การใช้แบบจำลองการจราจรเพื่อวิเคราะห์ผลของการให้สิทธิ์รถประจำทางโดยใช้สัญญาณไฟต่อการให้บริการรถประจำทางด่วนพิเศษ

นาย จงสฤษฏ์ จงอุดมการณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPLICATION OF TRAFFIC SIMULATION TO ANALYZE EFFECT OF TRANSIT SIGNAL PRIORITY ON BUS RAPID TRANSIT (BRT) OPERATIONS

Mr. Jongsalit Jongudomkarn

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 2009

Copyright of Chulalongkorn University

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้แบบจำลองการจราจรเพื่อวิเคราะห์ผลของการให้สิทธิ์รถประจำทางโดยใช้สัญญาณไฟต่อการให้บริการรถประจำทางด่วนพิเศษ
โดย	นาย จงสฤษฎ์ จงอุดมการณ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. สรวิศ นฤปิติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.จิตติชัย รุจนกนกนาฏ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. สรวิศ นฤปิติ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.กีรติ กิจมานะวัฒน์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จงสฤษฎ์ จงอุดมการณ์ : การใช้แบบจำลองการจราจรเพื่อวิเคราะห์ผลของการให้สิทธิ์รถประจำทางโดยใช้สัญญาณไฟต่อการให้บริการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ. (APPLICATION OF TRAFFIC SIMULATION TO ANALYZE EFFECT OF TRANSIT SIGNAL PRIORITY ON BUS RAPID TRANSIT (BRT) OPERATIONS) อ.ที่ปรึกษา: รศ.ดร.สรวิศ นฤปิติ, 134 หน้า.

รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษหรือรถโดยสารบีอาร์ทีเป็นระบบขนส่งมวลชนที่แล่นในช่องจราจรพิเศษและมีระบบควบคุมการเดินรถโดยอาศัยเทคโนโลยีสมัยใหม่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินรถ อย่างไรก็ดีแม้ว่ารถโดยสารบีอาร์ทีจะมีช่องจราจรเฉพาะ แต่ยังคงมีจุดตัดบริเวณทางแยกอยู่ จึงต้องอาศัยระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ เพื่อสร้างความแน่นอนและความเชื่อถือได้ของตารางเวลาการเดินรถ อีกทั้งลดการสูญเสียเวลาในการเดินทางให้น้อยที่สุด ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงมุ่งหวังที่จะศึกษาการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง 4 วิธีคือไม่มีการให้สิทธิ์ วิธี Passive วิธี Active และวิธี Differential พื้นที่ศึกษาได้แก่โครงการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษสายแรกจากช่องนนทรี – ราชพฤกษ์ ในการศึกษาจะพัฒนาแบบจำลองจราจร AIMSUN และทำการปรับแก้แบบจำลองเพื่อให้มีผลใกล้เคียงกับสภาพจริง จากการศึกษาพบว่าการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษทุกวิธีสามารถช่วยลดเวลาในการเดินทางของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษได้ แต่วิธี Active เป็นวิธีที่สามารถลดความล่าช้าที่ทางแยกได้มากที่สุด เมื่อคำนึงถึงผลกระทบทางจราจรจะพบว่าการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive จะส่งผลกระทบมากต่อจราจรสายหลัก ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Active และ Differential จะส่งผลกระทบมากบนทางสายรอง ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential นั้นจะช่วยให้การเดินรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษมีความแน่นอนของการให้บริการได้อย่างเด่นชัด ในการศึกษานี้ได้แสดงการประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองการจราจรเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของการให้สิทธิ์รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ รวมถึงเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการให้สิทธิ์ในแต่ละวิธี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต จงสฤษฎ์

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก สรวิศ นฤปิติ

ปีการศึกษา 2552

517024192 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORDS : AIMSUN / Traffic simulation / Transit signal priority / BRT

JONGSALIT JONGUDOMKARN: APPLICATION OF TRAFFIC SIMULATION TO ANALYZE EFFECT OF TRANSIT SIGNAL PRIORITY ON BUS RAPID TRANSIT (BRT) OPERATIONS. THESIS ADVISOR: ASSOC.PROF. SORAWIT NARUPITI, Ph.D., 134 pp.

The Bus Rapid Transit (BRT) is a public transportation system that is provided with an exclusive right-of-way and employs modern technologies to improve transit services and operations. Although BRT runs on its own busway, the bus still has conflicts with traffic at intersections. The improvement of transit operations at signalized intersections is the introduction of transit signal priority system which allows BRT to maintain a high level of schedule reliability and reduces the amount of intersection delay normally experienced by transit vehicles. This research attempts to analyze the various transit signal priority methods on traffic simulation model (AIMSUN). Four methods of transit signal priority were studied: No priority, Passive, Active, Conditional active or differential priority. The case study was the BRT project at Chong Non Three – Ratchapruek road and surrounding streets. The impacts of various methods of transit signal priority on transit service were determined on AIMSUN calibrated simulation model. The results show that each Transit Signal Priority can decrease delay of BRT at intersections, in which the active priority method can reduce the greatest. The passive method impacts traffic delay on main streets, while the active method and differential method extremely impact traffic delay on side streets. For the headway adherence, differential method can clearly increase the frequency adherence. This study shows the applicability of traffic simulation in determining the impact of transit signal priority methods and the results of the simulation can be used in evaluating the effectiveness of transit signal priority.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Civil Engineering ..... Student's Signature .....

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

Academic Year : 2009 .....

กิตติกรรมประกาศ

เหนือสิ่งอื่นใดข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ผู้ให้กำเนิดซึ่งมีศักยภาพและกำลังเพียงพอที่จะพัฒนาจิตใจและความรู้ของข้าพเจ้าให้เป็นเช่นปัจจุบันนี้ได้

จากนั้นใคร่ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร .สรวิศ นฤปิติ อาจารย์ที่ปรึกษา สำหรับคำชี้แนะสั่งสอน และให้คำปรึกษาอีกทั้งช่วยเหลืออีกมากมาย ขอกราบขอบพระคุณ อ.ดร. จิตติชัย รุจน กนกนาฏ สำหรับคำปรึกษาอันมีค่ายิ่ง ขอกราบขอบพระคุณ ดร .กีรติ กิจมานะวัฒน์ สำหรับคำชี้แนะและความกรุณาที่สละเวลามาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณคณาจารย์และบุคลากร สาขาวิศวกรรมขนส่งและจราจร รวมไปถึงคณาจารย์และบุคลากรในสาขาอื่นๆ ในภาควิชาวิศวกรรมโยธาที่ได้ช่วย เหลือ ให้คำปรึกษาและประสานงานให้ข้าพเจ้าในเรื่องต่างๆ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณนายเกริกฤทธิ์ ศรีรุ่งวิกรัย นายสมชาย วิกิจไพศาล และนางสาวปิยาพร โชตินันทกุลที่ช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูล ขอขอบคุณบริษัท PCBK company Limited ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลของโครงการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ขอขอบคุณ TSS (Transport Simulation System) สำหรับการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง AIMSUN และรวมไปถึงผู้ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์แต่ไม่ได้กล่าวถึงทุกคน ที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วง งไปได้ด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูป ..... ฎ

บทที่ 1บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 ขอบเขตการวิจัย 3

1.4 ลำดับในการนำเสนอ 4

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม 6

2.1 การควบคุมสัญญาณไฟจราจร ณ ทางแยก 6

2.2 รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (BRT) 8

2.3 โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 13

2.4 การศึกษาการจราจรโดยใช้โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรในประเทศไทย 18

2.5 การให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง ณ ทางแยก (Transit Signal Priority) 19

2.6 การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้สิทธิ์รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษผ่านมา 24

2.6 สรุป 36

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 38

3.1 บทนำ 38

3.2 พื้นที่ศึกษา 39

หน้า

3.3 ข้อมูลที่นำมาใช้....41
3.4 การพัฒนาแบบจำลองจราจร....42
3.5 การปรับแก้แบบจำลอง....43
3.6 สถานการณ์ในการวิจัย (Scenario)....44
3.7 การใช้แบบจำลองจราจรเพื่อวิเคราะห์ผลของการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ....48
บทที่ 4 การพัฒนาแบบจำลองจราจร....50
4.1 การสร้างโครงข่ายในแบบจำลอง....50
4.2 การปรับแก้แบบจำลอง....52
4.3 ข้อมูลการจราจร....55
4.4 ข้อมูลการควบคุมสัญญาณไฟ....57
4.5 ข้อมูลรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ....62
4.6 ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ....63
4.7 สรุป....70
บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์การให้สิทธิ์รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ....71
5.1 ประสิทธิ์ภาพของจราจรก่อนและหลังการสร้างเส้นทางรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ....71
5.2 ความล่าช้าของการจราจรที่ทางแยก (Traffic Delay)....74
5.3 ความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่ทางแยก (BRT Delay)....84
5.4 ความแน่นอนของความถี่การให้บริการ (Frequency Adherence)....94
5.5 เวลาในการเดินทางของผู้เดินทาง (Person travel time)....98
5.6 สรุป....100
บทที่ 6 สรุป....102
6.1 สรุป....102
รายการอ้างอิง....105

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ภาคผนวก 109
ภาคผนวก ก แบบโครงข่ายรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 110
ภาคผนวก ข ข้อมูลปริมาณจราจร 121
ภาคผนวก ค ผลการปรับแก้แบบจำลอง 132
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 134

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4-1 ความสามารถในการรองรับจราจรจากการเก็บข้อมูลภาคสนาม 53

4-2 ผลการปรับแก่โดย Queue - up speed.....55

4-3 ผลสรุปของการปรับแก้แบบจำลอง.....55

4-4 ปริมาณรถยนต์ในแต่ละช่วงเวลา.....56

4-5 การตั้งสัญญาณไฟของแต่ละทางแยก.....58

4-6 ข้อมูลตัวรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 63

4-7 แผนการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive priority 64

5-1 ความล่าช้าของการจราจรในสถานการณ์ที่ยังไม่มีโครงการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (BRT) เปรียบเทียบกับสถานการณ์เมื่อมีโครงการ 72

5-2 สรุปความล่าช้าของการจราจรที ณ ทางแยก 75

5-3 สรุปผลความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 85

5-4 ความไม่ตรงต่อเวลาของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ.....96

5-5 สรุปข้อดีข้อเสียของการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 101

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1-1 แสดงแผนผังการเดินรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 3

3-1 แผนภาพแสดงการวิเคราะห์การวิจัย 39

3-2 พื้นที่ศึกษา....40

3-3 ตัวอย่างข้อมูลปริมาณจราจร 41

3-4 แผนภาพการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive 45

3-5 แผนภาพการให้สิทธ์โดยวิธี Active 46

3-6 แผนภาพการทำงานของวิธีการให้สิทธิ์โดยวิธี Active 47

3-7 แผนภาพการทำงานของการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential....48

4-1 รูปพื้นที่การศึกษาสำหรับอ้างอิงจากโปรแกรม google earth 50

4-2 การปรับคุณลักษณะของช่องจราจร 51

4-3 ตัวอย่างแบบโครงข่ายรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 51

4-4 โครงข่ายรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษในแบบจำลอง หลังจากสร้างเสร็จแล้ว....52

4-5 การหาค่า MSE โดยใช้ Reaction time at stop และ Queue leaving speed ที่เหมาะสม....54

4-6 ตำแหน่งของการนำใส่ปริมาณจราจรในแบบจำลอง 56

4-7 การนำเข้าข้อมูลจราจรในแบบจำลองจราจร 57

4-8 เส้นทางเดินรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 62

4-9 แผนการทำงานของการให้สิทธิ์โดยวิธี Active....66

4-10 แผนผังการคำนวณหาช่วงเวลาที่มีสัญญาณไฟของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเกิดขึ้น ..67

4-11 แผนผังการลักษณะการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษภายใต้เงื่อนไขต่างๆ 68

4-12 แผนผังการทำงานเมื่อรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษออกจากทางแยก 69

4-13 แผนผังการทำงานของการให้สิทธิ์ Conditional Active (Differential) 69

4-14 การตรวจสอบการตรงต่อเวลาของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 70

5-1 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากโครงการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (BRT) 73

5-2 ความล่าช้าของการจราจร ณ ทางแยกในช่วงเวลาเช้า (7.00 – 9.00 น.)....77

5-3 ความล่าช้าของการจราจร ณ ทางแยกในช่วงเวลาสาย (9.00 – 11.00น.) 79

5-4 ความล่าช้าของการจราจร ณ ทางแยกในช่วงเวลาเย็น (17.00 – 19.00 น.)....82

หน้า

5-5 ความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ณ ทางแยกในช่วงเวลาเช้า (7.00 – 9.00 น.) 86
5-6 ความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ณ ทางแยกในช่วงเวลาสาย (9.00 – 11.00น.) 89
5-7 ความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ณ ทางแยกในช่วงเวลาเย็น (17.00 – 19.00 น.) 92
5-8 จุดอ้างอิงในการตรวจสอบความถี่ในการให้บริการ 95
5-9 เวลาในการเดินทางของผู้เดินทางต่อคน 99

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการเดินทางในเขตเมืองที่มีความสำคัญต่อการสร้างการเข้าถึงพื้นที่และเป็นระบบการขนส่งพื้นฐานที่ก่อให้เกิดการเดินทางสำหรับประชาชนในเขตเมือง ซึ่งปัจจุบันกรุงเทพมหานครได้เห็นถึงความสำคัญในการปรับปรุงปริมาณและคุณภาพของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษโดยได้มีการนำโครงการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (BRT) เข้ามาใช้ในกรุงเทพมหานคร โดยรถโดยสารดังกล่าวมีความพิเศษ คือ ความสามารถในการให้บริการที่มีความเร็วสูงกว่ารถโดยสารประจำทางทั่วไป เนื่องจากมีช่องจราจรพิเศษของตัวเอง (Busway) ระบบสัญญาณไฟที่ให้สิทธิ์รถประจำทาง (Transit Signal Priority) ซึ่งควบคุมสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกให้ปรับสัญญาณไฟที่เอื้อประโยชน์แก่รถโดยสารประจำทางทุกครั้งที่เข้าสู่ทางแยกสัญญาณไฟ รวมไปถึงการนำระบบขนส่งอัจฉริยะเข้ามาติดตั้ง เพื่อความสะดวกแก่ผู้โดยสารอีกด้วย

อย่างไรก็ดีการพัฒนาโครงการดังกล่าว อาจเกิดผลกระทบขึ้นกับการจราจรบนสายทางของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ และบริเวณข้างเคียง เช่น ปัญหาการจราจรติดขัด เป็นต้น ดังนั้นการวิเคราะห์ผลดีผลเสียของการให้บริการจึงมีความสำคัญอย่างมาก โดยวิธีวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของการให้บริ การนั้นมีหลากหลายวิธี วิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน คือ การใช้แบบจำลองจราจร (Traffic simulation) ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถจำลองการจราจรที่เกิดขึ้นและแสดงออกมาในรูปแบบเสมือนจริง ทำให้เราเห็นถึงสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นจริงได้ รวมถึงผลทางสถิติที่คล้ายกับการเก็บในภาคสนาม เมื่อมีโครงการเกิดขึ้นแล้วได้

ในอดีตได้มีการนำแบบจำลองจราจรมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาลั กษณะนี้มาแล้วหลายครั้งโดยเฉพาะเมื่อใช้ระบบสัญญาณไฟให้สิทธิ์แก่รถประจำทาง โดยในปี ค .ศ. 2001 Ova และ Smadi ได้วิเคราะห์ผลกระทบทางจราจรและประโยชน์ของการนำเอาระบบสัญญาณไฟที่ให้สิทธิ์รถประจำทางที่แตกต่างกัน 2 ลักษณะมาใช้ ซึ่งได้วิเคราะห์ผลภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ได้ แก่ปริมาณ

จราจรและความถี่ของรถโดยสาร ทำให้ทราบถึงผลดีผลเสียของระบบดังกล่าว และในปีเดียวกันนั้น Angus P. Davol ก็ได้วิเคราะห์ผลของระบบสัญญาณไฟที่ให้สิทธิ์รถประจำทาง 3 วิธีรวมถึงการนำทั้ง 3 วิธีมาทำงานร่วมกัน ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของการให้บริการรถโดยสารที่ดีขึ้นได้

ในปี ค.ศ. 2005 ธเนศ เสธียรนามและคณะ พัฒนาวิธีการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางโดยการลดการสูญเสียของสัญญาณไฟอันเกิดจากจุดจอดรถที่อยู่ใกล้ทางแยกสัญญาณไฟ หลังจากการพัฒนาพบว่าระบบมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นในแง่ของการลดความล่าช้าของทางแยกและความล่าช้ารวมเฉลี่ย ต่อมาในปี ค.ศ. 2006 Hesham Rakha และ Kyoungho Ahn ได้ศึกษาถึงผลกระทบของระบบสัญญาณไฟที่ให้สิทธิ์รถประจำทาง โดยเก็บข้อมูลภาคสนามด้วยอุปกรณ์ GPS และจำลองการจราจร เพื่อพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นบนถนนที่มีการจราจรหนาแน่นมาก โดยในการศึกษานี้ได้มีการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขต่างๆ ไปตามสถานการณ์ คือ ปริมาณจราจรบนถนนหลัก ปริมาณจราจรบนถนนรอง ความถี่ของการให้บริการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ และจุดจอดรถรับส่งผู้โดยสาร ทำให้เห็นว่ามีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลกระทบต่อระบบสัญญาณไฟที่ให้สิทธิ์รถประจำทาง ได้เป็นอย่างดี

สำหรับในประเทศไทยก็มีการศึกษาในลักษณะนี้มาบ้างแล้ว โดยในปีพ.ศ. 2546 เทอดศักดิ์ รองวิริยะพานิช ได้พัฒนาแบบจำลองการจราจร เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบสัญญาณไฟที่ให้สิทธิ์รถประจำทาง เทียบกับระบบสัญญาณไฟแบบเดิม ซึ่งทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพการเดินรถของรถสาธารณะที่เพิ่มขึ้น และในปี พ.ศ. 2550 ธเนศ เสธียรนามและคณะ ได้ศึกษาถึงความเป็นไปได้ของโครงการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษระยะที่ 2 โดยวิเคราะห์หาค่าของความเร็วของการให้บริการของรถโดยสารประจำทางและมลพิษที่ปลดปล่อยออกมา ทำให้ทราบถึงข้อดีและข้อเสียที่เกิดขึ้นหากมีการเดินรถประจำทางด่วนพิเศษ

ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นให้เห็นถึงการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการให้บริการของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษและผลกระทบที่เกิดขึ้นกับจราจร รวมไปถึงการวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของการใช้เทคนิคการให้สิทธิ์รถประจำทาง (Transit Signal Priority) ในแต่ละเทคนิค โดยอาศัยเครื่องมือวิเคราะห์คือการจำลองการจราจร ซึ่งทำให้เข้าใจถึงสภาพการจราจรที่เกิดขึ้น ซึ่งนำไปเป็นประโยชน์แก่การนำโครงการนี้ไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่นๆ และการประยุกต์ใช้ในกรณีอื่นๆ ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. รวบรวมและศึกษาถึงหลักการวิเครา ะห์การให้บริการของรถโดยสารประจำทาง และเทคนิคการให้สิทธิ์รถประจำทางโดยใช้สัญญาณไฟ (Transit Signal Priority)
2. ออกแบบการศึกษาการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ
3. วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการให้บริการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ
4. ศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นทางจราจร เมื่อมีการนำรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษมาใช้
5. วิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของระบบการให้สิทธิ์รถประจำทางรวมถึงเปรียบเทียบรูปแบบของระบบควบคุมสัญญาณไฟที่แตกต่างกัน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้ศึกษาโครงข่ายถนนตลอดช่วงของเส้นทางรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (BRT) สายช่องนนทรี – ราชพฤกษ์ซึ่งมีความยาวทั้งหมด 16.5 กม. ประกอบไปด้วยทางแยกสัญญาณไฟ 9 ทางแยก แบ่งเป็นทางแยกที่ไม่มีสะพานข้ามแยก 4 แห่ง และมีสะพานข้ามแยก 5 แห่ง จำนวนสถานีจอดรับส่งผู้โดยสาร 12 สถานี

