  $X_1 = X_2 \dots = X_i = 0$

$\beta_1, \dots, \beta_i$  คือ สัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงเส้น

การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่ทำให้ ค่าผลรวมกำลังสองของความผิดพลาดมีค่าน้อยที่สุด โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Squares; OLS) คือ การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของสมการถดถอย ที่ทำให้ได้ค่าคาดหวังของตัวแปรตาม มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงที่สำรวจมามากที่สุด

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาที่ค่า  $R^2$  หรือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์นี้หมายถึง สัดส่วนที่ตัวแปร  $X$  สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร  $Y$  ได้ ดังนั้น ถ้าค่า  $R^2$  มีค่ามาก ก็แสดงว่า  $X$  และ  $Y$  มีความสัมพันธ์กันมาก หรือ  $X$  สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของค่า  $Y$  ได้มาก

การสร้างแบบจำลองได้นำปัจจัยที่ได้จากแผนผังภาพที่ 5.1 มาจัดทำเป็นตัวแปรเพื่อความเข้าใจในการนำข้อมูลไปประมวลผลด้วยโปรแกรม SPSS ดังแสดงรายละเอียดของตัวแปรในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ตัวแปรทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองทำนายความสัมพันธ์ระหว่างความจุคอขวดแบบก้างปลาของทางด่วนกับตัวแปรต่างๆ

คุณลักษณะปัจจัย	นัยสำคัญ (Sig)	ตัวแปร
ค่าคงที่ (Constant)	0.000	CONST
ปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วน (คันต่อชั่วโมง) เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ	0.309	$q_{on}$
ปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากทางด่วน (คันต่อชั่วโมง) เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ	0.199	$q_{off}$
ปริมาณการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางเคลื่อนที่เข้าไปเร็ว (คันต่อชั่วโมง) เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ	0.709	LC_STF
ปริมาณการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช้า (คันต่อชั่วโมง) เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ	0.903	LC_FTS

แบบจำลองที่ประมวลผลปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อความจุคอขวดแบบก้างปลาของทางด่วนด้วยโปรแกรม SPSS สามารถเขียนสมการได้ดังสมการ 5.2 ซึ่งมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.242 โดย Bottleneck Capacity คือ ความจุคอขวดแบบก้างปลาของทางด่วน มีหน่วยเป็นคันต่อชั่วโมง

$$Bottleneck \ Capacity = 9,203 + 0.644q_{on} - 0.948q_{off} + 0.198LC\_STF - 0.036LC\_FTS \quad (5.2)$$

เมื่อพิจารณาตัวแปรแต่ละตัวพบว่า ตัวแปร  $q_{on}$  มีค่าผลกระทบส่วนเพิ่มเท่ากับ 0.644 หมายความว่า เมื่อ  $q_{on}$  เพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 1 ทำให้ Bottleneck Capacity เพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 0.644 และตัวแปร LC\_STF มีค่าผลกระทบส่วนเพิ่มเท่ากับ 0.198 หมายความว่า เมื่อค่า LC\_STF เพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 1 ทำให้ Bottleneck Capacity เพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 0.306 ในทางตรงกันข้าม ตัวแปร  $q_{off}$  มีค่าผลกระทบส่วนลดเท่ากับ 0.948 หมายความว่า เมื่อ  $q_{off}$  เพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 1 ทำให้ Bottleneck Capacity ลดลงเท่ากับร้อยละ 0.948 ในขณะที่ตัวแปร LC\_FTS มีค่าผลกระทบส่วนเพิ่มเท่ากับ 0.036 หมายความว่า เมื่อ LC\_FTS เพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 1 ทำให้ Bottleneck Capacity ลดลงเท่ากับร้อยละ 0.036

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ได้ทดลองใช้ปัจจัย LC 4 to 3 และ LC 3 to 4 แทน LC\_FTS และ LC\_STF ตามลำดับ แต่ผลที่ได้จากแบบจำลองไม่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง

#### 5.4 การวิเคราะห์ผลจากแบบจำลอง

จากสมการ 5.2 เห็นได้ว่ามีปัจจัยอยู่ 4 ประเภทที่มีความสัมพันธ์กับ Bottleneck Capacity ได้แก่ ปริมาณ การเคลื่อนที่เข้าทางด่วน ( $q_{on}$ ) ปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากทางด่วน ( $q_{off}$ ) ปริมาณการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางเคลื่อนที่ช้าไปเร็ว (LC\_STF) ปริมาณการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช้า (LC\_FTS) ซึ่งสามารถสร้างแบบจำลองทำนายความจุคอขวดแบบก้างปลาของทางด่วนอย่างง่ายได้

