ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246973

พฤติกรรมและการดำเนินชีวิตของราชบัณฑิตกับการสืบสานวัฒนธรรมทางพิเศษ

นายนาญชัย อัศวรกุลชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่
246973

พฤติกรรมและการจำลองคอขวดจราจรบนส่วนตัดกระแสจราจรของทางพิเศษ

นายชาญชัย อัครวรกุลชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5270601122

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

Mr. Chanchai Akaravorakulchai

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

หัวข้อวิทยานิพนธ์	พฤติกรรมและการจำลองคอขวดจราจรบนส่วนตัดกระแสจราจรของทางพิเศษ
โดย	นายชาญชัย อัครวรกุลชัย
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร. จิตติชัย รุจนกนกนาฏ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร. จิตติชัย รุจนกนกนาฏ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.พลเทพ เลิศวรวนิช)

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

246973

การศึกษาคอขวดจราจรและสร้างแบบจำลองความจุที่มีการตัดกันของกระแสจราจรบนทางด่วน ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนช่องทางจราจรจากทางหลักที่ต้องการเคลื่อนตัวออกจากทางด่วนและจากทางเข้าทางด่วนที่ต้องการเคลื่อนตัวเข้าไปทางหลัก แล้วเป็นเหตุให้ขวางกั้นการเดินทางของรถที่จะเดินทางตรงต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษากลไกการเกิดคอขวดจราจร แล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความจุของคอขวด จากนั้นจึงหาวิธีการมาตราปรับปรุงแก้ไขหรือให้เป็นแนวทางในการออกแบบส่วนที่มีการตัดกันของกระแสจราจร วิธีการศึกษาทำโดยใช้กล้องวิดีทัศน์จำนวน 4 ตัว บันทึกข้อมูลภาพจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าเป็นจำนวน 4 จุด คือ บริเวณต้นทางกับทางขึ้นเข้าทางด่วน บริเวณที่เกิดคอขวดจราจร และบริเวณปลายทางกับทางลงทางด่วนที่แห่งกัน 2 จุด แล้วนำมาถอดข้อมูลภาพด้วยการโปรแกรมนับ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรโดยการใช้กราฟสะสมเชิงเอียง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความจุของทางด่วนนั้น ถูกจำกัดด้วยปัจจัยต่างๆ โดยพฤติกรรมเปลี่ยนช่องทางมีอิทธิพลต่อกลไกของคอขวดจากการตัดกันของกระแสจราจรและกระแสการเคลื่อนที่กล่าวคือกระแสจราจรเข้าทางด่วนที่เพิ่มขึ้นจะลดความดึงดูดการใช้ช่องทางเสริม และลดการกระจายเปลี่ยนช่องทางใกล้ทางขึ้นทางด่วน ส่งผลให้กระแสจราจรเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันการเพิ่มปริมาณจราจรจากทางหลักที่มากขึ้นจะส่งผลให้มีปริมาณการเปลี่ยนช่องทางจากทางหลักออกทางด่วนมากขึ้น ต้องชะลอความเร็วใกล้บริเวณทางออกทางด่วน ทำให้เกิดช่องว่างในช่องทาง เป็นเหตุให้ความจุของกระแสจราจรลดลง นอกจากนี้ยังได้ทำแบบจำลองเบื้องต้นจากพฤติกรรมที่ค้นพบเพื่อแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณของความจุจากปัจจัยต่าง ๆ นี้ งานวิจัยนี้จะช่วยเพิ่มความเข้าใจในพฤติกรรมของคอขวดและเป็นพื้นฐานในการจำลองสภาพการจราจรบริเวณคอขวดต่อไป

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต ชาญชัย อัครวรกุลชัย

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2553

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.

246973

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 Student's Signature ชาญชัย อัครวรกุลชัย

Field of Study: : Civil Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year: : 2010

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยอุปการะเลี้ยงดู สั่งสอน อบรม ให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านและเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าเสมอมาจนทำให้ข้าพเจ้าได้มีความรู้ความสามารถและประสบความสำเร็จเฉกเช่นในปัจจุบัน

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตติชัย รุจนกนกนาฏ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่คอยให้คำปรึกษาและแนวทางในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้อย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติ และดร.พลเทพ เลิศวรวนิช สำหรับคำปรึกษาวิทยานิพนธ์และความกรุณาที่สละเวลามาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณคณาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันเป็นประโยชน์ทั้งในด้านการทำงานวิจัยและการประกอบอาชีพในอนาคต นอกจากนี้ยังได้ให้ทุนการศึกษาสนับสนุนค่าเล่าเรียนสำหรับการศึกษาในระดับปริญญามหาบัณฑิตจนจบการศึกษา