รูปที่ 1-1 แสดงแผนผังการเดินรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ

การศึกษาใช้วิธีวิเคราะห์โดยแบบจำลองการจราจรจุลภาค AIMSUN โดยจำลองการจราจรในช่วงเวลาเช้า (7.00 – 9.00 น.) ช่วงเวลาสาย (9.00 – 11.00 น.) และช่วงเวลาเย็น (17.00 – 19.00 น.) ซึ่งข้อมูลที่ใช้ประกอบไปด้วยข้อมูล 2 ส่วนคือ ข้อมูลทุติยภูมิของปริมาณจราจรที่เข้าและออก

จากระบบที่วิจัย ซึ่งนำมาใช้ในการจำลองจราจร เพื่อหาผลลัพธ์ของงานวิจัย และข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่งนำมาใช้ในการปรับแก้แบบจำลองให้มีความสมจริง โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลความยาวแถวคอยและความสามารถในการรองรับปริมาณจราจร (Capacity)

ในการวิจัยศึกษาเปรียบเทียบกรณีศึกษา 5 กรณีซึ่งอธิบายโดยละเอียดในบทที่ 3 กรณีศึกษาทั้ง 5 ประกอบด้วย

1. สถานการณ์ปัจจุบันซึ่งยังไม่มีรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ
2. สถานการณ์ที่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ดำเนินการโดยไม่มีระบบสัญญาณไฟที่ให้สิทธิ์รถประจำทาง
3. สถานการณ์ที่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ดำเนินการโดยมีระบบสัญญาณไฟที่ให้สิทธิ์รถประจำทาง วิธี Passive
4. สถานการณ์ที่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ดำเนินการโดยมีระบบสัญญาณไฟที่ให้สิทธิ์รถประจำทาง วิธี Active
5. สถานการณ์ที่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ดำเนินการโดยมีระบ บสัญญาณไฟที่ให้สิทธิ์รถประจำทาง วิธี Conditional active หรือ Differential

สำหรับผลลัพธ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ความล่าช้าของรถโดยสารในการหยุดที่ทางแยกสัญญาณไฟ (Bus Delay at intersection) ความล่าช้าของรถยนต์ส่วนบุคคลบนทางแยก (Traffic Delay) ความแน่นอนของความถี่การให้บริการ (Frequency Adherence) รวมถึงเวลาในการเดินทางที่คิดเป็นรายคน (person travel time) ซึ่งค่าต่างๆ เหล่านี้แสดงให้เห็นถึงข้อดีข้อเสียต่างๆ ของระบบสัญญาณไฟที่ให้สิทธิ์รถประจำทาง

1.4 ลำดับในการนำเสนอ

ในโครงสร้างของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบไปด้วย 6 บท โดยมีรายละเอียดดังนี้

บทที่ 1 เป็นส่วนของบทนำและความเป็นมาของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย และขอบเขตการวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2 เป็นส่วนของการทบทวนวรรณกรรม ซึ่งประกอบไปด้วยเรื่องเกี่ยวกับ สัญญาณไฟจราจร รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ การพัฒนาแบบจำลองจราจร การให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 เป็นส่วนของวิธีดำเนินการวิจัย ซึ่งอธิบายวิธีการดำเนินการวิจัย เช่นพื้นที่ในการศึกษา ข้อมูลที่นำมาใช้ในแบบจำลอง ระบบการให้สิทธิ์ที่นำมาวิเคราะห์ ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการวิจัย ช่วงเวลาในการวิจัย และวิธีการวิเคราะห์แบบจำลอง

บทที่ 4 เป็นส่วนของการพัฒนาแบบจำลองจราจร ซึ่งเป็นการอธิบายการพัฒนาแบบจำลองจราจรที่ใช้วิเคราะห์การให้สิทธิ์รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษในการวิจัยนี้ ซึ่งอธิบายข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง ขั้นตอนพัฒนาแบบจำลอง การปรับแก้แบบจำลอง ระบบการให้สิทธิ์ที่ใช้ในการวิจัย และวิธีการวิเคราะห์แบบจำลอง

บทที่ 5 เป็นส่วนของการวิเคราะห์ผลการให้สิทธิ์รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ซึ่งประกอบไปด้วย การวิเคราะห์ผลกระทบทางจราจรก่อนมีการนำโครงการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษมาใช้ การวิเคราะห์ผลของการให้สิทธิ์ในแบบต่างๆ ในแง่ของ ผลกระทบของการจราจร ผลกระทบของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ความแน่นอนของการให้บริการ และเวลาในการเดินทางของผู้เดินทาง

บทที่ 6 เป็นส่วนของการสรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

2.1 การควบคุมสัญญาณไฟจราจร ณ ทางแยก

การควบคุมสัญญาณไฟจราจร ณ ทางแยก คือ การควบคุมการจราจรบริเวณทางที่มีถนนตัดกัน เพื่อลดความสับสนวุ่นวายในการเดินทางในแต่ละทิศทาง ตลอดจนสามารถลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุบริเวณดังกล่าวได้อีกด้วย การจัดสัญญาณไฟมีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้ (ทวี วิชัยเมธาวี, 2545)

1. Green time คือ ช่วงเวลาที่ยอมให้รถผ่านไปได้
2. Red time คือ ช่วงเวลาที่ไม่อนุญาตให้รถผ่านไป
3. Yellow time คือ ช่วงเวลาที่เตือนเพื่อให้ผู้ขับขี่ทราบถึงการเปลี่ยนสัญญาณไฟ
4. Phase คือ จังหวะสัญญาณไฟที่ทำให้การเดินทางในทิศทาง หรือกลุ่มของทิศทางที่ไม่ทำให้เกิดการตัดกันเดินทางไปได้
5. Cycle คือ รอบสัญญาณไฟ ซึ่งเมื่อครบรอบสัญญาณไฟจะกลับมาเริ่มใหม่อีกครั้ง
6. Cycle length คือ ระยะเวลาในรอบสัญญาณไฟ
7. All-red time คือ ช่วงเวลาที่ทุกสัญญาณไฟ ไม่อนุญาตให้รถวิ่งผ่านแยก เพื่อกำจัดรถทั้งหมดออกไปบนทางแยก เพื่อรอการเปลี่ยนสัญญาณไฟ
8. Protected movement คือ ทิศทางที่ได้สิทธิที่สามารถเลี้ยวได้โดยทันที
9. Permitted movement คือ ทิศทางที่ได้ขอทางในการเลี้ยวได้เมื่อไม่มีรถในทิศทางอื่น

โดยทั่วไปการควบคุมสัญญาณไฟสามารถทำได้ 4 วิธี ซึ่งมี ผลประโยชน์ที่แตกต่างกันออกไปตามแต่ละวิธี ดังนี้ (ทวี วิชัยเมธาวี, 2545)

1. การควบคุมสัญญาณไฟแบบคงที่ (Fixed time) เป็นการควบคุมสัญญาณไฟที่ใช้ช่วงเวลาหนึ่งๆ มีการแบ่งช่วงสัญญาณไฟที่คงที่ โดยทั่วไปแบ่งเป็นช่วงเวลาคือในเวลาเร่งด่วนและนอกเวลาเร่งด่วน
2. การควบคุมสัญญาณไฟแบบกึ่งตามจริง (Semi actuated) เป็นการควบคุมสัญญาณไฟโดยการจัดสัญญาณไฟตามจริงลักษณะการจราจรที่เกิดขึ้นจริง แต่ใช้เพียงข้อมูลของการจราจร

ในทิศทางสายรองเพียงทิศทางเดียว ในการควบคุมนั้นใช้เครื่องตรวจจับปริมาณรถติดตั้งบริเวณเส้นทางสายรอง และเมื่อตรวจจับรถ บนเส้นทางสายรองได้ตามจำนวนที่กำหนดแล้ว จึงเรียกสัญญาณไฟให้แก่ทิศทางสายรอง ซึ่งระบบนี้เหมาะสำหรับทางแยกที่ทิศทางสายรองเป็นถนนที่มีปริมาณจราจรไม่มากนัก

3. การควบคุมสัญญาณไฟแบบตามจริงเต็มรูปแบบ (Fully Actuated) เป็นการควบคุมสัญญาณไฟโดยจัดสัญญาณไฟตามปริมาณที่เกิดขึ้นจริงทุกทิศทาง โดยอาศัยการตรวจจับรถและเปิดสัญญาณไฟให้รถผ่านไปจนกว่ารถในทิศทางดังกล่าวหมด ซึ่งการควบคุมแบบดังกล่าว มีส่วนประกอบในการคิดเพิ่มขึ้นคือ Maximum green time ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ให้ไฟเขียวยาวที่สุด ถึงแม้ทิศทางดังกล่าวมีปริมาณจราจรเข้าสู่ทางแยกเรื่อยๆก็ตามและ Minimum green time ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เปิดสัญญาณไฟเขียวสั้นที่สุด ถึงแม้ว่าไม่มีการตรวจพบว่ามีรถเข้ามาเลยก็ตาม Passage time คือ ช่วงเวลาที่ยอมให้รถเว้นช่วงในการผ่านการตรวจจับ โดยไม่เปลี่ยนไป เปิดสัญญาณไฟในทิศทางอื่น

4. การควบคุมสัญญาณไฟโดยอาศัยปริมาณจราจรและความหนาแน่น (Volume-density control) เป็นการจัดสัญญาณไฟที่คล้ายกับการจัดสัญญาณไฟแบบตามจริงเต็มรูปแบบ แต่การควบคุมนี้สามารถปรับ Minimum green time และ Passage time ได้ ทำให้การควบคุมมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

ในการวัดประสิทธิภาพของสัญญาณไฟ มีตัวชี้วัดโดยทั่วไป ดังนี้

1. กระแสจราจรอิ่มตัว (Saturation flow) คือ ปริมาณรถที่มากที่สุดที่สามารถผ่านทางแยกที่สนใจได้

2. เวลาที่สูญเสียขณะออกตัว (Start-up lost time) คือ เวลาทั้งหมดที่รถเสียไปเมื่อสัญญาณไฟเปลี่ยนจากไฟแดงเป็นไฟเขียว สามารถหาได้จากเวลาทั้งหมดที่รถใช้ผ่านทางแยก ลบด้วยเวลาที่รถวิ่งผ่านแยกได้โดยใช้ความเร็วอิสระ

3. ความยาวแถวคอย (Queue length) คือ ความยาวของแถวที่ต้องรถในขณะที่สัญญาณไฟยังเป็นสัญญาณไฟแดง

4. ความล่าช้า (Delay) คือ เวลาทั้งหมดที่เสียไปเนื่องจากการมีสัญญาณไฟจราจร ซึ่งสามารถหาได้จาก เวลาในการเดินทางทั้งหมดที่เกิดขึ้นจริง ลบด้วยเวลาในการเดินทางทั้งหมด ถ้าไม่มีสัญญาณไฟเกิดขึ้น

2.2 รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (BRT)

รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ หรือ BRT เป็นรถโดยสารประจำทางที่มีคุณภาพสูง มีความสามารถที่เดินทางได้อย่างรวดเร็ว มีความสะดวกสบายและคุ้มค่าต่อการลงทุน เพื่อการขนส่ง อีกทั้งยังมีความรวดเร็วและความถี่ในการให้บริการที่เหมาะสม

โดยทั่วไปรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ มีส่วนประกอบที่เป็นจุดเด่นสำคัญในด้านการบริการ ดังนี้

ด้านกายภาพ

1. เส้นทางสำหรับรถประจำทาง (Busway)
2. มีการวางแผนเส้นทางที่เชื่อมต่อกับการเดินทางชนิดอื่นได้อย่างสะดวก
3. สิ่งอำนวยความสะดวกและการรักษาความปลอดภัยบริเวณสถานี
4. ชานชาลาที่ยกระดับเท่ากับตัวรถเพื่อความสะดวกในการขึ้นรถ
5. การเชื่อมต่อระหว่างสถานีกับเขตชุมชนที่มีความสะดวก

ด้านการดำเนินงาน

1. ความเร็วในการเดินรถและความถี่การออกรถที่เหมาะสม
2. ความจุที่เหมาะสมกับความต้องการ
3. ความเร็วในการรับส่งผู้โดยสาร
4. ระบบเก็บค่าโดยสารและตรวจบัตรโดยสารที่สะดวกรวดเร็ว
5. ระบบการเก็บเงินแบบบรรณาการ (Fare integration)

ด้านเทคโนโลยี

1. มีการปล่อยมลพิษที่น้อย
2. มีการปลดปล่อยเสียงที่น้อย
3. มีระบบเก็บเงินอัจฉริยะ
4. มีการประยุกต์ใช้ระบบขนส่งอัจฉริยะต่างๆ
5. ระบบสัญญาณไฟที่อำนวยความสะดวกแก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ด้านการตลาด

1. การให้บริการลูกค้าที่ดี
2. มีความสะดวกในการเชื่อมต่อกับเส้นทางอื่นๆ
3. มีการให้สิทธิ์แก่ผู้พิการ
4. ระบบสารสนเทศและการใช้งานที่เข้าใจง่าย

โดยทั่วไปสามารถแบ่งประเภท รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ออกเป็น 2 แบบ (Wrightและคณะ, 2007) คือ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษแบบเต็มรูปแบบ (Fully BRT) และ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษแบบปกติ (Standard BRT) ซึ่ง รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ แบบเต็มรูปแบบต้องมีส่วนประกอบทั้งหมด ดังนี้

1. เส้นทางสำหรับรถประจำทางบริเวณเกาะกลางถนน (Median busway)
2. มีการวางแผนเส้นทางที่เชื่อมต่อกับการเดินทางประเภทอื่นได้อย่างสะดวก
3. มีสิ่งอำนวยความสะดวกและการรักษาความปลอดภัยบริเวณสถานี
4. ชานชาลาที่ยกระดับเท่ากับตัวรถ เพื่อความสะดวกในการขึ้นรถ
5. การเชื่อมต่อระหว่างสถานีกับเขตชุมชนที่มีความสะดวก
6. ระบบเก็บค่าโดยสารและตรวจบัตรโดยสารที่สะดวกรวดเร็ว
7. ระบบการเก็บเงินแบบบรรณาการ (Fare integration)
8. การให้สิทธิ์แก่ผู้พิการ
9. ระบบข้อมูลที่เข้าใจง่าย
10. มีการปล่อยมลพิษน้อย
11. มีการประยุกต์ใช้ระบบขนส่งอัจฉริยะ

ส่วนรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ แบบปกติต้องมีส่วนประกอบอย่างน้อย 2 อย่างของ Fully BRT และจำเป็นต้องมีเส้นทางรถที่แยกจากถนนอย่างชัดเจนด้วย

แนวคิดของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ เกิดขึ้นครั้งแรกในปี ค .ศ. 1937 ที่กรุงChicago โดยมีแนวความคิดที่เปลี่ยนการเดินรถแบบรางเป็นการเดินรถโดยใช้เส้นทางรถโดยสารบนถนนแทน แต่ในความเป็นจริงเส้นทางสำหรับรถโดยสารเกิดขึ้นจริงๆ ครั้งแรกในช่วงทศวรรษที่ 60 โดยในปี ค.ศ. 1963 ได้เกิดช่องจราจรสำหรับรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเป็นครั้งแรก ซึ่งวิ่งสวนทางกับเส้นทางของรถทั่วไปเพื่อป้องกันการแอบมาใช้ของรถยนต์ส่วนตัวในพื้นที่กรุง Newyork

ต่อมาปี ค.ศ. 1964 จึงมีการนำเอาช่องจราจรสำหรับรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษมาแบบวิ่งทิศทางเดียวกับถนนมาใช้ ในกรุงParis และในปี ค.ศ. 1966 จึงมีการนำเอาเส้นทางรถบริเวณเกาะกลางถนน (Median Busway) มาใช้ในเมืองSaint Luis และเมืองLiege จนกระทั่งถึงปี ค.ศ. 1969 ที่รัฐVirginia จึงได้มีนำเส้นทางรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่มีความเร็วสูง (High Speed Busway) มาใช้

ในปี ค.ศ. 1972 ที่ถนน Oxford มหานครLondon มีการสร้างเส้นทางสำหรับรถประจำทางเท่านั้น ซึ่งอนุญาตให้เฉพาะรถแท็กซี่และรถประจำทางเท่านั้นที่สามารถเข้ามาใช้บริการได้ ระบบแนวคิดแบบ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ประสบความสำเร็จอย่างเป็นทางการครั้งแรกที่ประเทศบราซิล ภายใต้ชื่อ Curitiba's system ให้บริการภายในเมือง Curitiba และเปิดให้บริการในปี ค.ศ. 1974 ซึ่งได้มีการนำเอาเทคโนโลยีหลายอย่างมาใช้สนับสนุน ภายใต้แนวคิด ราคาถูกแต่มีคุณภาพ จนทำให้มีนำแนวคิด รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ไปใช้ในการให้บริการทั่วประเทศบราซิล และแถบประเทศละตินอเมริกา และได้ขยายความคิดไปทั่วโลกตลอดจนได้รับความเชื่อถือจากธนาคาร ซึ่งเข้ามาช่วยให้เงินสนับสนุนแก่ประเทศที่กำลังพัฒนา ทำให้แนวคิดนี้มีความนิยมอย่างสูง เกิดโครงการเกี่ยวกับ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ อย่างกว้างขวาง และมีการพัฒนาเทคโนโลยีเข้ามาช่วยสนับสนุนการเดินรถอีกมากมาย

โดยทั่วไปแล้วการวางแผนโครงการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ นั้นมีจุดประสงค์หลักอยู่ 3 ประการ ได้แก่

1. สามารถรองรับความต้องการเดินทางได้
2. เวลาการเดินทางที่รวดเร็ว
3. ลดเวลาในการเดินทางจากประตูสู่ประตูให้สั้นที่สุด

ซึ่งในบางครั้งการวางแผนพัฒนาระบบรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษอาจไม่สามารถที่ทำตามจุดประสงค์ทั้ง 3 ประการได้ จึงจำเป็นต้องเลือกให้ความสำคัญกับจุดประสงค์ใดจุดประสงค์หนึ่ง เช่น ถ้าให้ความสำคัญกับความต้องการเดินทาง จำเป็นต้องใช้รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้วิ่งได้ช้าและมีจำนวนที่น้อยทำให้เวลาคอยนานกว่า หรือหากเลือกรถที่สามารถวิ่งได้เร็วมักก็มีความจุของรถไม่มากและไม่สามารถรองรับผู้โดยสารจำนวนมากได้ รวมถึงการลด

เวลาการเดินทางรวม ซึ่งเน้นที่การลดเวลารอรถโดยสาร โดยทั่วไปการวางแผนโดยวัตถุประสงค์นี้ใช้วิธีเพิ่มความถี่การให้บริการ ทำให้ต้องใช้จำนวนรถที่มากกว่า อาจทำให้ขนาดของรถเล็กลง และไม่สามารถรองรับความต้องการได้หมด