เมื่อพิจารณาตัวแปรแต่ละตัวพบว่า ตัวแปร  $q_{on}$  และ LC\_STF มีเครื่องหมายหน้าสัมประสิทธิ์เป็นบวก จึงแสดงได้ว่า การที่มี ปริมาณ การเคลื่อนที่เข้าทางด่วน และปริมาณการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางเคลื่อนที่ช้าไปเร็วตามลำดับ นั้นเพิ่มมากขึ้นส่งผลทำให้ Bottleneck Capacity เพิ่มขึ้น ในขณะที่ตัวแปร  $q_{off}$  และ LC\_FTS มีเครื่องหมายหน้าสัมประสิทธิ์เป็นลบ จึงแสดงให้เห็นว่า ปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากทางด่วน และปริมาณการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช้าตามลำดับ นั้นเพิ่มมากขึ้นส่งผลทำให้ Bottleneck Capacity ลดลง

อย่างไรก็ตาม ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.242 ซึ่งมีค่าน้อย นั้นแสดงว่า ปัจจัยทั้ง 4 ประเภทกับความจุ มีความสัมพันธ์ กันน้อย หรือ ปัจจัยทั้ง 4 ประเภท สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของ Bottleneck Capacity ได้น้อย ทั้งนี้เหตุที่เกิดขึ้นอาจเป็นไปได้หลายกรณี ดังต่อไปนี้

1. ตัวอย่างที่ใช้ทำการวิเคราะห์ด้วยสมการเชิงเส้นมีจำนวนน้อยเกินไป ซึ่งทำให้ความสัมพันธ์มีการกระจุกหรือกระจายไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ตามอิทธิพลของปัจจัยที่เกิดขึ้นมากหรือน้อยในช่วงที่นำมาเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์

2. แบบจำลองมีปัจจัยที่ไม่ครบถ้วน โดยบางปัจจัยที่คาดการณ์ไว้ไม่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ด้วยสมการเชิงเส้นได้ เช่น ปัจจัยจากปริมาณเข้าทางด่วนและออกทางด่วนที่มากขึ้นพร้อมกัน ซึ่งเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นเพียง 3 ครั้ง จาก 19 ครั้ง หรือคิดเป็นร้อยละ 8 ของเวลาทั้งหมดที่เกิดเหตุการณ์ จึงไม่นำมาใช้วิเคราะห์และทำแบบจำลอง

3. ปริมาณการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช้า อาจมีการเปลี่ยนมาตั้งแต่ก่อนเข้าสู่พื้นที่ศึกษา กล่าวคือ มีการเปลี่ยนช่องทางมาก่อนถึงพื้นที่ระหว่างทางร่วมกับทางแยก (Gore Area) สังเกตจากค่านัยสำคัญเท่ากับ 0.903 หมายถึง ปริมาณการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช้ากับ Bottleneck Capacity นั้นมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก

## 5.5 สรุป

โดยสรุปแล้วเนื้อหาในบทที่ 5 ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองความจุคอขวดแบบก้างปลาของทางด่วน และการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการทำนายความจุคอขวดแบบก้างปลาของทางด่วนตลอดจนการวิเคราะห์ผลจากแบบจำลอง โดยการวิเคราะห์ผลจากแบบจำลองถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ของ Bottleneck Capacity พบว่าตัวแปร  $q_{on}$  และ  $q_{off}$  เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มปริมาณ Bottleneck Capacity มากที่สุด แต่ตัวแปร  $q_{off}$  มีการศึกษาจำนวนน้อยที่แสดงถึงอิทธิพลของการเคลื่อนที่ออกจากทางด่วน กับ Bottleneck Capacity

อีกทั้ง ตัวแปร LC\_STF และ LC\_FTS เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มและลด Bottleneck Capacity ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงและงานศึกษาวิจัย พฤติกรรมของกระแสรถแบบหลายช่องทาง โดย Daganzo (2002) ที่พบว่ากลุ่มผู้ที่ขับแบบเร่งรีบ (Aggressive driver) เปลี่ยนเข้าหาเกาะกลางเพื่อเพิ่มความเร็วขึ้น ขณะที่กลุ่มผู้ที่ขับแบบล่าช้า (Timid driver) เปลี่ยนออกจากเกาะกลางเพื่อลดความเร็วลง

การวิเคราะห์ผลในบทที่ 5 ดังที่ได้กล่าวมาทั้งหมดช่วยทำให้ทราบถึงปัจจัยหลายประการที่มีอิทธิพลต่อความจุคอขวดแบบก้างปลาของทางด่วน ส่วนเนื้อหาในบทถัดไปกล่าวถึงบทสรุปของงานวิจัย และข้อเสนอแนะที่เป็นแนวทางในงานวิจัยในอนาคต