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมการขนส่งที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการเก็บข้อมูล

ขอขอบคุณคุณ สรรพัชญ์ ธีระบุตร สำหรับความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์จนทำให้งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ สำหรับนิสิตจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อย่างไรก็ตามผลลัพธ์และความคิดเห็นที่ปรากฏในงานวิจัยนี้เป็นของผู้เขียนเท่านั้น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณเพื่อน ๆ นิสิตสาขาวิชาวิศวกรรมการขนส่งและจราจร ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือรวมทั้งให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

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 นิยามของคอขวดจราจร 6

2.3 ความจุของถนน 6

2.4 คอขวดแบบก้างปลา 7

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวกับคอขวดแบบก้างปลา 8

2.6 ทฤษฎีพฤติกรรมการเปลี่ยนช่องทางจราจรของผู้ขับขี่ 10

2.7 ทฤษฎีพฤติกรรมของกระแสจราจรแบบหลายช่องทาง 12

2.8 สรุปผลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 15

3.1 การกำหนดขอบเขต วัตถุประสงค์ของการศึกษา ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15

3.2 การเลือกพื้นที่ศึกษา 15

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลก่อนการเก็บข้อมูลจริง 18

3.4 การเก็บข้อมูล 19

3.4.1 กล้องวิดีทัศน์ชุดที่ 1 20

3.4.2 กล้องวิดีทัศน์ชุดที่ 2 20

3.4.3 กล้องวิดีทัศน์ชุดที่ 3 21
3.4.4 กล้องวิดีทัศน์ชุดที่ 4 22
3.5 การประมวลผลข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ 22
3.6 กราฟจำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรสะสมเชิงเอียง 25
3.7 กราฟค่าเฉลี่ยความหนาแน่น 1 นาทีของรถ 26
3.8 กราฟค่าเฉลี่ยความเร็ว 1 นาทีของรถ 27
บทที่ 4 ผลการศึกษาข้อมูลจราจร 29
4.1 ผลการศึกษาข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 29
4.2 ผลการศึกษาข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 38
4.3 ผลการศึกษาข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 47
4.4 ผลการศึกษาข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 56
4.5สรุปผลการศึกษาข้อมูลจราจรทั้ง 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

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 สรุปข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 1 32

4.2 สรุปข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2.1 34

4.3 สรุปข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2.2 34

4.4 ผลสรุปข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.1 36

4.5 สรุปข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.2 36

4.6 สรุปข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.3 37

4.7 สรุปข้อมูลจราจรของวันจันทร์ที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.4 37

4.8 สรุปข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 1 41

4.9 สรุปข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2.1 42

4.10 สรุปข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2.2 43

4.11 สรุปข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.1 45

4.12 สรุปข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.2 45

4.13 สรุปข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.3 45

4.14 สรุปข้อมูลจราจรของวันศุกร์ที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.4 46

4.15 สรุปข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 1 49

4.16 สรุปข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2.1 51

4.17 สรุปข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2.2 52

4.18 สรุปข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.1 54

4.19 สรุปข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.2 54

4.20 สรุปข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.3 55

4.21 สรุปข้อมูลจราจรของวันอังคารที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.4 55

4.22 สรุปข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 1 58

4.23 สรุปข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2.1 60

4.24 สรุปข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2.2 61

4.25 สรุปข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.1 63

4.26 สรุปข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.2 63

4.27 สรุปข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.3 64

4.28 สรุปข้อมูลจราจรของวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 3.4 64

ตารางที่ หน้า

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 ตัวแปรทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองทำนายความสัมพันธ์ระหว่างความจุคอขวดแบบก้างปลาของทางด่วนกับตัวแปรต่างๆ 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

สารบัญภาพ

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 การตั้งกล้องวีดิทัศน์ 19
3.3 พื้นที่จากการเก็บข้อมูลของกล้องวีดิทัศน์แต่ละตัว 19
3.4 ตัวอย่างภาพจากกล้องวีดิทัศน์ที่ 1 20
3.5 ตัวอย่างภาพจากกล้องวีดิทัศน์ที่ 2 21
3.6 ตัวอย่างภาพจากกล้องวีดิทัศน์ที่ 3 21
3.7 ตัวอย่างภาพจากกล้องวีดิทัศน์ที่ 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

ภาพที่ หน้า

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