ตำแหน่งของสถานีจอดรับส่งผู้โดยสารเป็นสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งที่จำเป็นต้องคำนึงถึง เนื่องจาก จุดจอดรับส่งนั้นส่งผลกระทบต่อการจราจรบริเวณนั้น โดยทั่วไปตำแหน่งของสถานีรับส่งผู้โดยสารแบ่งออกได้เป็น 4 แบบ ประกอบไปด้วย

1. จุดจอดรถใกล้ทางแยกแบบแบ่ง 2 ฝั่ง คือ การสร้างสถานีรับส่งผู้โดยสารจากทั้ง 2 ฝั่งถนน ทำให้เกิดความสะดวกในการเดินทางข้ามถนน ซึ่งสถานีแบบนี้มีตำแหน่งได้ 2 แบบ คือ ตำแหน่งอยู่ก่อนถึงทางแ ยกและตำแหน่งอยู่หลังทางแยก การตั้งสถานีรับส่งผู้โดยสารก่อนถึงทางแยก ซึ่งช่วยลดเวลาหยุดของรถโดยสารลง เนื่องจากรถโดยสารหยุดรับส่งผู้โดยสารได้สอดคล้องกับเวลาที่เป็นไฟแดง ทำให้สามารถใช้เวลาให้คุ้มค่าในการหยุด แต่ถ้าสถานีไม่สามารถรองรับจำนวนรถได้เพียงพอ ก็ทำให้ รถคันที่จอดก่อนถึงสถานีต้องติดไฟแดงอีกครั้งเพราะความไม่สอดคล้องกัน ส่วนการตั้งสถานีรับส่งผู้โดยสารหลังทางแยก ทำให้ช่วยให้ช่วยลดการสับสนในการเลี้ยวได้ แต่ก็มีผลเสียในด้านการรองรับรถ เพราะถ้ารองรับรถไม่เพียงพอทำให้เกิดแถวคอยมากีดขวางการเดินทางบริเวณทางแยกของรถคันอื่นได้

2. สถานีรับส่งผู้โดยสารใกล้ทางแยกแบบฝั่งใดฝั่งหนึ่ง เป็นการสร้างสถานีรับส่งผู้โดยสารฝั่งใดฝั่งหนึ่งของทางแยก ซึ่งมีต้นทุนการก่อสร้างที่น้อยกว่าการก่อสร้างแบบแรก รวมถึงไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงจุดจอดว่าควรอยู่ตรงไหน เพราะมีฝั่งหนึ่งอยู่ก่อนทางแยกและฝั่ งหนึ่งอยู่หลังทางแยกเสมอ

3. สถานีรับส่งผู้โดยสารบริเวณกลางทาง คือ การสร้างสถานีรับส่งผู้โดยสารบริเวณตรงกลาง ระหว่างทางแยก เหมาะสมสำหรับบริเวณที่เป็นแหล่งชุมชนหนาแน่นที่ไม่ได้อยู่ติดทางแยก ข้อดีของจุดจอดรถแบบนี้คือ สามารถลดความสับสนวุ่นวายบริเวณทางแยกได้

4. สถานีรับส่งผู้โดยสารแบบยกระดับหรือลดระดับ คือ การสร้างทางยกระดับหรือลดระดับบริเวณทางแยก เพื่อรองรับการจอดรถส่งผู้โดยสารทั้งหมด ทำให้มีพื้นที่ให้การจอดที่เพิ่มขึ้นและยังสามารถลดปัญหาบริเวณทางแยกได้อีกด้วย แต่ข้อเสียของจุดจอดแบบนี้คือมีต้นทุนที่สูงมาก

การเดิน รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ มีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายคลึงกับการเดินรถโดยสารประจำทาง หากแต่มักมีประสิทธิภาพการเดินรถที่สูงกว่า เนื่องจากการออกแบบใช้งาน การแล่นของรถโดยสาร สถานีและสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับการเดินรถ สิ่งสำคัญที่ต้องการจากการเดินรถคือประสิทธิภาพในการให้บริการรถโดยสาร โดยทั่วไปเราสามารถวัดประสิทธิภาพการให้บริการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ได้โดยใช้ตัวชี้วัดประสิทธิผล (Measure of Effectiveness, MOE) ดังต่อไปนี้

1. การตรงต่อเวลา (Schedule adherence) เป็นตัวบ่งบอกถึงความน่าเชื่อถือของตารางเวลาของรถโดยสาร ซึ่งมีการเข้าสู่สถานีต่างๆได้ตรงตามเวลาที่วางแผนไว้หรือไม่ รวมถึงค่าระยะห่าง (Headway) ของการมาถึงสถานีของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่มีความแน่นอนและเชื่อถือได้ โดยสามารถหาได้จากอัตราส่วนของรถที่เดินทางได้ตรงตามเวลาที่วางแผนไว้ต่อรถทั้งหมด

2. เวลาในการเดินทางของ รถโดยสาร (Bus travel time) คือ เวลาในการเดินทางตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้ายของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ

3. ความล่าช้าบุคคลรวม (Total person delay) คือ เวลาที่ผู้เดินทางต้องสูญเสียไปเนื่องจากเหตุปัจจัยในหลายๆ ด้าน เช่น การติดสัญญาณไฟ การจอดรับผู้โดยสาร เป็นต้น โดยความล่าช้านี้คนบนรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษคันเดียวกันมีค่าความล่าช้าต่อคนที่เท่ากัน เมื่อโดยการเริ่มต้นและสิ้นสุด ณ ตำแหน่งเดียวกัน

4. ความล่าช้ารถโดยสารรวม (Total transit delay) คือ เวลาของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่เสียไปเนื่องจากปัจจัยในหลายๆ ด้ าน โดยความล่าช้าของรถโดยสารนี้มีค่าน้อยกว่าความล่าช้าบุคคล เนื่องจากได้คำนึงถึงจำนวนผู้โดยสารที่โดยสารมากับรถ สำหรับความสัมพันธ์ของความล่าช้าของรถโดยสารกับความล่าช้าส่วนบุคคลมีดังสมการที่ 2-1

$$D_t = \overline{D}_p \times n \qquad \text{สมการที่ 2-1}$$

โดยที่ D_t คือ ความล่าช้าของรถโดยสารคันดังกล่าว

$\overline{D}_p$ คือ ความล่าช้าของผู้โดยสารเฉลี่ย

n คือ จำนวนผู้โดยสารบนรถ

5. ผลกระทบทางลบที่เกิดขึ้น (Negative impact) คือ ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการมีรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ซึ่งทำให้เกิดผลเสียขึ้น เช่น เสียง มลภาวะทางอากาศ เป็นต้น

สำหรับในประเทศไทยได้มีโครงการสำหรับการนำรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ มาใช้ในกรุงเทพมหานคร ซึ่งสร้างเส้นทางแรก คือ สายช่องนนทรี – ราชพฤกษ์ ซึ่งกำลังดำเนินการก่อสร้าง และขณะนี้กำลังศึกษาความเป็นไปได้ในเส้นทางหมอชิต – เมืองทองธานี (www.bankokbrt.com, Online)

โดยระบบรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ที่นำมาใช้ในประเทศไทยนั้นประกอบไปด้วย

1. ช่องทางจราจรพิเศษ
2. ระบบสัญญาณไฟที่อำนวยความสะดวกแก่รถสาธารณะ
3. ระบบติดตามตำแหน่งรถ หรือ GPS
4. ระบบเก็บค่าโดยสารอัจฉริยะ
5. ระบบจอดแล้วจร (Park and ride)

2.3 โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรเป็นโปรแกรมที่จำลองสถานการณ์บนถนนสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่งที่สนใจศึกษา เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบและผลประโยชน์ที่ได้จากสถานการณ์ดังกล่าว โดยสามารถแสดงลักษณะที่เกิดขึ้นบนถนนดังกล่าวได้เสมือนจริง การจำลองจราจรประกอบด้วยสิ่งสำคัญที่เกี่ยวข้องทั้งกระบวนการจำลองสภาพจราจรภายในโปรแกรม การนำเสนอการปรับแก้ และขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง ดังสรุปรายละเอียดสำคัญออกมาเป็น 5 ส่วน ดังต่อไปนี้

- แบบจำลองการเคลื่อนตัวของการจราจร (Traffic flow model)
- การแสดงระบบจัดการจราจร (Traffic management system representation)
- การนำเสนอผลลัพธ์และภาพกราฟฟิค (Output and graphic interface)
- การปรับแก้ตัวโปรแกรม
- สรุปขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองจราจร

2.3.1 แบบจำลองการเคลื่อนตัวของการจราจร

แบบจำลองการเคลื่อนตัวของการจราจรเป็นส่วนที่แสดงการเคลื่อนตัวของยานพาหนะของโครงข่ายถนน โดยแสดงลักษณะของยานพาหนะให้อยู่ในลักษณะใกล้เคียงกับ

สภาพจราจรจริงมากที่สุด แบบจำลองนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ อุปสงค์ของการเดินทาง (Travel demand) และพฤติกรรมการขับขี่ (Driving behavior)

อุปสงค์ของการเดินทาง (Travel demand) เป็นตัวชี้ว่ายานพาหนะแต่ละคันเลือกการเดินทางไปที่ไหนโดยสารมารถระบุอุปสงค์ของการเดินทางได้สองวิธี คือ การใช้ O-D table และการใช้ปริมาณยานพาหนะแต่ละช่องถนน ทำโดยการกำหนดเส้นทางของยานพาหนะแต่ละคันที่อยู่บริเวณต้นทาง (Origin) ของโครงข่ายโดยระบุจุดปลายทาง (Destination) ตามตารางที่กำหนด หลังจากยานพาหนะแต่ละคันได้รับจุดปลายทางแล้ว มีการเลือกเส้นทางที่เดินทาง (Route choice) เพื่อสิ่งไปยังจุดปลายทางดังกล่าว ปริมาณยานพาหนะ (Traffic volume) บนแต่ละช่วงถนน อุปสงค์ของการเดินทางในแบบจำลองประเภทนี้สนใจปริมาณจราจรบนช่วงถนนแต่ละช่วงโดยจำลองการเคลื่อนตัว ให้มีผลลัพธ์ของปริมาณการจราจรที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง

พฤติกรรมการขับขี่ (Driving behavior) เป็นเสมือนกระบวนการตัดสินใจของผู้ขับขี่บนยานพาหนะแต่ละคันในระบบให้มีพฤติกรรมในการเคลื่อนที่บนท้องถนน เช่น การเร่ง การหยุด เปลี่ยนช่องจราจร ให้มีความสมจริง ซึ่งพฤติกรร มต่างๆ เหล่านี้มีแบบแผนมาจากแบบจำลองย่อยต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น

- แบบจำลองการตามรถคันข้างหน้า (Car following model) เป็นการจำลอง ซึ่งพัฒนาโดยทีมวิจัยของเจเนอรัลมอเตอร์ โดยใช้ความสัมพันธ์ของรถที่เป็นผู้ตาม ซึ่งใช้ความเร็วในระดับต่างๆ กันขึ้นอยู่กับ ระยะห่างและคว ามเร็วของผู้นำและความเร็วของรถที่เป็นผู้ตาม เพื่อให้รถแต่ละคันวิ่งไปได้โดยไม่เกิดอุบัติเหตุ
- แบบจำลองระยะช่องว่างที่ยอมรับได้ (Gap acceptance model) เป็นแบบจำลองที่อาศัยหลักการที่ว่า ให้ค่าช่องว่างระหว่างรถที่ยอมรับค่าหนึ่ง และรถไม่เคลื่อนไปข้างหน้าจนกว่าค่ าช่องว่างระหว่างรถดังกล่าวถึงค่าที่กำหนด แบบจำลองนี้มีลักษณะคล้ายๆ กับแบบที่หนึ่ง แต่ส่วนสำคัญของมัน คือ สามารถประยุกต์ใช้กับการรอไฟแดงหรือทางเลี้ยวได้
- แบบจำลองการเปลี่ยนช่องทาง (Lane changing model) ถูกคิดค้นครั้งแรกโดย Gipps (1986) เป็นแบบจำลองที่ใช้เลือกการเปลี่ยนช่องทาง ซึ่งขึ้นปัจจัยต่างๆ ที่ขวางอยู่ตรงหน้า เช่น สัญญาณไฟ สิ่งกีดขวางถนน เป็นต้น
- แบบจำลองแบบบูรณาการ (Intregrated model) เป็นการนำเอาแบบจำลองหลายๆ แบบมารวมเข้าเป็นแบบเดียวโดยที่ Toledo, Koutosopoulos และ Ben-Akiva

(2007) โดยเปรียบเทียบแบบจำลองแบบผสมกับแบบจำลองแยกส่วน พบว่าแบบจำลองแบบผสมสามารถใช้ได้ดีกว่าและเร็วแบบจำลองแบบธรรมดา

2.3.2 การแสดงระบบจัดการจราจร

เป็นระบบที่ทำให้การจัดการจราจรในโครงข่ายเสมือนมีความถูกต้องสมจริง โปรแกรมสามารถจำลองระบบการจัดการจราจรต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนถนน ยกตัวอย่างเช่น

- การควบคุมทางแยกโดยใช้ สัญญาณไฟจราจร
- การควบคุมถนนสายหลัก โดยใช้ป้ายจำกัดความเร็วช่องจราจร
- การควบคุมทางขึ้นลงทางด่วน โดยใช้ป้ายจราจร

2.3.3 การนำเสนอผลลัพธ์และภาพกราฟฟิค

การนำเสนอผลลัพธ์และภาพกราฟฟิคเป็นส่วนที่มีความสำคัญมาก สำหรับการใช้โปรแกรมจำลองการจราจร เพราะเป็นส่วนที่ทำให้เกิดความเข้าใจและเห็นภาพของสภาพการจราจร โดยการนำเสนอแสดงออกมาได้ใน 2 ลักษณะ คือ แบบสถิติ ซึ่งมีเพียงแต่ตัวเลขที่แสดงถึงสถิติต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบ และแบบกราฟฟิค ซึ่งแสดงการจราจรออกมาในลักษณะภาพนิ่งหรือเคลื่อนไหว ทำให้เห็นสิ่งต่างๆที่เกิดขึ้นจริงในระบบได้โดยง่าย สามารถตรวจสอบความถูกต้องและเข้าใจผลลัพธ์ของการจำลองได้ถูกต้อง รวดเร็ว แม่นยำ

2.3.4 การปรับแก้ค่าของโปรแกรม

การปรับแก้ค่าของแบบจำลอง เป็นตรวจสอบและปรับแบบจำลองการจราจรให้คล้ายคลึงกับสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นจริง โดยในการเปรียบเทียบผลของแบบจำลองกับสภาพของจราจรที่เกิดขึ้น การปรับแก้ทำโดยปรับเปลี่ยนตัวแปรด้านจราจรภายในแบบจำลอง ให้สะท้อนผลลัพธ์ได้สภาพจรจรใกล้เคียงสิ่งที่เกิดขึ้น ตัวแปรด้านการจราจรที่มักปรับแก้ได้แก่ ความสามารถในการรองรับของถนน (Capacity) ค่าพฤติกรรมการขับขี่ (Headway reaction time) ขั้นตอนการปรับแก้แบบจำลองจราจรมีคำแนะนำจาก (Dowlingและคณะ, 2003) ประกอบไปด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การปรับแก้ความสามารถในการรองรับของถนน (Capacity calibration) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดใน การปรับแก้แบบจำลอง โดยวัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้ก็คือ หาค่าดัชนีชี้วัดที่ทำให้แบบจำลอง มีความสามารถในการรองรับจราจรใกล้เคียงกับค่าที่เกิดขึ้นจริงบนท้องถนนมากที่สุด โดยขั้นแรกเก็บข้อมูลที่ภาคสนามซึ่งข้อมูลนี้ต้องหาจุดที่เกิด

แถวคอยที่เด่นชัด เช่น ทางแยกสัญญาณ ไฟ เป็นต้น ซึ่งในจุดดังกล่าว วัดค่ากระแสจราจรอิ่มตัว ณ ขาใดขาหนึ่งของทางแยกสัญญาณไฟ เมื่อได้ค่ากระแสจราจรอิ่มตัว เราสามารถเปลี่ยนเป็นค่าความสามารถในการรองรับจราจรของทางแยกจากสมการ 2-2

$$Cap = \frac{S \times G}{C}$$ สมการที่ 2-2

โดยที่ Cap คือ ความสามารถในการรองรับจราจร (คัน/ชม.)

S คือ กระแสจราจรอิ่มตัว (คัน/ชม.)

G คือ Greentime (วินาที)

C คือ Cycle length (วินาที)

จากสมการที่ 2-2 แสดงว่าค่าความสามารถในการรองรับของทางแยกเท่ากับ ค่ากระแสจราจรอิ่มตัวของทิศทางจราจรบนทางแยกคูณระยะเวลาสัญญาณไฟเขียวของทิศทางดังกล่าวหารด้วยระยะเวลาวงรอบสัญญาณไฟทั้งหมด

ในบางครั้ง เราอาจไม่สามารถหาจุดที่มีความยาวแถวคอยที่เด่นชัดเพียงพอหาจุดอิ่มตัวได้ เราสามารถใช้การประมาณโดย วิธีอื่นๆ เช่น Highway Capacity Manual (HCM) ได้เช่นกัน

วิธีปรับแก้ความสามารถในการรองรับของถนน จำลองสถานการณ์ในแบบจำลองโดยใส่ค่าปริมาณรถเข้าไปให้มากพอที่เกิดแถวคอยที่เด่นชัด (ประมาณ 10 คัน) แล้วใช้เครื่องวัดตรวจจับรถที่เส้นหยุดที่ทางแยก เพื่อหากระแสจราจรอิ่มตัวและนำมาเปรียบเทียบกับ ค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม ซึ่งค่าที่ได้จากแบบจำลองนั้น มีค่าแตกต่างเนื่องจากค่าพฤติกรรมผู้ขับขี่ซึ่งไม่เท่ากับค่าที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้นเราจึงจำเป็นที่ต้องปรับเปลี่ยนให้สะท้อนผลของสภาพการจราจรที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

ค่าพฤติกรรมผู้ขับขี่ที่ต้องปรับเปลี่ยนนั้น เลือกค่าที่มีเชื่อมโยงกับค่าความสามารถในการรองรับของถนนเป็นหลัก เพื่อความรวดเร็วในการปรับแก้แบบจำลอง ยกตัวอย่างเช่น บนทางพิเศษ ใช้ค่า Minimum headway และ reaction time ขณะที่บนถนนราบ ใช้ค่า Start-up lost time และ Queue discharge headway โดยในการปรับแก้ใช้ตัวอ้างอิงคือ ค่าผลต่างกำลัง 2 เฉลี่ย (Mean Square Error, MSE) ซึ่งสามารถหาได้จากสูตร

$$MSE = \frac{1}{R}\sum_r (M_{ltpr} - F_l)^2$$ สมการที่ 2-3

โดยที่ MSE คือ Mean Square Error

M_{ltpr} คือ ค่าความสามารถในการรองรับที่จุด 1 เวลา t โดยใช้ดัชนี p และการจำลองที่ r