ต้นฉบับไม่มีหน้า 74

NO PAGE 74 IN ORIGINAL

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 6

### สรุปผลการศึกษา

#### 6.1 ผลจากการศึกษาคอขวดจราจร

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมของการเกิดคอขวดจราจร แบบก้างปลา ซึ่งเกิดจากการตัดกันของกระแสจราจร บนทางด่วน ที่มีทางเข้าทางด่วนอยู่ก่อนหน้าและต่อมาเป็นบริเวณที่มีทางออกทางด่วนที่อยู่ใกล้เคียงกัน จึงเป็นเหตุให้ Bottleneck Capacity ของทางด่วนลดลงและเกิดความล่าช้าในการเดินทางขึ้น จากการศึกษาได้แบ่งข้อมูลจราจรออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 อธิบายถึงภาพรวมพฤติกรรมระหว่าง Bottleneck Capacity กับ  $q_{on}$ ,  $q_{off}$ , LC\_STF และ LC\_FTS

ส่วนที่ 2 อธิบายถึงพฤติกรรมระหว่าง  $q_{on}$  กับ ปริมาณการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 4 ไปช่องทางที่ 1 และพฤติกรรมระหว่าง  $q_{off}$  กับ ปริมาณการเปลี่ยนช่องทางจากช่องทางที่ 1 ไปช่องทางที่ 4

ส่วนที่ 3 อธิบายถึงพฤติกรรมระหว่าง ปริมาณการเคลื่อนที่แต่ละช่องทาง ( $q_i$ ) กับ ปริมาณการเปลี่ยนช่องทาง (LC) และความเร็วของแต่ละช่องทาง

ตารางที่ 6.1 เหตุการณ์ความสัมพันธ์  $q_{on}$  และ  $q_{off}$  กับ Bottleneck Capacity

	$q_{on}$	$q_{off}$	Bottleneck Capacity	Prob (%)
Event	↑	-	↑	24
	↓	-	↓	24
	-	↓	↑	16
	-	↑	↓	28
	↑	↑	↓	8

จากตารางที่ 6.1 ซึ่งให้เห็นผลการศึกษาความสัมพันธ์ของ  $q_{on}$  และ  $q_{off}$  ที่มีผลต่อ Bottleneck Capacity พบว่า ปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วน ( $q_{on}$ ) และปริมาณการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางเคลื่อนที่เข้าไปเร็ว (LC\_STF) มีความสัมพันธ์ทิศทางเดียวกับ Bottleneck Capacity โดย  $q_{on}$  มีเหตุการณ์ที่สัมพันธ์กับการเพิ่ม Bottleneck Capacity ร้อยละ 24 และลด Bottleneck Capacity

ร้อยละ 24 หรือรวมทั้งสองเหตุการณ์ร้อยละ 48 ขณะที่ปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากทางด่วน ( $q_{off}$ ) และปริมาณการเปลี่ยนช่องทางทั้งหมดจากช่องทางเคลื่อนที่เร็วไปช้า (LC\_FTS) มีความสัมพันธ์ทางตรงข้ามกับ Bottleneck Capacity โดย  $q_{off}$  มีเหตุการณ์ที่สัมพันธ์กับการเพิ่ม Bottleneck Capacity ร้อยละ 16 และลด Bottleneck Capacity ร้อยละ 28 หรือรวมทั้งสองเหตุการณ์ร้อยละ 44 แต่ในเหตุการณ์ที่ทั้งสองกรณีมีปริมาณการเคลื่อนที่มากพร้อมกัน แล้วปริมาณการเคลื่อนที่ทั้งสองนั้น มีความสัมพันธ์ทางตรงข้าม กับ Bottleneck Capacity ซึ่งเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นเพียงร้อยละ 8 จึงไม่นำมาใช้สร้างแบบจำลอง Bottleneck Capacity คอขวด

ตารางที่ 6.2 เหตุการณ์ความสัมพันธ์ LC\_STF และ LC\_FTS กับ Bottleneck Capacity

	LC_STF	LC_FTS	Bottleneck Capacity	Prob (%)
Event	↑	-	↑	26
	↓	-	↓	16
	-	↓	↑	16
	-	↑	↓	21
	↑	↑	↓	12

จากตารางที่ 6.1 ซึ่งให้เห็นผลการศึกษาความสัมพันธ์ของ LC\_STF และ LC\_FTS ที่มีผลต่อ Bottleneck Capacity พบว่า LC\_STF มีความสัมพันธ์ทิศทางเดียวกับ Bottleneck Capacity โดย LC\_STF มีเหตุการณ์ที่สัมพันธ์กับการเพิ่ม Bottleneck Capacity ร้อยละ 26 และลด Bottleneck Capacity ร้อยละ 16 หรือรวมทั้งสองเหตุการณ์ร้อยละ 42 ขณะที่ LC\_FTS มีความสัมพันธ์ทางตรงข้ามกับ Bottleneck Capacity โดย LC\_FTS มีเหตุการณ์ที่สัมพันธ์กับการเพิ่ม Bottleneck Capacity ร้อยละ 16 และลด Bottleneck Capacity ร้อยละ 21 หรือรวมทั้งสองเหตุการณ์ร้อยละ 37 แต่ในเหตุการณ์ที่ทั้งสองกรณีมีปริมาณการเคลื่อนที่มากพร้อมกัน แล้วปริมาณการเคลื่อนที่ทั้งสองนั้น มีความสัมพันธ์ทางตรงข้ามกับ Bottleneck Capacity ซึ่งเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นเพียงร้อยละ 12 จึงไม่นำมาใช้สร้างแบบจำลอง Bottleneck Capacity คอขวด