F_l คือ ค่าความสามารถในการรองรับที่จุด l

R คือ จำนวนการจำลอง

วิธีการหาค่า MSE ที่น้อยที่สุดสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. กำหนดขอบเขตของค่าตัวแปรที่เป็นค่าที่เป็นไปได้ (max , min)
2. หา MSE ของค่าขอบเขตทั้ง 2 ข้าง
3. หาค่าขอบเขตใหม่ (x_1, x_2) จาก

$$x_1 = \min + 0.382 \times (\max - \min)$$ สมการที่ 2-4

$$x_2 = \min + 0.618 \times (\max - \min)$$ สมการที่ 2-5

โดยที่ Min คือค่าขอบเขตที่เป็นไปได้ต่ำที่สุด

Max คือ ค่าขอบเขตที่เป็นไปได้สูงที่สุด

4. หา MSE จาก ค่าขอบเขตใหม่ (x_1, x_2)
5. กำหนดค่าขอบเขตใหม่โดย สมการ 2-5 และ 2-6 โดยสังเกตผลของ MSE ที่เกิดขึ้นว่าค่า MSE ที่มีโอกาสต่ำสุด ควรมีแนวโน้มอยู่ในช่วงใด
6. ทำซ้ำข้อ 1-5 ไปเรื่อยๆจนกว่าได้ค่า MSE ที่น่าพอใจ

ขั้นตอนที่ 2 การปรับแก้การเลือกเส้นทาง (Route choice calibration) เป็นขั้นตอนต่อไปหลังจากปรับแก้ความสามารถในการรองรับของถนนแล้ว โดยปรับแก้การเลือกเส้นทางของรถในแบบจำลองให้มีความถูกต้องใกล้เคียงกับสภาพจริง ในการปรับแก้จะเปรียบเทียบ Flow ที่เกิดขึ้นในแต่ละจุดระหว่างแบบจำลองกับสภาพจริง โดยปรับค่าตัวแปรที่ทำให้เกิดความแตกต่างในการเลือกเส้นทาง เช่น link-cost หรือ travel time เป็นต้น โดยปรกติการปรับแก้ลักษณะนี้อาจไม่มีความจำเป็นถ้าหากแบบจำลองมีขอบเขตเพียงทางแยกเดี่ยว หรือเส้นทางตรงเพียงอย่างเดี ยว รวมถึงโปรแกรมจำลองจราจรบางตัวที่ไม่มีความสามารถในการปรับค่าการเลือกเส้นทาง

ขั้นตอนที่ 3 การปรับแก้ประสิทธิภาพของระบบ (System performance calibration) เป็นการปรับแก้ขั้นสุดท้ายเพื่อให้แน่ใจว่า ผลการจำลองนั้นมีความถูกต้อง โดยการปรับแก้นี้ทำคล้ายกับขั้นตอนที่หนึ่ง แต่เปลี่ยนวัตถุประสงค์เป็นการหาค่าดัชนีที่ทำให้แบบจำลองมีค่าประสิทธิภาพของระบบใกล้เคียงกับของจริงมากที่สุด โดยประสิทธิภาพที่ปรับแก้ควรเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพหลักที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ของแบบจำลอง โดยขั้นตอนการปรับแก้เหมือนการปรับแก้ในขั้นตอนที่ 1 ทุกประการ

2.3.5 สรุปขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองการจราจร

Liebermanและ Rathi (1988) กล่าวถึงในการพัฒนาแบบจำลองไว้ ดังนี้

1. กำหนดปัญหาหรือสิ่งที่ต้องการศึกษา
2. กำหนดขอบเขตของการศึกษา
3. รวมรวมข้อมูลของบริเวณที่ศึกษา เช่น แผนที่ถนน ข้อมูลทางกายภาพ ปริมาณการเดินทาง
4. สร้างแบบจำลองจากข้อมูลที่ได้
5. ปรับแก้แบบจำลอง
6. ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง
7. จดบันทึกและทำเอกสาร

2.4 การศึกษาการจราจรโดยใช้โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรในประเทศไทย

สุมณฑา หรั่งโพธิ์ (2549) ศึกษาผลกระทบของจราจรเมื่อมีการสร้างที่จอดรถบริเวณสถานีรถไฟฟ้าลาดพร้าว โดยใช้โปรแกรม PARAMICS ซึ่งข้อมูลที่ใช้ประกอบไปด้วยข้อมูล 2 ประเภท คือ ข้อมูลด้านกายภาพ เช่น ลักษณะถนน จำนวนช่องจราจร และข้อมูลด้านจราจร เช่น ปริมาณจราจรและพฤติกรรมการขับขี่ ซึ่งได้ใช้ค่ ระยะห่างระหว่างรถ (Headway) เท่ากับ 1.2 วินาที และเวลาในการตอบสนอง (Reaction time) เท่ากับ 0.8 วินาที โดยค่าทั้ง 2 นั้น สามารถหามาได้จากการทดลองปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 เทียบกับความเร็วจริงในภาคสนาม หลักจากนั้นจึงตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model validation) เช่น ความสมเหตุสมผลของพฤติกรรม และปริมาณการเลี้ยวของรถ เป็นต้น

อาทิตย์ ศรีจำปา (2550) ได้พัฒนาแบบจำลองจราจรบนทางด่วนในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้โปรแกรม PARAMICS ซึ่งขั้นตอนสรุปคร่าวๆ ดังนี้

1. สร้างโครงข่ายแบบจำลอง
2. ใส่ข้อมูลจราจร
3. ปรับแก้แบบจำลอง

โดยในส่วนที่สำคัญที่สุดซึ่งก็คือ การปรับแก้นั้น สามารถทำได้โดยการปรับแก้ด้วยสายตา โดยทดสอบความเหมือนจริงของแบบจำลองด้วยสายตาตัวเองและปรับแก้โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงภาคสนามโดยเปรียบเทียบข้อมูลจากแบบจำลอง และข้อมูลจากภาคสนามของค่าตัวแปร คือ ปริมาณจราจรและความเร็ว

Sarawut Jansuwan และ Sorawit Narupiti (2005) ได้ทำใช้เทคนิคการจำลองจราจรในการวัดประสิทธิภาพของเทคนิคการจัดสัญญาณไฟ SCOOT โดยใช้โปรแกรมจำลองจราจร PARAMICS โดยจำลองเปรียบเทียบระหว่างการจัดสัญญาณไฟปัจจุบันกับเทคนิคการตั้งสัญญาณไฟแบบ SCOOT ในบริเวณทางแยกซอยจุฬา 12 และแยกสี่พระยา – เจริญกรุง โดยจำลองจราจรในช่วงเร่งด่วน 7.00 – 9.00 น. และ 16.00 – 18.00 น. กับช่วงไม่เร่งด่วน 10.00 – 12.00 น. และ13.00 – 15.00 น. โดยขั้นตอนการทำงานประกอบไปด้วยการเก็บข้อมูล การแจกแจง OD การปรับแก้แบบจำลอง การตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลอง

2.5การให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง ณ ทางแยก (Transit Signal Priority)

การจัดสัญญาณไฟที่ให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง คือ กระบวนการอย่างหนึ่งที่จัดการกับสัญญาณไฟ เพื่อทำให้รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษได้รับผลประโยชน์ ทำให้คุณภาพของการบริการของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษดียิ่งขึ้นทั้งในด้านความรวดเร็ว ความน่าเชื่อถือและความคุ้มค่า หลักการของระบบนี้คือ เมื่อรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษวิ่งเข้ามาสู่ทางแยก มีระบบตรวจจับรถโดยสาร เพื่อส่งข้อมูลให้แก่ระบบจัดสัญญาณไฟ จากนั้นจัดสัญญาณไฟให้แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษวิ่งผ่านทางแยกไปได้อย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นตัวตรวจจับอีกจะตรวจสอบการออกจากทางแย กดังกล่าวไปแล้ว จึงปิดระบบและนำสัญญาณไฟกลับเข้าสู่ลักษณะสัญญาณไฟแบบปกติ เพื่อรอการมาถึงของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษอีกครั้งหนึ่ง

การให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลักดังนี้

- อุปกรณ์บริเวณสี่แยก (Intersection equipment) เช่น ตัวตรวจจับ (Detector) และตัวควบคุมสัญญาณไฟ (Signal system)
- อุปกรณ์บนรถ (Transit equipment) คือ อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนยานพาหนะเพื่อรวบรวมข้อมูลที่สำคัญจากสถานการณ์เคลื่อนที่ เช่น ตำแหน่ง และ ส่งข้อมูลโดยอุปการณ์สื่อสารที่ติดอยู่กับส่วนประกอบอื่นๆ เช่น Grobal Positioning System (GPS)
- ระบบติดต่อสื่อสารระหว่างรถกับทางแยก (Communication system)
- ศูนย์บริหารจัดการรถโดยสาร (Transit management center)
- ศูนย์จัดการจราจร (Traffic management center)

การให้สิทธิ์เริ่มต้นจากการตรวจสอบการเข้าสู่ทางแยกของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษโดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับรถโดยสาร ซึ่งทำหน้าที่บ่งบอกถึงตำแหน่งการมาถึงของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษบนโครงข่าย การตรวจจับบ่งบอกถึงการมาถึง (Arrival) หรือ ออกจาก (Exit) และส่งข้อมูลกลับไปยังอุปกรณ์ควบคุมและจัดสัญญาณไฟ เพื่อขอการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง (Priority request) โดยการขอการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง มีด้วยกัน 2 ระดับ คือ ระดับเฉพาะแยก (Local intersection level) โดยระบบนี้ให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางเฉพาะที่ทางแยกใดๆที่รถแล่นผ่านเท่านั้น และโดยทั่วไปให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางทุกคันที่ส่งสัญญาณขอไปที่ทางแยกโดยตรง โดยระบบนี้เหมาะสำหรับการติดตั้งตัวตรวจจับแบบติดตั้งบริเวณแยก ส่วนอีกระดับหนึ่ง คือ ระดับโครงข่าย (Network level) เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพมากกว่าโดยคำนึงถึงองค์ประกอบอื่นๆ ในการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง เช่น รถคันดังกล่าวมีความล่าช้าหรือไม่ หรือทางแยกดังกล่าวมีแถวคอยอยู่มากเกินไปหรือไม่ ซึ่งหากเป็นไปตามเงื่อนไขแล้วอนุญาตให้รถโดยสารผ่านทางแยกไปได้ ระบบนี้ส่งสัญญาณไปยังศูนย์จัดการจราจรกลางก่อน เพื่อคำนวณผลดีผลเสียก่อนให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง โดยทั่วไปนิยมใช้ระบบ GPS ในการติดต่อสื่อสารกันระหว่างรถกับทางแยกหรือรถกับศูนย์จัดการจราจร

2.4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบระบบให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง

Vinit Deshpande (2003) ได้แจกแจงถึงปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบการให้สิทธิ์รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ส่วนของถนน ประกอบไปด้วย

- โครงข่ายของถนน เป็นส่วนที่มีผลต่อการออกแบบ เช่น ตำแหน่งของทางแยก หรือจำนวนทางแยกหรือขนาดของถนนทำให้การออกแบบระบบมีความแตกต่างจากกันไป
- ปริมาณการจราจร เป็นปัจจัยหนึ่งที่จำเป็นต้องคำนึงถึง เนื่องจากการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง นั้นทำให้เกิดผลกระทบแก่ผู้ที่ขับ ขี่รถส่วนบุคคล ซึ่งถ้าปริมาณการจราจรมาก การออกแบบระบบก็ต้องมีความระมัดระวังเพื่อให้ เกิดผลประโยชน์แก่ทุกฝ่ายเท่าเทียมกัน
- ระบบสัญญาณไฟ ซึ่งโดยทั่วไปในแต่ละที่มีการใช้ Software และ Hardware ที่แตกต่างกันออกไป ทำให้สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือการทำงานที่เข้ากันได้ของระบบการสื่อสารระหว่างรถ ตัวตรวจจับ และสัญญาณไฟ
- คนข้ามถนน เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงเนื่องจากในช่วงเวลาของการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางนั้น ผู้ที่เสียประโยชน์อีกกลุ่มหนึ่งคือ กลุ่มของผู้ข้าม ถนน จึงเป็นอีกกลุ่มที่ต้องคำนึงเพื่อให้มีผลประโยชน์ที่คุ้มค่า
- การต่อเนื่องของระบบสัญญาณไฟ เป็นสิ่งหนึ่งที่จำเป็นต้องคำนึงถึง เนื่องจากการทำเปิดสัญญาณไฟทั้งหมดมีการจัดสัญญาณไฟที่ต่อเนื่องและสอดคล้องกัน ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพ

2. ส่วนของรถโดยสาร ประกอบไปด้วย

- ชนิดของรถโดยสาร ในระบบรถโดยสารนั้นความเร็วและขนาดก็มีผลต่อการเปิดสัญญาณไฟที่ต่างกันออกไป รวมไปถึงลักษณะของรถ เช่น รถรางมีความแน่นอนของเวลาที่มากกว่ารถที่วิ่งบนถนน เป็นต้น
- ตำแหน่งจุดรับส่งผู้โดยสาร เป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่ง ซึ่งโดยทั่วไปตำแหน่งของรถแบบ far side หรือ mid block นั้นสามารถจัดการให้สิทธิ์ได้ง่ายกว่าแบบ near side เนื่องจากมีเวลาในการจอดรับส่งผู้โดยสารเข้ามาเกี่ยวข้องทำให้ยากต่อการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง

2.4.2 ชนิดของการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง

สำหรับวิธีในการจัดสัญญาณไฟสามารถแบ่งออกได้ 4 ลักษณะใหญ่ (Smith และ Hemily, 2005) คือ

1. วิธี Passive เป็นวิธีที่ง่ายไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ใดๆ ในการจัดการ โดยเทคนิคนี้อาศัยการจัดสัญญาณไฟแบบตายตัว (fixed time) และการคำนวณเวลาของสัญญาณไฟให้มีประสิทธิภาพทำให้เป็นการเอื้อประโยชน์ต่อรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษดังนี้

- การปรับวงรอบสัญญาณ (Adjustment cycle length) ในวิธีนี้ทำได้โดยการปรับให้วงรอบสัญญาณไฟมีลักษณะสั้น เพื่อเปิดสัญญาณไฟย้อนกลับมายังช่วงสัญญาณที่ให้รถผ่านในทิศทางที่รถโดยสารต้องการบ่อยขึ้น
- การวางแผนสัญญาณไฟในบริเวณกว้าง (Area wide timing Plans) เป็นการจัดสัญญาณไฟให้มีความสอดคล้องกันในแต่ละทิศทาง ทำให้รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษสามารถวิ่งผ่านไปได้โดยไม่จำเป็นต้องหยุดรถโดยสาร
- การแบ่งช่วงสัญญาณไฟ (Phase splitting) มีหลักการคล้ายกันการปรับวงรอบสัญญาณไฟ แต่เปลี่ยนจากการเพิ่มความถี่ของช่วงสัญญาณไฟที่ต้องการโดยการลดวงรอบสัญญาณไฟ เป็นการแบ่งช่วงสัญญาณไฟที่ต้องการออกเป็นช่วงสั้นๆ หลายๆ ครั้ง ทำให้มีช่วงสัญญาณไฟในทิศทางที่ต้องการเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ในการจัดสัญญาณไฟดังกล่าว มีข้อเสียที่สามารถเห็นได้ชัด คือ เมื่อทำ ให้ความถี่ของช่วงสัญญาณไฟที่ต้องการเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนช่วงสัญญาณไฟที่บ่อยขึ้น ซึ่งมีผลทำให้เกิดเวลาที่สูญเสียเนื่องจากการเปลี่ยนช่วงสัญญาณไฟ (Start-up loss time) มากขึ้นไปด้วย ดังนั้นการใช้วิธีจัดสัญญาณไฟลักษณะนี้ ควรคำนึงถึงผลดีผลเสียที่เกิดขึ้นด้วย

2. วิธี Active เป็นวิธีที่ให้การให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางตามการมาของรถโดยสาร โดยตรงโดยใช้เครื่องตรวจจับรถโดยสารและส่งสัญญาณไฟยังอุปกรณ์ควบคุมทางแยก เพื่อขอการให้สิทธิ์พิเศษ เมื่อมีรถโดยสารวิ่งเข้ามาสู่ทางแยกดังกล่าว โดยการให้สิทธิ์ สามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

- การเพิ่มระยะไฟเขียว (Green extension) เป็นการเพิ่มระยะของสัญญาณไฟเขียวในทิศทางดังกล่าว โดยเมื่อรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษวิ่งเข้าสู่ทางแยก ระบบจะตรวจสอบว่ารถโดยสารสามารถวิ่งมาทันสัญญาณไฟเขียวหรือไม่ ซึ่งถ้าไม่ระบบจึงต่อเวลาไฟเขียวเพิ่มขึ้นตามเวลาที่กำหนดไว้ หรือเมื่อรถโดยสารวิ่งผ่านตัวตรวจจับอันที่ 2 ซึ่งบอกว่ารถโดยสารได้ผ่านทางแยกแล้ว ก็จะยุติการให้สิทธิ์เช่นกัน
- การเร่งเวลาไฟเขียว (Early green) เป็นการเร่งช่วงเวลาของไฟเขียวให้มาก่อนปกติ ซึ่งวิธีนี้มีลักษณะในการทำงานคล้ายกันการเพิ่มระยะไฟเขียว คือ เมื่อรถโดยสารวิ่งเข้าสู่ทางแยก ระบบจะคำนวณว่ารถโดยสารจะเข้ามาในช่วงสัญญาณไฟเขียวหรือไม่ ซึ่ง

ในกรณีนี้รถโดยสารมาในช่วงปลายไฟแดง ดังนั้นระบบจึงเร่งสัญ ญาณไฟเขียวให้มาก่อน เพื่อให้รถโดยสารสามารถผ่านไปได้ทันที

- การเพิ่มช่วงสัญญาณพิเศษ (Actuated transit phase) เป็นระบบที่สร้างช่วงสัญญาณไฟใหม่ขึ้นมาสำหรับรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเท่านั้นที่สามารถจะผ่านไปได้ วิธีนี้เหมาะสำหรับการมีช่องจราจรพิเศษสำหรับรถสาธารณะ เท่านั้น และความต้องการของรถโดยสารมีความพิเศษกว่ารถคันอื่น เช่น จำเป็นต้องเลี้ยวขวา เป็นต้น
- การเพิ่มช่วงสัญญาณ (Phase insertion) มีลักษณะเหมือนกับการเพิ่มช่วงสัญญาณพิเศษ แต่เป็นการเพิ่มช่วงสัญญาณให้กับรถทุกคันในทิศทางดังกล่าว
- การตัดสัญญาณไฟเขียว (Green truncation) เป็นการตัดสินใจลดช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียวในวงรอบสัญญาณก่อนหน้าให้สั้นลง เพื่อที่สัญญาณไฟได้วนกลับมาเกิดไฟเขียวได้เร็วขึ้น ซึ่งในการใช้ระบบนี้รถโดยสารเข้ามาบนทางแยกในลักษณะเช่นเดียวกับแบบ การเร่งสัญญาณไฟเขียว แต่จุดเด่นของวิธีนี้คือ มีระบบตรวจจับที่อยู่ ไกลจากทางแยกมาก จึงสามารถคำนวณวิธีดังกล่าวได้
- การหมุนของช่วงสัญญาณไฟ (Phase rotation) เป็นการปรับลำดับของช่วงสัญญาณไฟให้มีการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง เช่น การย้ายช่วงสัญญาณไฟสำหรับรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษมาเป็นช่วงสัญญาณไฟถัดจากช่วงสัญญาณไฟที่เปิดอยู่ ในปัจจุบัน เป็นต้น