อีกทั้ง ความเร็วในแต่ละช่องทางและปริมาณการเคลื่อนที่บนทางด่วนตั้งแต่ช่องทางที่ 1 ถึง 4 ที่ตำแหน่ง  $X_3$  เทียบกับระยะจากเกาะกลาง พบว่าช่องทางที่อยู่ใกล้เกาะกลางมีความเร็วมาก ในทางตรงกันข้ามช่องทางที่อยู่ไกลเกาะกลางมีความเร็ว น้อย กรณีที่ความเร็วเฉลี่ยของช่องทางที่ 3 น้อยกว่าความเร็วเฉลี่ยของช่องทางที่ 4 เนื่องมาจากช่องทางที่ 3 เป็นช่องทางปกติที่รถใช้วิ่ง โดยช่องทางที่ 4 ไม่ได้เป็นช่องทางปกติที่รถใช้วิ่งแต่เป็นไหล่ทาง เมื่อช่องทางที่ 3 มีความเร็วลดลงมากหรือเกิดจราจร



ติดขัดหรือเกิดคอขวด รถมีแนวโน้มเปลี่ยนมาใช้ช่องทางที่ 4 แทน เพราะว่ามีความเร็วในการเคลื่อนที่มากกว่าช่องทางที่ 3

เมื่อนำผลสรุปของข้อมูลจราจรมาหาปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความจุคอขวด พบว่า Bottleneck Capacity กับ  $k_{all}$  และ  $v$  ไม่มีความสัมพันธ์กัน จึงไม่นำมาพิจารณาในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับ Bottleneck Capacity ของทางด่วนมี 4 ประเภทได้แก่  $q_{on}$ ,  $q_{off}$ , LC\_STF และ LC\_FTS โดยผลจากการวิเคราะห์แบบจำลองถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ของ Bottleneck Capacity พบว่าตัวแปร  $q_{on}$  เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่ม Bottleneck Capacity มากที่สุด อีกทั้งตัวแปร LC\_STF และ LC\_FTS เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มและลด Bottleneck Capacity ตามลำดับ เนื่องจากกลุ่มผู้ที่ขับบีบบังคับเปลี่ยนเข้าหาเกาะกลางเพื่อความเร็วที่เพิ่มขึ้นซึ่งก็คือ LC\_STF ขณะที่กลุ่มผู้ที่ขับบีบบังคับเปลี่ยนออกจากเกาะกลางเพื่อความเร็วที่ลดลงซึ่งก็คือ LC\_FTS อย่างไรก็ตามตัวแปร  $q_{off}$  เป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่มีนัยสำคัญกับการลดลงของ Bottleneck Capacity แต่ไม่ค่อยมีการศึกษาที่แสดงถึงอิทธิพลของการเคลื่อนที่ออกจากทางด่วน กับ Bottleneck Capacity