3. วิธี Conditional actuated method วิธีนี้เป็นวิธีการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางที่มีลักษณะคล้ายกับการให้สิทธิ์โดยวิธี Active แต่มีการกำหนดเงื่อนไขต่างๆว่าระบบให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางหรือไม่ โดยเงื่อนไขสำหรับการให้สิทธิ์หรือไม่ ยกตั วอย่างเช่น ความล่าช้าของการจราจรบนทางแยก แถวคอยในทิศทางที่ตัดขวาง ความตรงต่อเวลาของรถโดยสาร เป็นต้น ซึ่งเมื่อรถโดยสารเดินทางเข้าสู่ทางแยก อุปกรณ์ตรวจจับจะส่งข้อมูลไปยังศูนย์ควบคุมจราจรเพื่อขออนุมัติให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง ซึ่งถ้าตรงตามเงื่อนไขจึงมีกา รให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง

4. วิธี Adaptive method เป็นวิธีที่คำนวณการควบคุมสัญญาณไฟที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของการจราจร โดยประสิทธิภาพดังกล่าวพิจารณาในรูปของความล่าช้าของผู้เดินทางผ่านทางแยกความล่าช้าของรถสาธารณะ หรือความล่าช้า ณ ทางแยกของการจราจรโดยรวม ระบบควบคุมสัญญาณไฟใช้ข้อมูลการจราจรแบบทันกาล (real-time) รวมทั้งข้อมูลการมาถึงของรถสาธารณะในการคำนวณหาช่วงเวลาสัญญาณไฟรวมถึงลำดับของจังหวะ

สัญญาณไฟที่เหมาะสม ซึ่งสามารถพิจารณาสัญญาณไฟเดี่ยวหรือหลายสัญญาณไฟพร้อมๆ กันในระบบสัญญาณไฟ เนื่องจากวิธี การนี้ต้องการข้อมูลรถสาธารณะล่วงหน้าจึงต้องใช้ประกอบกับระบบที่ติดตั้งบนรถสาธารณะ เพื่อทราบตำแหน่งของรถและคาดการณ์เวลาที่เข้าสู้ทางแยกต่างๆ ทั้งนี้ข้อมูลตำแหน่งแบบทันกาลของตำแหน่งรถสาธารณะให้ประโยชน์ในการตรวจสอบความถูกต้องของการคาดการณ์และปรับปรุงการคาดการ ณ์ เพื่อใช้ในการปรับปรุงการตั้งค่าสัญญาณไฟอีกด้วย

2.6 การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้สิทธิ์รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษผ่านมา

Liao และ Davis (2006) ทดลองสร้างแบบจำลองการเดินทางของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษโดยได้ทำติดตั้งระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางที่บริเวณทางแยกโดยใช้โปรแกรมจำลองการจราจร AIMSUN ซึ่งจำลองลักษณะของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่มีการระบุตำแหน่งด้วย GPS จึงจำเป็นต้องเขียนภาษาคอมพิวเต อร์เข้าไปในแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองมีลักษณะเสมือนจริง โดยการวิจัยนี้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของทางแยกที่ตัดตั้งระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางแบบ Actuted control ที่มีการให้สิทธิ์โดยวิธี Green extension เมื่อเทียบกับการจัดสัญญาณไฟแบบปกติ โดยค่าที่วัดคือ ค่ากระแสการจราจร (Flow) เวลาในการเดินทางของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (Bus travel time) ความล่าช้ารวมเฉลี่ย (Average delay) เวลาในการหยุดเฉลี่ย (Average stop) โดยศึกษาในพื้นที่ เมือง Minneapolis โดยศึกษารถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษสายที่ 2 ซึ่งเดินทางระหว่าง Franklin Ave ถึง S 27th Ave ประกอบไปด้วย 22 ทางแยก มีความยาวทั้งหมด 3 ไมลล์

สำหรับช่วงเวลาที่ใช้จำลองคือช่วงเวลาเช้า (7.00 – 9.00 น.) และช่วงเวลาเย็น (16.00 – 18.00 น.) โดยข้อแตกต่างคือ ในช่วงเวลาเย็น ปริมาณการจราจรมีมากกว่าช่วงเวลาเช้า 40% ความเร็วที่ใช้เฉลี่ยน้อยกว่าช่วงเวลาเช้า 7% เวลาในการเดินทาง ความล่าช้าและเวลาในการหยุดในช่วงเวลาเย็นมากกว่าช่วงเวลาเช้า 21% 31.7% และ 25% ตามลำดับ และเมื่อทดลองใช้ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางได้ผลดังนี้ คือ ช่วงเวลาเช้า เวลาในการเดินทางลดลง 12% ในทิศที่มุ่งไปทางตะวันออก และ 14% ในทิศที่มุ่งหน้าไปตะวันตก ความล่าช้ารวมเฉลี่ยลดลง 16 - 19% เวลาในการหยุดลดลง 18% ส่วนในช่วงเวลาเย็นได้ว่าเวลาในการเดินทางลดลง 10.5% ในทิศทางที่มุ่งหน้าไปตะวันออกและลดลง 7% ในทิศทางที่มุ่งหน้าไปตะวันตก ความล่าช้าลดลง 9 - 14% เวลาในการหยุดลดลง 10 - 14 %

ในการวิจัยนี้ยังได้วัดประสิทธิภาพที่ลดลงของการเดินทางของรถส่วนตัวที่เกิดขึ้นเนื่องจากผลกระทบของการใช้ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางดังกล่าว พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของเวลาในการเดินทาง ความล่าช้า และเวลาในการหยุดของรถที่ไม่ใช่รถ โดยสารประจำทางด่วนพิเศษเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเล็กน้อยในช่วงเวลาเช้า และมีการเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงเวลาเย็น

Ova และ Smadi (2001) ได้ศึกษาถึงข้อดีและข้อเสียของระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางชนิดต่างๆ ในเมืองขนาดกลางถึงเล็กว่ามีผลดีและผลเสียต่อระบบการจราจรอย่างไร โดยอาศัยโปรแกรมจำลองการจราจร VISSIM โดยในงานวิจัยนี้เปรียบเทียบชนิดของการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางด้วยวิธี Active 2 แบบ คือ Early green และ extension green ซึ่งจำลองการจราจรโดยใช้โปรแกรมจำลองจราจรแล้วนำ ค่าผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบตัวชี้วัดประสิทธิภาพ 3 ค่า ประกอบด้วย ค่าความล่าช้าของถนนข้างเคียง (Side street delay) ความล่าช้าของโครงข่าย (Network delay) และความล่าช้าของรถโดยสารและเวลาในการเดินทางของรถโดยสาร (Bus delay and Bus travel time) ซึ่งวัดเป็นประ มาณต่อคน สำหรับการเปรียบเทียบนั้นทำได้โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆ ในโครงข่ายจราจร ที่คาดว่าส่งผลต่อประสิทธิภาพของโครงข่าย ซึ่งก็คือ ปริมาณการจราจร และอัตราการเข้ามาของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาในบริเวณโครงข่ายถนนของเขตเมือง Moorhead และ Fargo ซึ่งประกอบไปด้วย 8 ทางแยก และมีเส้นทางรถโดยสารประจำทาง 11 เส้นทาง

ในการวิจัยนี้ได้แบ่งสถานการณ์ทั้งหมดในการวิจัยออกเป็น 8 สถานการณ์ ดังนี้

- Early green strategy, 30 - Minute transit headway, ช่วงกลางวัน
- Early green strategy, 30 - Minute transit headway, ช่วงเย็น
- Extended green strategy, 30 - Minute transit headway, ช่วงกลางวัน
- Extended green strategy, 30 - Minute transit headway, ช่วงเย็น
- Early green strategy, 15 - Minute transit headway, ช่วงกลางวัน
- Early green strategy, 15 - Minute transit headway, ช่วงเย็น
- Extended green strategy, 15 - Minute transit headway, ช่วงกลางวัน
- Extended green strategy, 15 - Minute transit headway, ช่วงเย็น

ผลของการวิจัยพบว่า การให้สิทธิ์แก่รถโดยสารแบบ Early green สามารถให้ค่าของเวลาในการเดินทางและความล่าช้าที่สั้นกว่าแบบ Extension green ซึ่งหลังจากได้ทดสอบสมมุติฐานแล้ว

พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผู้วิจัยได้ให้เหตุผลว่า เนื่องจากการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางแบบ Early green มีช่วงเวลาในการให้สิทธิ์ที่ กว้างกว่าคือ 40 % ของรอบสัญญาณไฟ เมื่อเทียบกับแบบ Extension green ซึ่งมีเพียง 10 % ของรอบสัญญาณไฟ สำหรับช่วงเวลาที่ใช้ในการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางนั้น สามารถสรุปได้ว่า ช่วงเวลากลางวันซึ่งมีปริมาณการจราจรที่น้อยกว่าสามารถการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง โดยส่งผลกระทบข้างเคียงได้น้อยกว่าในช่วงเวลาเย็น ในส่วนของความถี่ของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษนั้น พบว่าเมื่อเปลี่ยนจาก ทุกๆ 30 นาที เป็นทุกๆ 15 นาที พบว่ามีลักษณะของประสิทธิภาพในแนวโน้มที่ไม่แตกต่างจาก 30 นาที แต่ในการเปรียบเทียบระหว่างการให้สิทธิ์ทั้ง 2 วิธีพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกัน

Liu และ Li (2006) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางในรูปแบบต่างๆ โดยใช้โปรแกรมจำลองจราจร PARAMICS ในพื้นที่San francisco bay area บนถนน CA highway 82 ซึ่งเป็นถนนที่มีทางแยกทั้งหมด 12 แยก ตั้งแต่ 2nd Ave. ถึง 28th Ave. ถึง the South of El Camino Real โดยตลอดช่วง El Camino Real มีการจัดสัญญาณไฟที่สัมพันธ์กัน โดยที่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษบริเวณนี้มีอัตราการให้บริการทั้งหมด 6 คันต่อชั่วโมง ในการจำลองการจราจรจำลองสถานการณ์ทั้งหมด 8 แบบ คือ

- ไม่มีการดำเนินการใดๆ
- ให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง โดยขอสิทธิ์พิเศษเมื่อเวลา 15 วินาทีก่อนเข้าสู่ทางแยกหรือ AVL(15)
- ให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง โดยขอสิทธิ์พิเศษเมื่อเวลา 20 วินาทีก่อนเข้าสู่ทางแยกหรือ AVL(20)
- ให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง โดยขอสิทธิ์พิเศษเมื่อเวลา 25 วินาทีก่อนเข้าสู่ทางแยกหรือ AVL(25)
- ให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง โดยขอสิทธิ์พิเศษเมื่อเวลา 30 วินาทีก่อนเข้าสู่ทางแยกหรือ AVL(30)
- ให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง โดยขอสิทธิ์พิเศษเมื่อรถประจำทางเข้ามาในระยะ 150 เมตรก่อนถึงทางแยกหรือ SVD(150)
- ให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง โดยขอสิทธิ์พิเศษเมื่อรถประจำทางเข้ามาในระยะ 200 เมตรก่อนถึงทางแยกหรือ SVD(200)

- ให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง โดยขอสิทธิ์พิเศษเมื่อรถประจำทางเข้ามาในระยะ 250 เมตรก่อนถึงทางแยกหรือ SVD(250)

ในการวิจัยนำสถานการณ์ทั้งแปดมาเปรียบเทียบด้วยตัวชี้วัดประสิทธิภาพ คือ ความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษและรถที่ไม่ใช่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ เวลาในการเดินทางและความเร็วเฉลี่ยของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ซึ่งผลการวิจัยที่ได้สามารถสรุปได้ว่า การใช้ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางที่ดีที่สุดของโครงข่ายนี้ คือ การตั้งจุดตรวจจับรถที่ระยะ 200 เมตร หรือการติดตั้งระบบระบุตำแหน่งซึ่งขอการให้สิทธิ์เมื่อเวลา 25 วินาทีก่อนจะเข้าสู่ทางแยก ซึ่งทั้ง 2 วิธีให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษต่ำที่สุด ในส่ วนของความล่าช้าของยานพาหนะที่ไม่ใช่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษพบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อใช้ระบบการให้สิทธิ์ กับไม่ใช้ระบบการให้สิทธิ์

Rakha และ Ahn (2006) ศึกษาถึงผลกระทบของระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง โดยเก็บข้อมูลภาคสนามด้วยอุปกรณ์ GPS และจำล องสภาพจราจรเพื่อพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยการให้สิทธิ์ศึกษาบนถนน Richmond highway ในพื้นที่ของ Northern virginia ซึ่งเป็นถนนที่มีการจราจรหนาแน่นมาก

ในการวิจัยนี้ใช้โปรแกรมจำลองการจราจร INTREGRATION ในการจำลองการจราจรที่เก็บมาได้จากข้อมูลทาง GPS โดยการให้สิทธิ์สร้างสถานการณ์ออกมาทั้งหมด 5 สถานการณ์ คือ

- สถานการณ์ฐาน คือ ไม่มีการใช้ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง
- สถานการณ์ที่มีระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง ภายใต้สภาพการจราจรหนาแน่น
- สถานการณ์ที่มีระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง โดยเพิ่มปร ะมาณจราจรบริเวณถนนรอง
- สถานการณ์ที่มีระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง โดยเพิ่มความถี่ของรถโดยสาร
- สถานการณ์ที่มีระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง โดยเปลี่ยนแปลงจุดจอดรถโดยสารประจำทาง

ในการวิจัยนี้ใช้ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางแบบ Green extension และสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

- ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางไม่ส่งผลต่อการลดลงของเวลาในการเดินทางของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ รวมถึงยานพาหนะอื่นๆ ด้วย
- เมื่อเพิ่มปริมาณจราจรบนเส้นทางรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษพบว่า ทำให้ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าในระบบเพียงเล็กน้อย
- การเพิ่มปริมาณรถในถนนสายรอง ไม่ส่งผลใดๆ ที่มีนัยสำคัญ
- การให้สิทธิ์ทำให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารลดลง แต่ไม่ส่งผลใดๆ ต่อระบบโดยรวม
- ตำแหน่งของจุดจอดรถโดยสารการให้สิทธิ์มีผลต่อความล่าช้าของรถโดยสาร คือ จุดจอดแบบใกล้การให้สิทธิ์ส่งผลทำให้ค่าความล่าช้าเพิ่มขึ้นขณะที่จุดจอดแบบไกลการให้สิทธิ์ทำให้ค่าความล่าช้าลดลง

Sundstrom (2008) ได้ศึกษาถึงคุณภาพของระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง โดยศึกษาจากการเก็บข้อมูลจริงภาคสนามเปรียบเทียบระหว่าง การเปิดระบบการให้สิ ทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางและการปิดระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง ซึ่งการให้สิทธิ์เก็บข้อมูลด้วย GPS ในแต่ละสถานการณ์ เป็นเวลา 2 อาทิตย์โดยข้อมูลที่สนใจก็คือ เวลาในการเดินทาง การตรงต่อเวลา และความน่าเชื่อถือของรถโดยสาร

การวิจัยศึกษาบนช่วงถนนที่มีความย าว 2 ไมล์ บริเวณ 82nd avenue ในเมือง Portland รัฐ Oregon ซึ่งการให้สิทธิ์สนใจเส้นทางเดินรถของหมายเลข 72 ซึ่งประกอบไปด้วย จุดจอดรถโดยสาร ฝั่งละ 16 จุด และทางแยกสัญญาณไฟจราจร 9 แห่ง ในบริเวณที่ศึกษาเป็นบริเวณของย่านคนจน ทำให้มีปริมาณรถโดยสารและประมาณคนเดินถนนที่มาก

ลักษณะของระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางของการวิจัยนี้ การให้สิทธิ์เป็นลักษณะของการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางแบบมีเงื่อนไข (Conditional signal priority) ซึ่งประกอบไปด้วยเงื่อนไข 4 อย่างคือ

1. ต้องเป็นรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษของเมือง Portland
2. รถโดยสารดังกล่าวต้องอยู่ในการใช้งาน
3. รถคนดังกล่าวต้องแล่นอยู่ (ไม่ได้กำลังจอดรับส่งผู้โดยสาร)
4. รถคันนั้นต้องช้ากว่ากำหนดอย่างน้อย 30 วินาที

ผลของการวิจัยพบว่าไม่มีความแตกต่างกันของประสิทธิภาพของระบบ เมื่อมีการเปิดหรือปิดระบบสัญญาณไฟที่ให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง ทั้งในด้านของเวลาในการเดินทางและการตรงต่อเวลาของรถโดยสารอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในการติดตั้งระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง ควรมีการพัฒนาองค์ประกอบอื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบด้วย เช่น จุดรับส่งรถ หรือเวลาของสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น

Shalaby และคณะ (2006) ได้ศึกษาและเลือกหลักการของการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง เพื่อนำไปใช้ในเมือง Ontario ประเทศ Canada โดยในการศึกษานี้การให้สิทธิ์เลือกเกณฑ์ต่างๆ ที่ใช้ในการตัดสินใจ เช่น ผลกระทบต่อจราจรและคนข้ามถนน ค่าใช้จ่าย และประโยชน์ที่ได้จากการติดตั้ง เป็นต้น ในการศึกษาสามารถแบ่งระดับของระบบการให้สิทธิ์ได้ดังนี้

- I-1 ใช้เพียงตัวตรวจจับรถโดยสารประจำทางและระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางอย่างง่าย
- I-2 เหมือนระบบ I-1 เพียงแต่เพิ่มความสนใจในด้านเวลาในการเดินทาง
- I-3 เป็นระบบเดิมเช่นเดียวกับสองระบบแรก (I-1, I-2) แต่เพิ่มอุปกรณ์ GPS เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหาเวลาในการเดินทางและมีการกำหนดเงื่อนไขในการให้สิทธิ์
- II-1 เป็นระบบการให้สิทธิ์ที่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณรถในช่วงเวลา โดยไม่มีเงื่อนไขใดๆ
- II-2 มีลักษณะเช่นเดียวกับ II-1 แต่เพิ่มเงื่อนไขด้านปริมาณรถบริเวณที่ได้รับผลกระทบ
- II-3 เช่นเดียวกันกับ II-2 แต่เพิ่มเงื่อนไขด้านค่าระยะห่าง (Headway) ของการมาถึงสถานีของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษและความหนาแน่นด้วย
- II-4 เป็นระบบการให้สิทธิ์แบบคำนวณให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งมีเงื่อนไขเหมือน II -3 ทุกประการ
- III-1 เหมือนแบบก่อนหน้าทุกประการ แต่เพิ่มความสอดคล้องกันของทางแยกทั้งหมดด้วย

โดยในการศึกษาได้จำลองการจราจรและนำผลที่ได้ออกมาให้คะแนน เพื่อนำเอาคะแนนรวมมาหาว่าหลักการใดดีที่สุด ซึ่งได้ผลว่า ระดับ II-3 มีคะแนนรวมมากที่สุด จึงมีอันดับเป็นที่ 1 ซึ่งในการศึกษานี้ได้นำ 3 อันดับแรกมาพิจารณาเพื่อเลือกวิธีการที่ดีที่สุดในการนำมาใช้ต่อไป

ธเนส เสถียรนามและคณะ (2005) ได้ศึกษาถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง ที่อยู่บนถนน 2 ช่องจราจร และจุดจอดรถโดยสารอยู่ใกล้กับทางแยกสัญญาณไฟ ทำให้เกิดความสูญเสียของช่วงสัญญาณไฟเมื่อรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษจอดขณะที่ระบบเปิดสัญญาณไฟเขียว ให้ค่าความล่าช้าได้