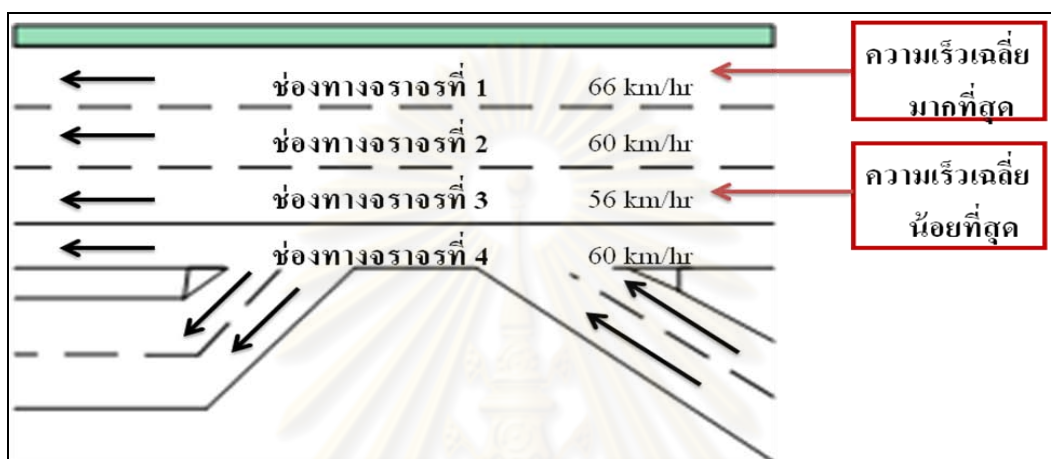
## 6.2 การเปรียบเทียบกับงานวิจัยในอดีต

งานวิจัยนี้ใช้กล้องวิดีโอทัศน์ในการเก็บข้อมูล จราจร ซึ่งทำให้ได้พฤติกรรมของคอขวดจราจรที่ชัดเจนมากกว่าการเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องตรวจนับรถยนต์แบบขดลวดเหนี่ยวนำ เมื่อพิจารณาพบว่า งานวิจัยนี้มีความสอดคล้องและได้ช่วย ยืนยันการศึกษาคอขวดจราจรแบบก้างปลา ของ Lee และ Cassidy (2009) โดยงานวิจัยนี้ได้ยืนยันว่า  $q_{on}$  เป็นเหตุให้มีการเปลี่ยนแปลง Bottleneck Capacity เนื่องจากมีการเปลี่ยนช่องทางด้วยความจำเป็น ซึ่งทำให้รถที่เข้าทางด่วนมานั้นเปลี่ยนจากช่องทางเคลื่อนที่เข้าไปช่องทางเคลื่อนที่เร็ว จึงส่งผลให้รถมีความเร็วในการเคลื่อนที่มากขึ้น โดย  $q_{on}$  มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกับ Bottleneck Capacity

นอกจากนั้น งานวิจัยนี้ได้พยายามยืนยัน ความสัมพันธ์ระหว่าง  $q_{off}$  กับ Bottleneck Capacity และพบว่า  $q_{off}$  มีความสัมพันธ์ ในทางตรงกันข้ามกับ Bottleneck Capacity ซึ่งได้ผลสอดคล้องกับ วันแรกของการเกิดคอขวด ที่ Lee และ Cassidy (2009) ได้ศึกษาไว้แต่ไม่ได้ศึกษาในรายละเอียด

งานวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษา ทฤษฎีพฤติกรรมเปลี่ยนช่องทางจราจรของผู้ขับบีบบังคับโดย Laval และ Daganzo (2006) ซึ่งงานวิจัยนี้พบว่า ช่องทางที่อยู่ใกล้เกาะกลางมีความเร็วมาก ในทางตรงกันข้ามช่องทางที่อยู่ไกลเกาะกลางมีความเร็ว น้อย กล่าวคือ ช่องทางที่ 1 มีความเร็วเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 66 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ช่องทางที่ 2 มีความเร็วเฉลี่ยกับ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ช่องทางที่ 3

มีความเร็วเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 56 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และช่องทางที่ 4 มีความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อีกทั้งยังพบว่า ช่องไหล่ทางมีรถขับจี๊ใช้งานน้อยในช่วงเวลาก่อนเกิดคอขวด แต่หลังจากเกิดคอขวดแล้วช่องไหล่ทางมีรถขับจี๊ใช้งานมากขึ้น เนื่องมาจากช่องทางที่ 3 ได้รับผลกระทบจากการตัดกันของการเปลี่ยนช่องทาง ซึ่งส่งผลให้ช่องทางที่ 3 ติดขัดและมีความเร็วลดลง ดังนั้น รถจึงเข้ามาใช้ช่องไหล่ทาง (ช่องทางที่ 4) แทน เพราะรถสามารถเคลื่อนที่ได้รวดเร็วและติดขัดน้อยกว่าช่องทางที่ 3 ดังแสดงในภาพที่ 6.1



ภาพที่ 6.1 ความเร็วเฉลี่ยแต่ละช่องทาง

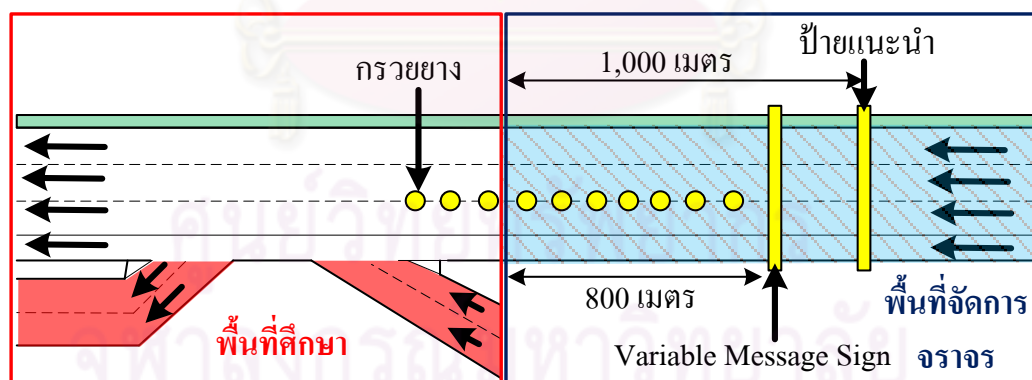
อีกทั้ง ตัวแปร LC\_STF และ LC\_FTS ที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มและลด Bottleneck Capacity ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงและงานศึกษาวิจัยพฤติกรรมของกระแสรถแบบหลายช่องทาง โดย Daganzo (2002) ที่พบว่ากลุ่มผู้ที่ขับจี๊แบบเร่งรีบ (Aggressive driver) เปลี่ยนเข้าหาเกาะกลางเพื่อเพิ่มความเร็วขึ้น ขณะที่กลุ่มผู้ที่ขับจี๊แบบล่าช้า (Timid driver) เปลี่ยนออกจากเกาะกลางเพื่อลดความเร็วลง