ในการวิจัยได้จำลองการจราจรเปรียบเทียบระหว่างระบบการให้สิทธิ์เดิม กับระบบที่พัฒนาขึ้นมาใหม่เพื่ อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยใช้โปรแกรมจำลองการจราจร PARAMICS เพื่อเปรียบเทียบความล่าช้าของรถโดยสารและความล่าช้ารวมเฉลี่ยของระบบที่เกิดขึ้น หลังจากนั้นจึงทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าทั้ง 2 วิธี พื้นที่ในการศึกษาบนถนนสาย 296 ซึ่งอยู่บน Chiba Prefecture เป็นถนนประเภท 2 ช่องสัญญาณ ที่มีจุดจอดรถทั้งหมด 17 แห่ง และเป็นจุดอยู่ใกล้กับทางแยกสัญญาณไฟ โดยอัตราการเข้ามาของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ คือ 30 คันต่อชั่วโมง โดยศึกษาเฉพาะเวลา 7.00 – 9.00 น. เท่านั้น ผลการวิจัยที่ได้สรุปได้ว่า ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางแบบใหม่ลดความล่าช้าของรถโดยสาร ความล่าช้าของระบบ และความล่าช้าของถนนรอบข้างได้ ซึ่งเมื่อตรวจสอบแล้วพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

Davol (2001) วิจัยถึงข้อดีข้อเสียของวิธีการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางในวิธีต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในเมือง Stockholm ประเทศสวีเดน โดยในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกพื้นที่ศึกษาคือ เขต Södermalm ซึ่งเป็นเขตใจกลางเมือง ประกอบไปด้วยถนนสายหลัก 3 เส้น โดยถนนที่เลือกใช้มีเพียงเส้นเดียว ซึ่งประกอบไปด้วย ทางแยกสัญญาณไฟ 6 แห่ง และทางข้ามสำหรับจักรยาน 1 แห่ง โดยทางแยกดังกล่าวมีลักษณ ะเป็นระบบสัญญาณไฟแบบ Actuated control ที่มีตัวตรวจจับรถบนพื้นถนน บนถนนดังกล่าวมีรถโดยสารประจำทาง 2 ประเภทคือ คือ สีแดง มีจำนวน 3 สาย และสีฟ้ามีจำนวน 1 สาย โดยรถสีแดงมีอัตราการปล่อยรถทุกๆ 15 นาที ส่วนสีฟ้าปล่อยรถทุกๆ 7.5 นาที ตลอดทางของถนนมีจุดจอดรับส่งผู้โ ดยสารฝั่งละ 4 แห่ง ซึ่งเป็นจุดจอดแบบไกลจากทางแยกทั้งหมด

ในการวิจัยนี้ใช้โปรแกรม MITSIMLab ในการจำลองจราจร โดยจำลองในช่วงเวลา 7.20 น. - 8.30 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีประมาณจราจรมากที่สุด โดยเก็บผลเพียงแค่ 1 ชั่วโมง เนื่องจากเริ่มโปรแกรมเพื่ออุ่นเครื่องให้ ปริมาณจราจรเข้าสู่ความสมจริงก่อนเป็นเวลา 10 นาที ในการจำลองจราจรแบ่งสถานการณ์ออกเป็น 8 แบบ คือ

1. ไม่ใช้ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง
2. ใช้ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง แบบ Phase extension

3. ใช้ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง แบบ Phase insertion

4. ใช้ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง แบบ Phase shortening

5. ใช้ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง แบบ Green extension และ Phase insertion

6. ใช้ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง Green extension และ Phase shortening

7. ใช้ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง แบบ Phase insertion และ Phase shortening

8. ใช้ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง ทุกแบบร่วมกัน

หลังจากจำลองการจราจรเสร็จสิ้น จึงนำข้อมูลที่ได้มาหาเวลาในการเดินทางของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษและรถยนต์ประเภทอื่น ซึ่งได้ข้อสรุปดังนี้

1. การใช้ระบบการให้สิทธิ์พิเ ศษสามารถลดความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษได้ 18 %

2. ผลกระทบต่อรถคนอื่นๆ นั้น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

3. ระบบนี้ยังช่วยให้มีความแน่นอนของเวลาเดินทางโดยลดความเบี่ยงเบนได้ถึง 50%

4. วิธีการให้สิทธิ์พิเศษทั้ง 3 ชนิด ให้ประโยชน์ที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน เนื่ องจากผลรวมของประโยชน์ของทั้ง 3 ชนิด มีค่ารวมไม่เท่ากับการใช้ทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน

5. การใช้วิธีการให้สิทธิ์พิเศษทั้ง 3 ชนิดพร้อมกันให้ผลดีที่สุด

6. ถ้าหากมีความกังวลต่อผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อระบบเนื่องจากระบบนี้ การตัดวิธีการใดวิธีการหนึ่งออก ช่วยให้ลดผลกระทบลงได้ แต่ก็ทำให้ผลประโยชน์ลดน้อยลงไปด้วย

Deshpande และคณะ (2003) ศึกษาถึงผลดีผลเสียของระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางโดยใช้โปรแกรมจำลองการจราจร VISSIM ในการหาผลลัพธ์ โดยที่คณะวิจัยได้ศึกษาบนถนน Richmond ในเขต Northern virginia ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งประกอบไป ด้วยทางแยกสัญญาณไฟ 7 แห่งที่อยู่ใกล้เคียงกัน โดยในการวิจัยนี้จำลองการจราจรในช่วงเวลาที่มีปริมาณจราจรที่สูงในช่วงเวลาเช้าและช่วงเวลาเย็นเป็นจำนวนช่วงละ 15 คู่ เพื่อหาค่าของเวลาในการเดินทาง จำนวนการหยุดของรถโดยสารเวลาเฉลี่ยของรถโดยสาร และความยาวแถวคอยของรถที่ ได้รับผลกระทบ

สำหรับผลของการวิจัยนั้นสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การใช้ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางทำให้เกิดความแน่นอนของตารางเวลาสูงขึ้น โดยจาก 30 คู่การทดลอง พบว่า 23 คู่นั้นการใช้ระบบการให้สิทธิ์จะมีความเบี่ยงเบนของเวลารอรถโดยสารประจำทางที่ต่ำกว่าการไ ม่ใช่ระบบการให้สิทธิ์ ซึ่งเมื่อหาค่าเฉลี่ยแล้วพบว่าความเบี่ยงเบนลดลง 3.61 %

2. การใช้ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางทำให้รถโดยสารมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยจาก 30 คู่ของการทดสอบมีถึง 26 คู่ที่การใช้ระบบการให้สิทธิ์ทำให้รถโดยสารใช้เวลาเดินทางที่ต่ำกว่า และเมื่อพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยแล้วพบว่าเวลาในการเดินทางลดลงถึง 2.64%

3. การใช้ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางนั้นส่งผลกระทบต่อการจราจรอื่นๆ เพียงเล็กน้อย โดยที่ความยาวแถวคอยเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเพียง 1.286 ฟุตเท่านั้น

Chen และ คณะ (2007) ศึกษาลักษณะสำคัญของเทคนิคการใช้ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ คือ การมีช่องจราจรส่วนตัว และระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางโดยใช้สัญญาณไฟ โดยในการศึกษาจำลองการจราจรบนเส้นทาง North-south central axis BRT ในกรุงปักกิ่ง ซึ่งประกอบไปด้วยทางแยกสัญญาณไฟ 8 แห่ง สำหรับข้อมูลที่ใช้เก็บในช่วงเวลาเช้า (7.00 – 9.00 น.) โดยเก็บข้อมูลปริมาณจราจร สัดส่วนการเลี้ยว เวลาสัญญาณไฟ และตารางเวลาการเดินรถ

ในการศึกษานี้จะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ เปรียบเทียบระหว่าง มีช่องจราจรสำหรับรถประจำทางที่บริเวณเกาะกลาง (Median bus lanes) และมีช่องจราจรสำหรับรถประจำทางบริเวณขอบถนน (Curb bus lanes) ซึ่งจะวัดความล่าช้ารวมเฉลี่ยของการจราจร ณ ทางแยก จำนวนครั้งที่หยุดเฉลี่ยและความยาวแถวคอย และเปรียบเทียบระหว่างมีกับไม่มีระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง โดยวัดเวลาในการเดินทางของรถโดยสารและความล่าช้าของรถโดยสาร

ผลจากการทดสอบสามารถสรุปได้ 3 ข้อ คือ

1. ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางและระบบการใช้ช่องจราจรส่วนตัวสามารถช่วยเพิ่มคุณภาพในการบริการรถได้

2. เมื่อใช้ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางทำให้กระแสการจราจรของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษมีความคล่องตัวขึ้น

3. การใช้ช่องจราจรสำหรับรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษทั้ง 2 แบบ มีผลกระทบต่อระบบจราจรที่แตกต่างกันไปซึ่งผลกระทบนั้นไม่ขึ้นกับปริมาณจราจรแต่ขึ้นกับสัดส่วนการเลี้ยว ช่วงเวลาสัญญาณไฟ และตารางเวลาการเดินรถ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Rakha และ Zhang (2004) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางโดยเปลี่ยนแปลงตัวแปรต่างๆ เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในระบบที่ศึกษา โดยจำลองการจราจรทางแยกเดี่ยวที่มีความยาว 250 เมตร โดยเปลี่ยนแปลงค่าสภาพแวดล้อมต่างๆ เพื่อศึกษาผลกระทบของค่าตัวแปรดังกล่าวที่มี ผลต่อระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษดังนี้

1. ผลกระทบจากปริมาณจราจร
2. ผลกระทบเนื่องจากปริมาณรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ
3. ผลกระทบเนื่องจากการกระจายตัวของปริมาณจราจรและการแบ่งช่วงสัญญาณไฟ
4. ผลกระทบเนื่องจากจำนวนช่วงสัญญาณไฟ
5. ผลกระทบเนื่องจากสัดส่วนของส่วงสัญญาณไฟ
6. ผลกระทบเนื่องจากเวลาในการจอดรถรับส่งผู้โดยสาร

ซึ่งได้ผลของการศึกษาสรุปดังนี้

1. ประโยชน์ของระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางเกิดขึ้นมากถ้าเวลาในการปล่อยรถโดยสารสอดคล้องกับเวลาวงรอบสัญญาณ และช่วงสัญญาณไฟที่ให้การให้สิทธิ์
2. ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพของระบบโดยรวม เมื่อมีปริมาณจราจรที่เพิ่มมากขึ้น
3. เมื่อความถี่ของการปล่อยรถสูงขึ้นในระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางทำให้ระบบโดยรวมของถนนมีประสิทธิภาพที่แย่ลง
4. ผลกระทบของระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางขึ้นตรงกับเวลาของสัญญาณไฟ
5. เวลาในการจอดรับส่งผู้โดยสารของจุดจอดรถใกล้ทางแยกส่งผลกระทบต่อการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง

Dion และคณะ (2004) ได้ศึกษาถึงข้อดีข้อเสียของระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางโดยใช้โปรแกรมจำลองการจราจร INTEGRATION ในการจำลองการจราจรบริเวณถนน

Columbia Pike ในเขต Washington, D.C ซึ่งมีความยาว 6.35 กิโลเมตร ประกอบไปด้วยทางแยกสัญญาณไฟ 20 แห่ง โดยในการศึกษาได้ใช้แบบจำลองเก่าของถนนดังกล่าวมาพัฒนาและปรับแก้แบบจำลองโดยใช้ข้อมูลภาคสนาม แล้วจึงจำลองจราจรใน 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาเช้า (7.00 – 9.00 น.) และช่วงกลางวัน (11.00 – 13.00 น.) โดยจำลองสถานการณ์ทั้งหมด 4 สถานการณ์ คือ

1. สถานการณ์ที่ไม่มีการใช้ระบบสัญญาณไฟที่ให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง
2. สถานการณ์ที่ใช้ระบบสัญญาณไฟที่การให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง โดยให้สิทธิ์รถโดยสารประจำทางแบบเร็วเท่านั้น
3. สถานการณ์ที่ใช้ระบบสัญญาณไฟที่ให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง โดยให้สิทธิ์เฉพาะรถโดยสารประจำทางแบบธรรมดาเท่านั้น
4. สถานการณ์ที่ใช้ระบบสัญญาณไฟที่ให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง โดยให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางทุกชนิด

ในการศึกษาวัดค่าผลของการจำลองจราจร โดยวัดค่าต่างๆ ดังนี้ เวลาในการ เดินทาง ความล่าช้า จำนวนการหยุด อัตราการใช้น้ำมัน อัตราการปล่อยมลภาวะต่างๆ ของทั้งรถโดยสารประจำทางและรถยนต์ ซึ่งผลของการศึกษาเห็นได้ว่าการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางชนิดเร็วนั้นส่งผลประโยชน์ได้ไม่มากเท่ากับการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางชนิดธรรมดา แสดงให้ เห็นว่าระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางแบบมีเงื่อนไข โดยให้การให้สิทธิ์เฉพาะรถที่ล่าช้ากว่าตารางเวลานั้นมีความจำเป็น นอกจากนี้ในศึกษายังได้ข้อสรุปว่า ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางให้ประโยชน์แก่รถโดยสารประจำทางได้ โดยที่ส่งผลกระทบต่อระบบโดยรวมเพีย ง เล็กน้อย โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่ไม่เร่งด่วน เช่น ช่วงกลางวัน เป็นต้น

เทอดศักดิ์ รองวิริยะพานิช (2546) ได้พัฒนาแบบจำลองการจราจรโดยโปรแกรม NETSIM เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบสัญญาณไฟเพื่อให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางเทียบกับระบบสัญญาณไฟแบบเดิม โดยจำลองการจร าจรบริเวณแยกยมราช โดยจำลองเพียงทางแยกสัญญาณไฟเพียงจุดเดียวโดยตัววัดประสิทธิภาพที่ใช้ ได้แก่ ความยาวแถวคอย ความล่าช้าของระบบ และความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ระบบสัญญาณไฟที่ให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางสามารถลดความล่าช้าขอ งรถโดยสารสาธารณะลงได้ได้ ร้อยละ 15
2. ระบบนี้สามารถลดความสูญเปล่าของสัญญาณไฟลงได้ ทำให้ค่าความล่าช้าของระบบลดลง

3. ระบบนี้สามารถลดความยาวแถวคอยของถนนสายรองได้ร้อยละ 55 และมีการเพิ่มขึ้นของแถวคอยบนถนนหลัก เล็กน้อย

ธเนศ เสธียรนาม และคณะ (2550) ศึกษาถึงประสิทธิภาพของโครงการ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ที่เริ่มขึ้นในอนาคต โดยศึกษาโครงการ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ สาย 2 ตามแนวถนนพหลโยธิน เกษตรนวมินทร์และนวมินทร์ ความยาวถนน รวม 19.4 กิโลเมตร ประกอบไปด้วย 18 สถานีจอดรถ และ 11 ทางแยกสัญญาณไฟ โดย รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ วิ่งด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและความถี่ในการให้บริการทุกๆ 3 นาที ซึ่งในการวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ การวิเคราะห์เชิงมหภาค และการวิเคราะห์ในส่วนจุลภาค ในส่วนของการวิจัยเชิงมหภาค ใช้ Travel demand model ในการพยากรณ์ค่าปริมาณผู้ใช้บริ การ (BRT ridership) เวลาในการเดินทางทั้งหมด (Total travel distance) ความเร็วเฉลี่ยและปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น โดยแบ่งสถานการณ์ออกเป็น 4 สถานการณ์ และสถานการณ์ฐานอีก 1 สถานการณ์ ดังนี้

1. สถานการณ์ฐาน ซึ่งเป็นสถานการณ์ปัจจุบัน
2. สถานการณ์ที่มีโครงการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ
3. สถานการณ์ที่มีโครงการ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ มีการลดปริมาณรถประจำทางเดิม และมีความหนาแน่นของประชากรที่สูงขึ้น
4. สถานการณ์ที่มีโครงการ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ มีการลดปริมาณรถประจำทางเดิม และมีระบบ Feeder รองรับ
5. สถานการณ์ที่มีโครงการ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ มีการลดปริมาณรถประจำทางเดิม มีความหนาแน่นของประชากรที่สูงขึ้นและมีระบบ Feeder รองรับ

ซึ่งผลการทดสอบสถานการณ์ที่ 5 พบว่าสถานการณ์ที่ 5 ทำให้เกิดมลภาวะสูงสุด จึงนำเอาผลดังกล่าวมาทดลองในระดับจุลภาคต่อไป ซึ่งในการทดสอบระดับจุลภาค โดย เปรียบเทียบค่าของการให้บริการในแง่ ความเร็วในการเดินทาง ซึ่งการทดสอบระดับนี้แบ่งเป็น 4 สถานการณ์ คือ

1. สถานการณ์ฐาน ซึ่งมีแต่การเดินรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ
2. สถานการณ์ที่มี รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ และเพิ่มระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางบริเวณทางแยก

3. สถานการณ์ที่มีรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ และมีระบบจัดการค่าโดยสารที่สะดวกรวดเร็ว ซึ่งทำให้เวลาจอดรับส่งผู้โดยสารลดลง

4. สถานการณ์ที่มีรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ และรวมเอา สถานการณ์ที่ 2 และ 3 เข้าด้วยกัน

ผลของการทดสอบในส่วนนี้สามารถสรุปได้ว่า สถานการณ์ที่ 4 สามารถให้บริการในความเร็วที่สูงที่สุด หลังจากนั้นจึงได้นำเอาค่าผลลัพธ์ที่ได้จากสถานการณ์ที่ 4 มาทดลองในระดับมหภาคอีกครั้ง ซึ่งทำให้เห็นถึงการลดปริมาณมลพิษได้ในระดับหนึ่งด้วย

2.6 สรุป

จากการทบทวนวรรณกรรมสามารถสรุปได้ว่า รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ เป็นรถที่มีจุดมุ่งหมายในการเพิ่มประสิทธิภาพของการให้บริการขนส่งมวลชน โดยลักษณะเด่นของการให้บริการคือ ช่องจราจรเฉพาะและการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง ซึ่งช่วยให้รถโดยสารประจำทางมีประสิทธิภาพในการให้บริการเพิ่มมากขึ้น โดยการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษนั้น สามารถแบ่งออกปได้หลายวิธี คือ แบบ Passive ซึ่งเป็นการตั้งสัญญาณไฟให้มีประสิทธิภาพโดยไม่คำนึงถึงเทคโนโลยี ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกที่สุด แบบ Active ซึ่งมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วย โดยปรับสัญญาณไฟเพื่อให้รถโดยสารประจำทางผ่านไปได้ ด้วยกระบวนการต่างๆ แล้วแต่การนำไปใช้ของท้องถิ่น และวิธีสุดท้าย ซึ่งก็คือ Conditional active หรือ Differential ซึ่งพัฒนามาจากการให้สิทธิ์โดยวิธี Active แต่มีการให้สิทธิ์เป็นบางคันเท่านั้น โดยขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ต้องไว้ในพื้นที่ดังกล่าว

สำหรับการวิเคราะห์ผลนั้น โดยทั่วไป ใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ได้ 2 แบบคือ การใช้แบบจำลองจุลภาคในการประมวลผล และการทดสอบจากสถานที่จริงโดยใช้ GPS ซึ่งในกรณีของโครงการที่ยังไม่เกิดขึ้น เราไม่สามารถที่นำ GPS ติดตั้งไว้บนรถและวัดผลได้ จึงจำเป็นต้องใช้แบบจำลองจราจรในการทำนายผลการทดสอบ โดยหลักการ ทำงานของแบบจำลองนั้น จะจำลองรถแต่ละคันที่แล่นในระบบและใส่พฤติกรรมของรถแต่ละคันที่มีพฤติกรรมแต่ต่างกันไปตามค่าตัวแปรสุ่ม แต่มีพฤติกรรมตามเงื่อนไขเดียวกันเรียกว่าแบบจำลองพฤติกรรม จากนั้นทำ จากนั้นจึงกำหนดจุดหมายของรถแต่ละคัน และนำรถเข้าสู่ระบบในจุดกำเนิดที่กำหนดให้ รถแต่ละคันจะแล่น