### 6.3 แนวทางการจัดการจราจรบริเวณคอขวดแบบก้างปลา

บริเวณก้างปลาเป็นบริเวณที่มีความวุ่นวายของกระแสรถมาก เนื่องจาก ทางเข้าทางด่วนและทางออกทางด่วนอยู่ใกล้เคียงกัน ดังนั้น เพื่อให้การจราจรมีประสิทธิภาพจึงต้องควบคุมพฤติกรรมของผู้ขับจี๊และปริมาณจราจรในพื้นที่ ซึ่งการจัดการต้องปรับเปลี่ยนวิธีการตามสถานการณ์ โดยได้นำเสนอวิธีการจัดการดังต่อไปนี้

6.3.1 การจัดการจราจรบริเวณต้นทาง ( Upstream Control) เป็นมาตรการควบคุมปริมาณจราจรด้วยความเร็ว และการจัดการกระแสรถให้เป็นระเบียบ ก่อนที่กระแสรถจะเข้ามาในพื้นที่ศึกษา เพื่อไม่ให้กระแสรถถูกรบกวนจากการเปลี่ยนช่องทางจราจรจำนวนมาก ซึ่งการจัดการกระแสรถอย่างเป็นระเบียบ ทำให้มีปริมาณการเคลื่อนที่มากขึ้น ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

1. ติดตั้งป้ายอิเล็กทรอนิกส์ที่เปลี่ยนข้อความบนกระดานได้ (Variable Message Sign) โดยติดตั้งป้ายแยกกันในแต่ละช่องทางจราจร และติดตั้งป้ายแนะนำให้เปลี่ยนช่องทางจราจรก่อนเข้าถึงพื้นที่ศึกษา
2. ป้ายอิเล็กทรอนิกส์ และป้ายแนะนำการเปลี่ยนช่องทางจราจร ติดตั้งบริเวณก่อนถึงพื้นที่ศึกษาเป็นระยะทาง 800 เมตรและ 1,000 เมตรตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 6.2 เพื่อให้ผู้ขับขี่ได้สังเกต รับรู้ และปรับเปลี่ยนพฤติกรรมได้ก่อนเข้าถึงบริเวณคอขวด
3. ป้ายอิเล็กทรอนิกส์ บอกให้รถในพื้นที่จัดการจราจร ใช้ความเร็วอิสระ เมื่อรถในพื้นที่ศึกษาใช้ความเร็วมากกว่า 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
4. ป้ายแนะนำบอกให้รถที่ต้องการตรงต่อไปบนทางด่วนใช้สองช่องทางจราจรที่ชิดกับเกาะกลาง และให้รถที่ต้องการออกจากทางด่วนให้ใช้ช่องทางจราจรที่ชิดไหล่ทาง
5. ป้ายอิเล็กทรอนิกส์ ให้ใช้ความเร็วที่ต่ำกว่าความเร็วเฉลี่ย ของรถในแต่ละช่องทางจราจร (ดังแสดงในภาพที่ 6.1) เมื่อการจราจรในพื้นที่ศึกษาเริ่มติดขัดเป็นคอขวด หรือมีความเร็วเฉลี่ยต่ำกว่า 56 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อย่างไรก็ตาม เมื่อการจราจรในพื้นที่ศึกษาไม่มีจราจรติดขัดแล้ว ให้ทำตามข้อที่ 3 เหมือนเดิม
6. การจัดการกระแสจราจรให้เป็นระเบียบ ทำโดยการวางกรวยกั้นให้เปลี่ยนช่องทางตั้งแต่พื้นที่จัดการจราจรจนถึงพื้นที่ศึกษาที่ gore area ของต้นทาง ดังแสดงเป็นจุดกลมในภาพที่ 6.2 เพื่อลดการตัดกันของของกระแสจราจรบริเวณก้างปลา โดยให้รถที่ต้องการเปลี่ยนออกจากทางด่วนเปลี่ยนมาอยู่ติดช่องไหล่ทางก่อนถึงพื้นที่ศึกษา

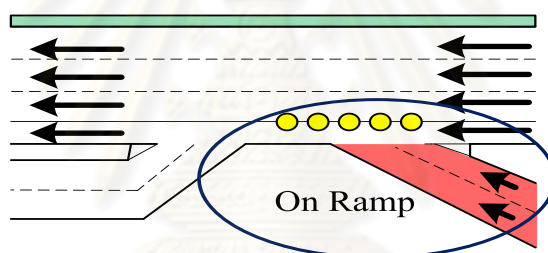


ภาพที่ 6.2 การจัดการจราจรของรถก่อนเข้าบริเวณพื้นที่ศึกษา

6.3.2 การจัดการจราจรบริเวณทางเข้าทางด่วน (On-Ramp Control) เป็นมาตรการควบคุมปริมาณจราจรด้วยอัตราเร็วในการให้บริการของด่านเก็บค่าผ่านทาง และการจัดการกระแสจราจรที่มาจากทางเข้าทางด่วน ให้สามารถเข้ามาได้อย่างสะดวก เนื่องจากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า

ความจุคอขวดเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเคลื่อนที่เข้าทางด่วนที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงบริเวณที่จัดการจราจร ในภาพที่ 6.3 ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

1. ให้ด่านเก็บค่าผ่านทางบริการด้วยอัตราที่เร็วขึ้นกว่าปกติ ขณะเกิดคอขวดจราจร และให้บริการด้วยอัตราปกติเมื่อจราจรไม่ติดขัด
2. ให้รถที่มาจาก On-Ramp เข้ามาอย่างสะดวก โดยไม่ให้เกิดการชะลอตัวจากรถที่ต้องการไป Off-Ramp มาขวงทางหรือแทรกรถที่มาจาก On-Ramp ซึ่งทำโดยให้เจ้าหน้าที่ลงไปให้การอำนวยความสะดวกแก่รถที่เข้าทางด่วนในบริเวณพื้นที่ศึกษา และวางกรวยยางกำกับการเปลี่ยนช่องทางจราจรดังในภาพที่ 6.3 เพื่อป้องกันไม่ให้รถที่ต้องการไป Off-Ramp มาเปลี่ยนช่องทางใกล้กับบริเวณ On-Ramp ที่ต้นทางคอขวด
3. ส่งเสริมให้กระแสดูจราจรของรถเป็นระเบียบก่อนถึงพื้นที่ศึกษา โดยใช้ควบคู่กับมาตรการในหัวข้อที่ 6.3.1 และให้ด่านเก็บค่าผ่านทางที่อยู่ก่อนถึงพื้นที่ศึกษา บริการเก็บค่าผ่านทางเช่นเดียวกับข้อที่ 1



ภาพที่ 6.3 การจัดการรถบริเวณ On-Ramp

#### 6.4 งานวิจัยในอนาคต

การพัฒนางานวิจัยในอนาคตอาจมีแนวทางดำเนินงานแก้ไขปรับปรุง เพื่อความสมบูรณ์ของงานวิจัย อันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยและพัฒนากิจการด้านการขนส่งจราจร ดังนี้

6.4.1 งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาคอขวดจราจรแบบก้างปลาที่เกิดขึ้นบริเวณช่วงทางขึ้นด่านอาณัติกับทางลงท่าเรือคลองเตย ถนนเกษมราษฎร์ ซึ่งมาจากบางนาไปดินแดงเพียงแห่งเดียว และได้วิเคราะห์ข้อมูลจราจรเพียง 4 วันเท่านั้น ดังนั้น งานวิจัยในอนาคตจึงควรศึกษาคอขวดจราจรประเภทนี้ในบริเวณพื้นที่ศึกษาอื่นเพิ่มเติม หรือด้วยจำนวนวันที่ศึกษามากขึ้น เพื่อให้สามารถยืนยันพฤติกรรมของคอขวดประเภทนี้ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

6.4.2 ค้นคว้าวิธีการวิเคราะห์หาพฤติกรรมที่อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความจุของคอขวด เนื่องจากการวิเคราะห์พฤติกรรมอาจต้องใช้วิธีการที่หลากหลาย เพื่อให้สามารถอธิบาย

รายละเอียดของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น ตำแหน่งของการเปลี่ยนช่องทางที่อาจส่งผลต่อปริมาณการเคลื่อนที่ออกจากคอกขวด ซึ่งตำแหน่งที่แตกต่างกันอาจให้ผลไม่เหมือนกัน เป็นต้น

6.4.3 ทดสอบการจัดการจราจรบริเวณคอกขวดเพื่อหาแนวทางในการจัดการจราจรบริเวณคอกขวดประเภทนี้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด อาจทำโดยการขอความร่วมมือยังตำรวจทางด่วนให้ความร่วมมือทดสอบนำร่องในช่วงเวลาที่ต้องการศึกษาเป็นเวลานาน เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเข้าไปปรับเปลี่ยนพฤติกรรมจราจรบ้าง แล้วนำผลที่ได้มาจัดการจราจรในบริเวณอื่นๆ ต่อไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

จิตติชัย รุจนกนกนาฏ, ชาญชัย อัครวรกุลชัย และวิศรุต กริมทุ่งทอง. การประยุกต์ใช้กราฟสะสมเชิง  
เอียงในการวิเคราะห์ปัญหาจราจรบนถนนอรัญญิต . เอกสารรวมบทความวิชาการการ  
ประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14 (พฤษภาคม 2552): 827-832.