ไปตามลักษณะพฤติกรรมและตามควบคุมการจราจรที่ได้กำหนดขึ้น ไปยังจุดหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลต่อไป

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวกับการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางที่ผ่านมา พบว่าโดยทั่วไปเป็นการนำแบบจำลองจราจรมาใช้ในการวิเคราะห์ผล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพัฒนาวิธีการให้สิทธิ์ โดยในการวิเคราะห์นั้นส่วนใหญ่ใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพคือ ผลกระทบของการให้สิทธิ์ที่เกิดขึ้นต่อจราจร ประสิทธิภาพในการให้บริการรถโดยสารประจำทางที่เพิ่มขึ้นทั้งในด้านเวลาในกา รเดินทาง และการตรงต่อเวลา ในการวิจัยพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการให้สิทธิ์คือ ปริมาณจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา ความถี่ในการให้บริการของรถโดยสารประจำทางเป็นสำคัญ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

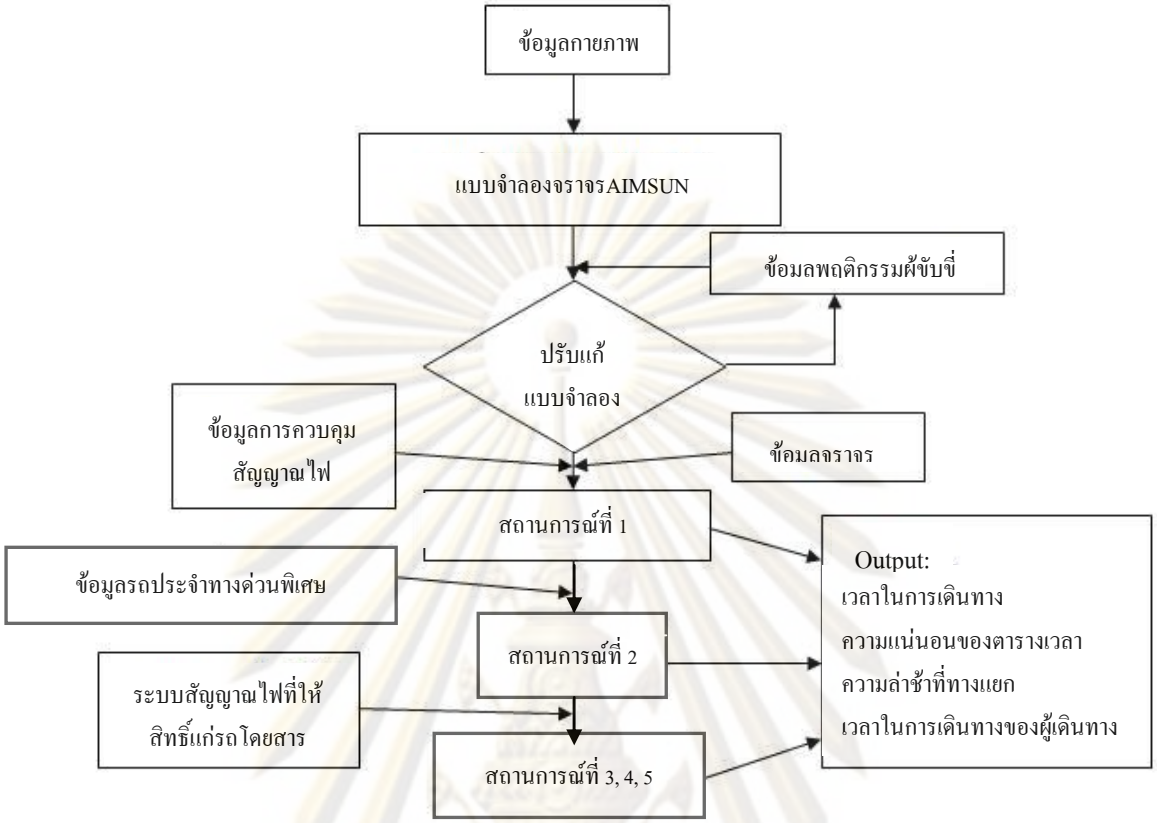
3.1 บทนำ

การวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อวิเคราะห์การให้สิทธิ์รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษโดยใช้วิธีการให้สิทธิ์หลายวิธี ได้แก่ การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive การให้สิทธิ์โดยวิธี Active และการให้สิทธิ์โดยวิธี Conditional Active โดยจำลองการจราจรที่พื้นที่ถนนนราธิวาส ถนนพระราม 3 และถนนรัชดาภิเษก ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการนำเอาโครงการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเข้ามาให้บริการ ซึ่งการวิจัยนี้มีขั้นตอนในการวิจัยดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลด้านกายภาพ และข้อมูลจราจร
2. สร้างแบบจำลองจราจร
3. ปรับแก้แบบจำลองและตรวจสอบความถูกต้อง
4. ศึกษาสถานการณ์ (Scenario) ที่เลือกโดยอาศัยแบบจำลอง
5. เก็บค่าตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการให้บริการ
6. วิเคราะห์ผลและสรุปการวิจัย

รูปที่ 3-1 แสดงขั้นตอนการวิจัยนี้ โดยเริ่มจากการนำข้อมูลด้านกายภาพมาสร้างเป็นโครงข่ายถนนในโปรแกรมจำลองการจราจร AIMSUN หลังจากนั้นจึงทำการปรับแก้แบบจำลองเพื่อให้แบบจำลองมีความคล้ายคลึงกับสภาพจริง เมื่อได้แบบจำลองที่มีสภาพคล้ายจริงแล้วจึงใส่ข้อมูลการควบคุมสัญญาณไฟและข้อมูลการจราจรเพื่อวิเคราะห์ผลการจราจรเพื่อทดสอบสถานการณ์ที่ไม่มีรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ จากนั้นจึงนำข้อมูลรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษและการให้สิทธิ์ด้วยวิธีต่างๆเข้าสู่แบบจำลองเพื่อวิเคราะห์สถานการณ์ต่างๆในแบบจำลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

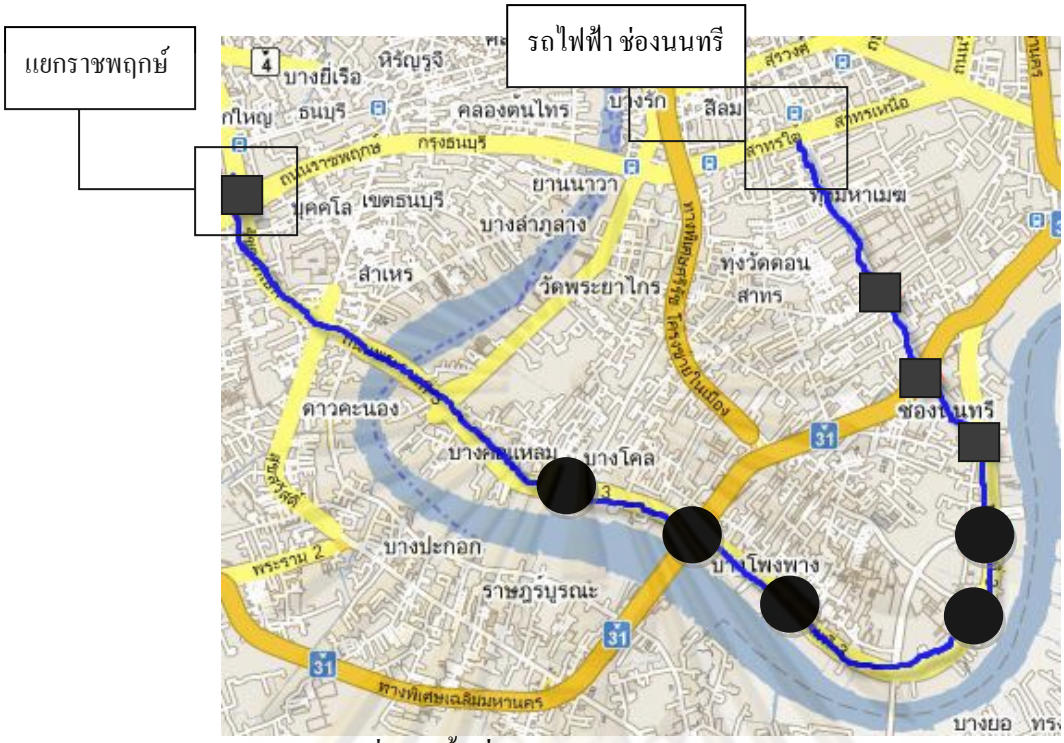


รูปที่ 3-1 แผนภาพแสดงการวิเคราะห์การวิจัย

3.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาครั้งนี้กำหนดเป็นเส้นทางรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (BRT) ของกรุงเทพมหานคร เส้นทางที่ 1 ซึ่งมีจุดเริ่มต้นอยู่ที่รถไฟฟ้าช่องนนทรี ไปจนถึงแยกราชพฤษ์ ระยะทาง 16.5 กม. ดังรูปที่ 3-2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-2 พื้นที่ศึกษา (http://maps.google.co.th, Online)

ถนนที่เส้นทางรถโดยสารประจำทางด้วยพิเศษวิ่งผ่านนั้นมีลักษณะเป็นถนน 4 ช่องจราจร ในช่วงแรกตั้งแต่ถนนสาทรไปจนถึงถนนพระราม 3 และตลอดเส้นทางเป็นทางราบ ต่อจากนั้นเป็นสะพานข้ามแยกสลับกับถนนราบจนข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาไปทางฝั่งธนบุรี โดยถนนฝั่งธนบุรีเป็นถนนราบตลอดทางจนเข้าสู่ทางแยกสัญญาณไฟที่แยกราชพฤกษ์ซึ่งเป็นจุดสิ้นสุดของโครงการ เส้นทางรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษและโครงข่ายถนนนี้ประกอบไปด้วยทางแยกสัญญาณไฟทั้งหมด 9 แห่ง โดยมีทางแยกที่มีสะพานข้ามแยกทำให้รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ วิ่งผ่านแยกไปได้โดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟมีจำนวนทั้งสิ้น 5 แห่งดังจุดวงกลมในรูป และทางแยกที่เป็นทางแยกสัญญาณไฟที่ให้สิทธิ์พิเศษแก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 4 แห่ง ดังจุดสี่เหลี่ยมในรูป โดยเส้นทางนี้มีความยาวทั้งหมด 16.5 กิโลเมตร โดยประกอบไปด้วย 12 สถานี ส่วนใหญ่เป็นจุดจอดแบบไกลจากทางแยก สำหรับทางกลับรถนั้นมีมากมายหลายจุด โดยบริเวณถนนนราธิวาสมีจุดกลับรถเพียงบริเวณปลายถนนทั้ ง 2 ด้านเท่านั้น ส่วนบนถนนพระราม 3 มีจุดกลับรถ ณ ทุกทางแยก จำนวนแยกละ 2 แห่ง รวมเป็น 10 แห่ง และที่ปลายถนน 2 ด้าน อีก 2 แห่งรวมเป็น 12 แห่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

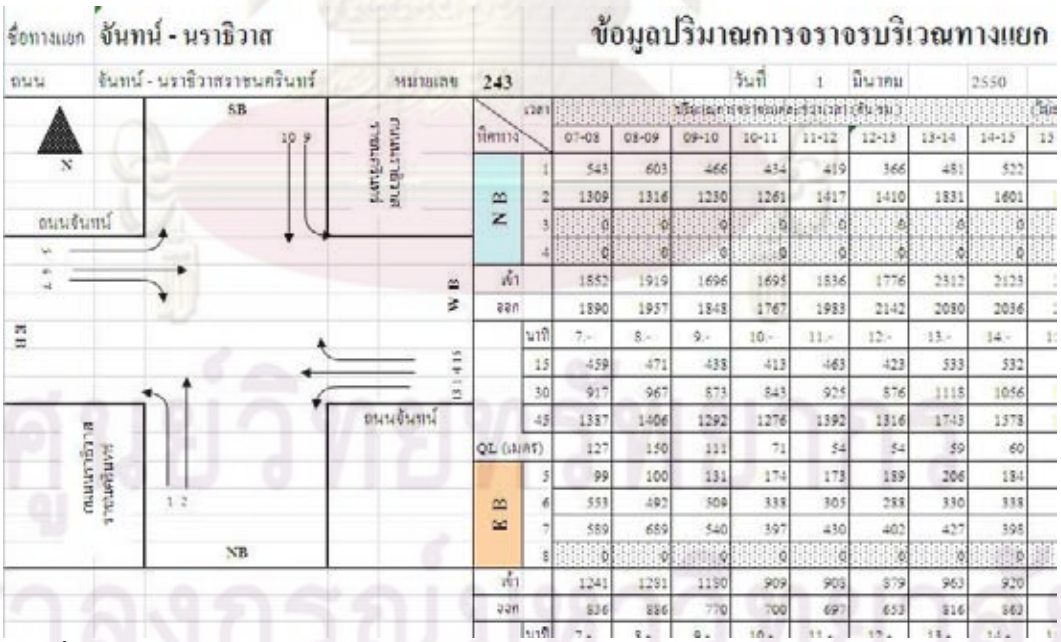
3.3 ข้อมูลที่นำมาใช้

1. การควบคุมสัญญาณไฟจราจร

ข้อมูลการควบคุมสัญญาณไฟที่สำคัญคือช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียวและ ช่วงเวลาไฟแดงที่กำหนดในแต่ทางแยก โดยข้อมูลดังกล่าวใช้ตามข้อมูลที่ได้จากการคำนวณจังหวะสัญญาณไฟใหม่โดยใช้โปรแกรม Synchro ซึ่งได้ข้อมูลการควบคุมสัญญาณไฟทั้งหมด 3 ชุดตามช่วงเวลาในการวิเคราะห์สถานการณ์ ประกอบด้วยช่วงเวลาเช้า (7.00 – 9.00 น.) ช่วงเวลาสาย (9.00 – 11.00น.) และช่วงเวลาเย็น (17.00 – 19.00 น.)

2 .ข้อมูลด้านการจราจร

ข้อมูลด้านการจราจรที่สำคัญได้แก่ข้อมูลปริมาณจราจรที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน ประกอบไปด้วยปริมาณรถที่เข้าออกภายในพื้นที่ศึกษา สัดส่วนการเลี้ยวบริเวณทางแยกต่างๆ และข้อมูลประเภทของรถที่เข้า ออกพื้นที่ศึกษา ซึ่งข้อมูลชุดนี้สามารถใช้ข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งนำมาจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาด้านจราจรได้ เช่น สำนักการจราจรและขนส่ง (สจส .) กรุงเทพมหานคร ดังตัวอย่างในรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-3 ตัวอย่างข้อมูลปริมาณจราจร (กรุงเทพมหานคร, สำนักการจราจรและขนส่ง, 2551)

3. ข้อมูลรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ

ข้อมูลประเภทนี้ประกอบไปด้วยข้อมูลตำแหน่งจุดจอดรถ ข้อมูลความถี่การให้บริการของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ และข้อมูลความเร็วเฉลี่ยของรถที่ใช้ รวมถึงข้อมูลเวลาในการจอดรับส่งผู้โดยสารและความจุของรถโดยสามารถอ้างอิงได้จากบริษัท PCBK จำกัด

4. ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของถนน

เป็นข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง คือ ข้อมูลทั่วไปของถนน เช่น ระยะทาง จำนวนช่องจราจร การจำกัดความเร็ว เป็นต้น โดยข้อมูลเหล่านี้สามารถอ้างอิงได้จากภาพถ่ายทางอากาศและการสำรวจภาคสนาม

5. ข้อมูลพฤติกรรมผู้ขับขี่

เป็นข้อมูลซึ่งแสดงถึงพฤติกรรมการขับขี่ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละท้องถิ่น จึงต้องมีการเก็บข้อมูลเพื่อความสมบูรณ์ของแบบจำลอง โดยข้อมูลเหล่านี้สามารถหาได้จากการปรับแก้แบบจำลองให้มีความใกล้เคียงกับลักษณะที่เกิดขึ้นจริงบริเวณพื้นที่การศึกษา

3.4 การพัฒนาแบบจำลองจราจร

ในการพัฒนาแบบจำลองจราจรได้จำลองการจราจรบริเวณเส้นทาง รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ โดยใช้โปรแกรมจำลองจราจร AIMSUN ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในการวิเคราะห์ในระดับจุลภาคได้ และสามารถพัฒนาระบบการควบคุมต่างๆของถนนได้ตามต้องการ โดยผ่านตัว AIMSUN Application Program Interface (API) โดยที่มีขั้นตอนในการพัฒนาแบบจำลองดังนี้

1. สร้าง Layout ของโครงข่ายถนนที่สร้าง โดยใช้แผนที่ภาพถ่า ยทางอากาศจากโปรแกรม Google Map
2. เก็บข้อมูลภาคสนามตามหัวข้อที่ 3.3
3. ลากเส้นถนนตามแผนที่ที่ได้มา จากนั้นปรับชนิดและรายละเอียดถนนตามข้อมูลจริงของโครงข่ายถนน
4. ปรับรายละเอียดของกฎการควบคุมจราจร เช่น กำหนดความเร็ว ช่องทางจราจร ให้ตรงตามข้อมูลจริง

5. สร้างระบบการควบคุมทางแยก

6. สร้างเส้นทางการเดิน รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ และปรับรายละเอียดปลีกย่อย ได้แก่ จุดจอดรถ เวลาปล่อยรถ ชนิดรถ และความเร็วรถ

7. สร้างระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง

8. ใส่ข้อมูลปริมาณการจราจรจากข้อมูลที่ได้มา

9. ทดสอบความถูกต้องและปรับแก้ข้อมูล

3.5 การปรับแก้แบบจำลอง

การปรับแก้แบบจำลองได้ดำเนินการตามคู่มือ Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software 2004 (Dowling และคณะ, 2003) โดยปรับแก้ 2 ส่วนคือการปรับแก้ความสามารถในการรองรับของทางแยก และการปรับแก้ตัววัดประสิทธิภาพของทางแยกซึ่งในที่นี้คือ ความยาวแถวคอยที่ขาใดขาหนึ่งของทางแยก

ในการปรับแก้ความสามารถในการรองรับของทางแยกนั้นทำได้โดยเปรียบเทียบค่าความสามารถการรองรับของทางแยกซึ่งได้จากกระแสจราจรอิ่มตัวของทางแยก โดยเก็บข้อมูลจากภาคสนาม ณ เส้นหยุ ดของทางแยก และวัดค่าระยะห่างของเวลาที่รถผ่านทางแยก (Headway) ที่เกิดขึ้น หลังจากนั้นจึงคำนวณกระแสจราจรอิ่มตัวและนำไปใช้หาค่าความสามารถในการรองรับของทางแยกต่อไป

สำหรับการเก็บข้อมูลของแบบจำลองก็เช่นกัน ได้เก็บข้อมูลโดยกำหนด ตัวตรวจจับรถ (Detector) ไว้บนจุดหยุดของทางแยกเพื่อเก็บค่าระยะห่างของเวลาที่รถผ่านทางแยกและเปลี่ยนค่าพฤติกรรมผู้ขับขี่ไปจนกว่าจะสามารถหาค่า Mean Square Error (MSE) ที่น้อยที่สุดได้

การปรับแก้ความยาวแถวคอยทำได้โดยเปรียบเทียบความยาวแถวคอยของทางแยก 2 ทางแยกใน 2 ช่วงเวลา เพื่อตรวจสอบดูว่าลั กษณะการเกิดแถวคอยที่เกิดขึ้นในแบบจำลองจะมีลักษณะคล้ายกับแถวคอยที่เกิดขึ้นจริงหรือไม่ การวิจัยครั้งนี้เก็บข้อมูลภาคสนามบริเวณแยก 3 แห่งคือแยกถนนจันทร์ตัดกับนราธิวาส 2 ชั่วโมงตั้งแต่ 8.00–10.00 น. แยกถนนรัชดาภิเษกตัดกับนราธิวาส 1 ชั่วโมงตั้งแต่เวลา 9.00–10.00 น. และแยกพระราม 3ตัดกับนราธิวาส 1 ชั่วโมงตั้งแต่ 8.00–9.00 น.