จิตติชัย รุจนกนกนาฏ, สรรพชัย ชีระบุตร, คอขวดจราจรจากแควคอยที่ออกจากทางด่วน . เอกสาร  
รวมบทความวิชาการการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 15 (พฤษภาคม  
2553)

### ภาษาอังกฤษ

Cassidy, M. J. and Bertini, R. L. Some traffic features at freeway bottlenecks. Transportation  
Research 33B : 25-42. 1999.

Cassidy, M.J. and Windover, J.R. Methodology for assessing the dynamics of freeway  
traffic flow. Transportation Research Record 1484: 73-79. 1995.

Daganzo, C.F. Remarks on traffic flow modeling and its applications, in Traffic and Mobility,  
Proc. Traffic and Mobility Simulation, Economics and Environment Conference: 105-  
115. 1999.

Dagonzo, C. F. Behavior theory of multi-lane traffic flow. part I: Long homogeneous freeway  
sections. Transportation Research 36B: 131-158. 2002.

Denney, R. and Williams, J. Capacity and Quality of Service of Weaving Zones. Transportation  
Research Board, National Research Council. Washington D.C. 2005.

Highway Capacity Manual. Weaving segments. Transportation Research Board,  
National Research Council. Washington D.C. 2000.

Highway Design Manual. Chapter 60 : Nomenclature. California Department of Transportation.  
California. 2006.

Kwon, E. Estimation of capacity in freeway weaving areas for traffic management and  
operations. Final report MN/RC-1999-40, Minnesota department of transportation, MN,  
USA. 1999.

- Laval, J. A. and Daganzo, C.F. Lane-changing in traffic streams. Transportation Research 40(1)B: 251-264. 2006.
- Laval, J. A. Daganzo, C.F. and Cassidy, M.J. Impacts of lane changes at merge bottlenecks: a theory and strategies to maximize capacity. Traffic and Granular Flow Conference. Berlin. 2005.
- Lee, J.H. and Cassidy, M.J. An empirical and theoretical study of freeway weave bottlenecks. California PATH Research Report. UCB-ITS-PRR-2009-13. 2009.
- Lertworawanich, P. and Elefteriadou, L. A methodology for estimating capacity at ramp weaves based on gap acceptance and linear optimization. Transportation Research 37B: 459-483. 2003.
- Mauch, M. and Cassidy, M.J. Freeway traffic oscillations: observations and predictions. International Symp.of Traffic and Transpn Theory, (M.A.P. Taylor, Ed.) Pergamon-Elsevier, Oxford, UK: 653-674. 2002
- Wa'el H. Estimating traffic capacity for weaving segments using neural networks technique. Applied Soft Computing 4: 395-404. 2004.

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ชาญชัย อัครวรกุลชัย เป็นบุตรของ นายพรชัย อัครวรกุลชัย และนางณัชชา ไพคำ เกิดเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ. 2529 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียน ราชวินิต ระดับชั้นมัธยมศึกษาต้นและปลายจากโรงเรียน สวนกุหลาบวิทยาลัย และสำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (โยธา) จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2552 จากนั้นจึงได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการขนส่ง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2552

ขณะศึกษาอยู่ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บทความของผู้เขียนวิทยานิพนธ์ได้ถูกตีพิมพ์ในเอกสารการประชุมวิชาการ ดังนี้

จิตติชัย รุจนกนกนาฏ, ชาญชัย อัครวรกุลชัย และวิศรุต กริมทุ่งทอง. การประยุกต์ใช้กราฟสะสมเชิงเอียงในการวิเคราะห์ปัญหาจราจรบนถนนอังรีดูนังต์ . เอกสารรวมบทความวิชาการการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14 พฤษภาคม 2552 : 827-832

จิตติชัย รุจนกนกนาฏ, ศุภพัฒน์ มหาดีไทย, สานิต ปิยะศิริศิลป์, ชาญชัย อัครวรกุลชัย. การจัดการรถรับส่งบุคลากรในประเทศไทย . การประชุมวิชาการการขนส่งแห่งชาติครั้งที่ 6 ตุลาคม 2552.

ชาญชัย อัครวรกุลชัย และจิตติชัย รุจนกนกนาฏ , แบบจำลองคอขวดจราจรบนส่วนตัดกระแสรถจราจรของทางพิเศษ . เอกสารรวมบทความวิชาการการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 16 พฤษภาคม 2554.

Rudjanakanoknad, J. and Akaravorakulchai, Mechanism of A Freeway Weaving Section As Typical Traffic Bottleneck, Proceedings of the 2011 Transportation Research Board (TRB) Conference, Washington, D.C. 2011.