สำหรับการเก็บข้อมูลภาคสนามอาศัยการบันทึกโดยกล้องวีดีทัศน์เพื่อบันทึกความยาวแถวคอยที่เกิดขึ้น ณ ทางแยกและนับจำนวนรถที่เข้ามาสู่ทางแยกดังกล่าว และตรวจสอบการตั้งสัญญาณไฟเพื่อนำมาปรับให้มีปริมาณรถในแบบจำลองที่เท่ากัน

หลังจากเปรียบเทียบค่าระหว่างค่าจริงกับค่าในแบบจำลองแล้ว ถ้ามีค่าที่ใกล้เคียงกันก็สามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองมีความถูกต้องแล้ว แต่ถ้าเปรียบเทียบแล้วมีค่าที่แตกต่างกันมาก จะปรับพฤติกรรมต่างๆของทางแยกเช่น เวลาในการตอบสนองที่จุดหยุด (Reaction time at stop) ความเร็วในการเข้าคอย (Queue-up speed) และความเร็วในการออกจากคอย (Queue leaving speed) เพื่อให้แบบจำลองมีความถูกต้องต่อไป

3.6 สถานการณ์ในการวิจัย (Scenario)

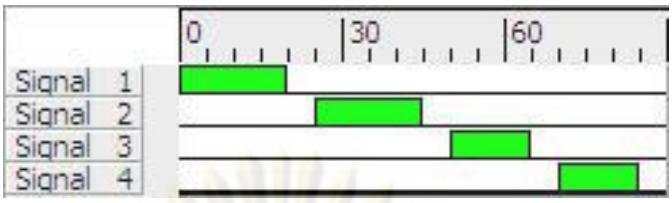
การวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การทดสอบประสิทธิภาพของการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง ณ ทางแยก โดยที่เมื่อพัฒ นาแบบจำลองจราจรแล้ว จึงทดสอบประสิทธิภาพของระบบและศึกษาผลกระทบของการเกิดโครงการ โดยแบ่งสถานการณ์ออกเป็น 5 สถาณการณ์คือ

1. สถานการณ์ที่ไม่ได้มีโครงการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ
2. สถานการณ์ที่ไม่ได้มีการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง ณ ทางแยก
3. สถานการณ์ที่มีการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง ณ ทางแยกวิธี Passive
4. สถานการณ์ที่มีการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง ณ ทางแยกวิธี Active
5. สถานการณ์ที่มีการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง ณ ทางแยกวิธี Differential

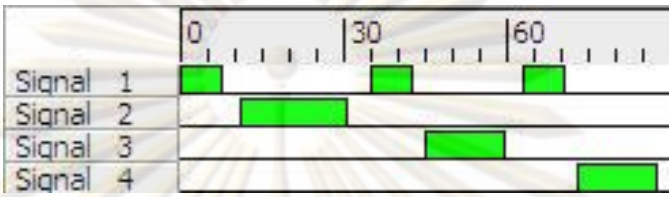
สำหรับรายละเอียดของการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง ณ ทางแยกทั้ง 3 วิธี สามารถอธิบายได้ดังนี้ คือ

วิธีที่ 1 วิธีกระจายช่วงสัญญาณไฟ (Phase spitting หรือ Passive method)

การให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง ณ ทางแยกแบบนี้เป็นแบบ Passive ซึ่งอาศัยการปรับสัญญาณไฟให้เอื้อประโยชน์แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ภายใต้ต้นทุนในการให้บริการที่ไม่สูงเท่ากับวิธีการอื่น โดยจะแบ่งช่วงสัญญาณไฟที่เปิดสัญญาณไฟแก่เส้นทางของรถโดยสารเป็นหลายๆช่วง ช่วงละเท่ากัน โดยทุกช่วงเริ่มเมื่อสิ้นสุดช่วงสัญญาณไฟอื่น ดังรูปที่ 3-4



ก. สัญญาณไฟปรกติ



ข. สัญญาณไฟเมื่อเปลี่ยนเป็นการกระจายช่วงสัญญาณไฟ

รูปที่ 3-4 แผนภาพการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive

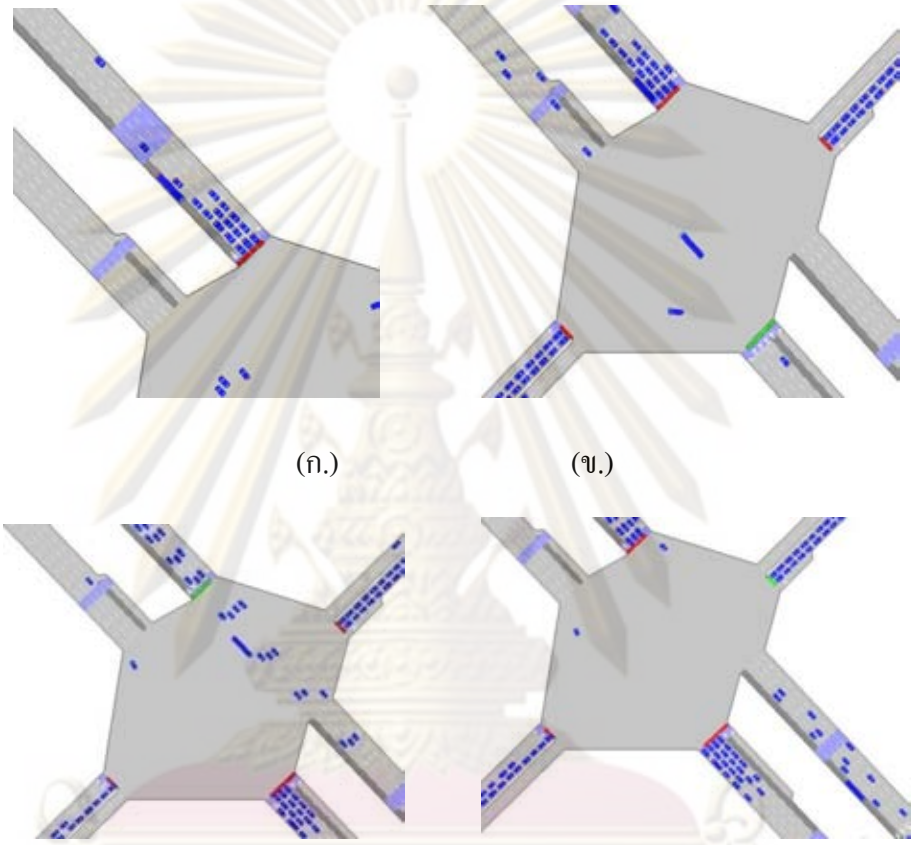
จากรูปที่ 3-4 พบว่าจากเดิมที่สัญญาณไฟในช่วงสัญญาณไฟที่ 1 (signal 1) ที่กำหนดให้เป็นช่วงสัญญาณไฟของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ มีระยะเวลารวม 20 วินาทีได้ถูกแบ่งออกเป็นช่วงสัญญาณไฟ 3 ช่วงอย่างละประมาณ 7 นาที โดยแต่ละช่วงอยู่ระหว่างช่วงสัญญาณอื่นๆ วิธีนี้จะลดเวลาคอยสัญญาณไฟของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ โดยไม่มีการใช้เทคโนโลยีเข้ ามาช่วยในการตรวจจับรถโดยสาร ทำให้ไม่สามารถเปิดสัญญาณไฟแก่รถโดยสารตามความเป็นจริงได้ แต่มีข้อดีของวิธีนี้คือการไม่จำเป็นต้องลงทุนมากนัก

วิธีที่ 2 วิธีการให้สิทธิ์โดยวิธี Active

การให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ณ ทางแยกที่ประกอบไปด้วยกระบวนการดังต่ อไปนี้ เมื่อรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเข้าสู่ทางแยกและถูกตรวจพบโดยตัวตรวจจับรถ มีการขอสัญญาณไฟแก่ทางแยก และมีการเปิดสัญญาณไฟสำหรับรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษในช่วงสัญญาณไฟดังกล่าวโดยข้ามช่วงสัญญาณไฟอื่นๆที่อยู่ก่อนหน้าถึงช่วงสัญญาณไฟที่ต้องการ และยกเลิกสัญญา ณไฟเมื่อรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษคันดังกล่าวออกจากทางแยกไป ซึ่งสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบได้ดังนี้

1. รถโดยสารเข้าสู่ทางแยกและผ่านตัวตรวจจับรถ
2. ตัวตรวจจับรถส่งสัญญาณถึงสัญญาณไฟเพื่อเตรียมเปิดสัญญาณไฟแก่รถโดยสารประจำทาง (รูปที่ 3-5 (ก.))
3. ระบบคำนวณวิธีการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารที่เหมาะสม (รูปที่ 3-5 (ข.))
4. ให้สิทธิ์แก่รถโดยสาร (รูปที่ 3-5 (ค.))

5. รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษออกจากทางแยกและผ่านตัวตรวจจับที่ 2
6. ตัวตรวจจับรถส่งสัญญาณให้หยุดการเปิดสัญญาณไฟแก่รถโดยสาร (รูปที่ 3-5 (ง.))
7. สิ้นสุดการดำเนินงาน



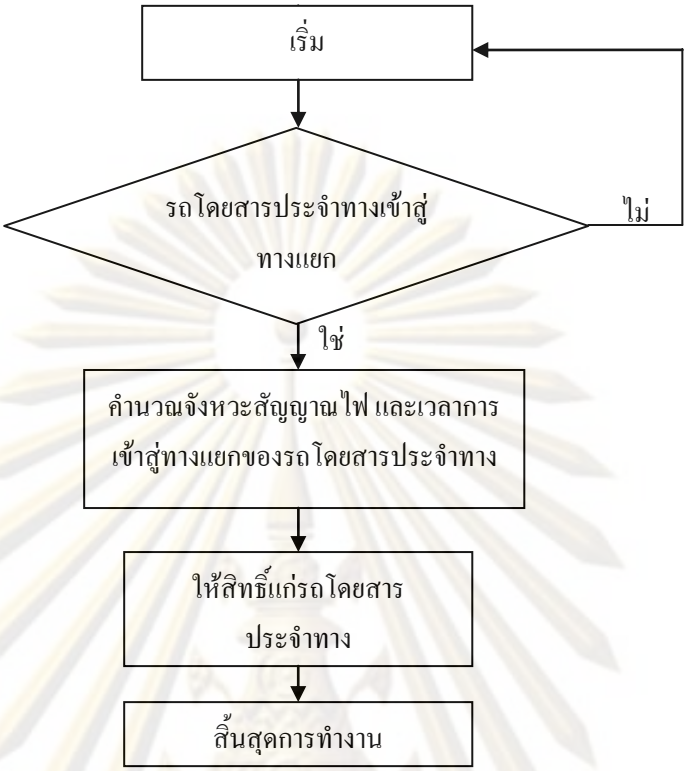
(ก.) (ข.)

(ค.) (ง.)

รูปที่ 3-5 แผนภาพการให้สิทธ์โดยวิธี Active

วิธีการจัดสัญญาณไฟแบบ Active อ้างอิงตามการเข้ามาของรถโดยสารประจำทาง ทำให้ตอบสนองต่อการลดความล่าช้าได้ดีกว่า แต่ถ้ามองในแง่ของตารางเวลานั้น การเปิดสัญญาณไฟแบบดังกล่าว อาจส่งผลดีหรือผลเสียก็ได้ เนื่องจากไม่มีการคำนึงถึงตารางเวลา อาจทำให้ไม่สามารถควบคุมเวลาในการเดินทางที่แน่นอนได้ ดังรูปที่ 3-6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

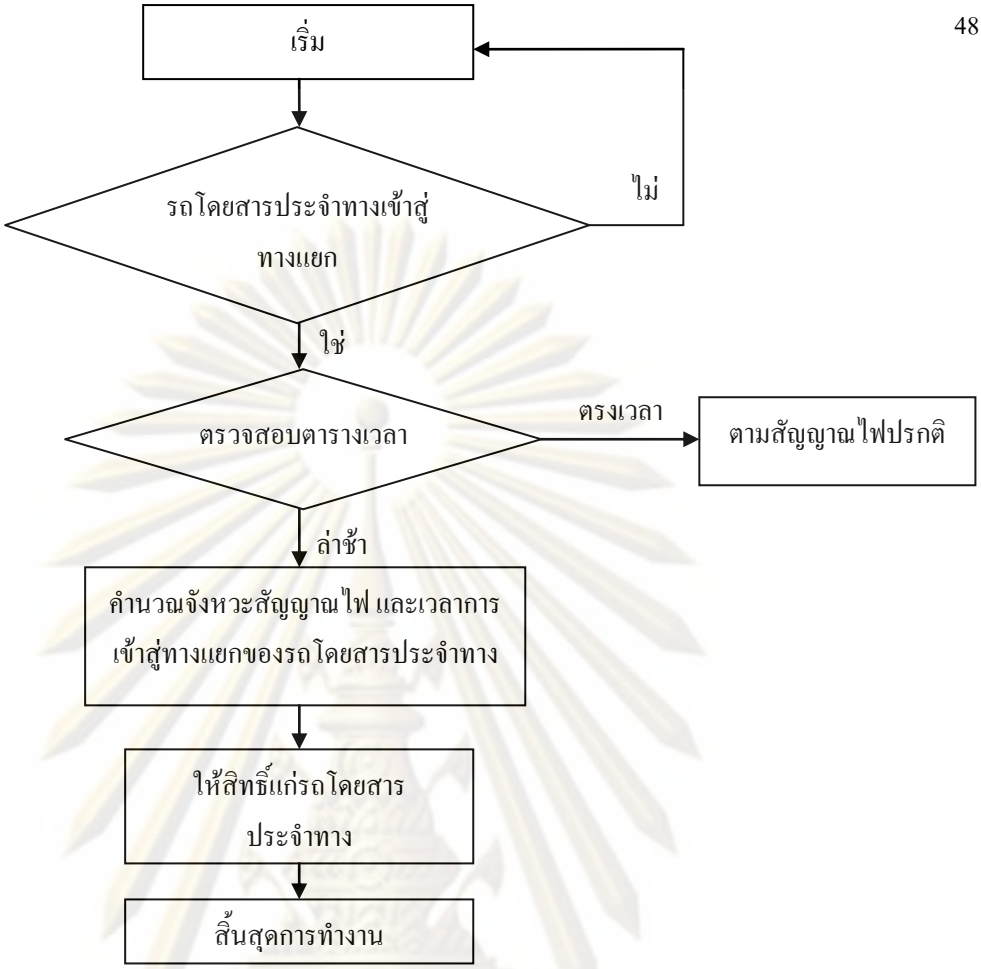


รูปที่ 3-6 แผนภาพการทำงานของวิธีการให้สิทธิ์โดยวิธี Active

วิธีที่ 3 วิธีการให้การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential (Conditional active)

วิธีการจัดการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential เป็นการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารที่เหมือนกับวิธี Active เพียงแต่เพิ่มเงื่อนไขในการให้สิทธิ์แก่รถโดยสาร โดยจะให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางก็ต่อเมื่อรถโดยสารประจำทางเมื่อมีความล่าช้าในตารางเวลาเท่านั้น วิธีนี้ทำให้การเดินทางของรถโดยสารมีความแน่นอนของการให้บริการในการเดินทางเพิ่มขึ้น ผิดกับ 2 วิธีแรกซึ่งทำเพียงแค่เปิดสัญญาณไฟโดยไม่คำนึงถึงผลกระทบด้านนี้เลย วิธีการทำงานสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3-7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-7 แผนภาพการทำงานของการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential

3.7 การใช้แบบจำลองจราจรเพื่อวิเคราะห์ผลของการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ

จากแบบจำลองการจราจรที่สร้างขึ้นสามารถจำลองสภาพจราจรบนโครงข่ายถนนและการเดินรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบจำลองการจราจรดังกล่าวเพื่อประมวลผลของการให้สิทธิ์รถโดยส ารประจำทางด่วนพิเศษ ทั้งนี้เนื่องจากสภาพจราจรบนโครงข่ายถนนที่ศึกษามีความแตกต่างกันตลอดวัน การศึกษาครั้งนี้จึงเลือกเวลาที่วิเคราะห์หาผลกระทบของการให้สิทธิ์รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษออกเป็น 3 ช่วงเวลา อันได้แก่ ช่วงเวลาเช้า (7.00 น. – 9.00 น.) ช่วงเวลาเย็น (17.00 น. – 19.00 น.) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีจราจรหนาแน่น และช่วงเวลาสาย (9.00 – 11.00น.) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีจราจรไม่หน่าแน่น โดยในการจำลองได้จำลองสถานการณ์เป็นจำนวนหลายๆครั้ง (ในที่นี้ 10 ครั้ง) เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของผลการจำลอง จากนั้นเก็บผลของการให้สิทธิ์รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ที่มีต่อการเดินรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ และสภาพจราจรของโครงข่ายโดยรวม ดังนี้

1. ความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่เกิดขึ้น ณ ทางแยกสัญญาณไฟ เป็นตัวชี้วัดถึงความเร็วในการเดินทางของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ และยังส่งผลทางอ้อมต่อการเดินทางตามกันของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษอีกด้วย

2. ค่าความแน่นอนของเวลาในการเดินทาง ซึ่งเป็นค่าแสดงการกระจายตัวของเวลาในการเดินทางของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ทำให้เห็นความแน่นอนของเวลาในการเดินทาง ซึ่งเป็นค่าหนึ่งที่สำคัญสำหรับการชี้วัดประสิทธิภาพของการเดินทางของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ สามารถหาได้จากค่าความแตกต่างของค่าระยะห่าง (Headway) ของการมาถึงสถานีของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษในแต่ละจุดของสถานการณ์

3. ความล่าช้าของการจราจรบริเวณรอบข้างในบริเวณทางแยกสัญญาณไฟ ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับจราจรเมื่อมีการเดิน รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ค่าความล่าช้าโดยทั่วไปคือค่าเวลาในการเดินทางที่เกิดขึ้นเทียบกับค่าของเวลาในการเดินทางที่ควรใช้หากไม่เกิดการติดขัดของสภาพจราจรหรือจากการควบคุมอื่น

4. ค่าเวลาในการเดินทางของผู้ เดินทาง จากจุดประสงค์หลักของรถโดยสารประจำทางทั่วไปนั้น ถึงต้องการขนส่งผู้โดยสาร ดังนั้น ค่าเวลาในการเดินทางของผู้เดินทางจึงเป็นอีกค่าหนึ่งที่สำคัญในการวัดประสิทธิภาพของรถโดยสารประจำทาง โดยหาได้จาก เวลาในการเดินทางของผู้เดินทางโดยวิธีการเดินทางต่างๆรายคน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

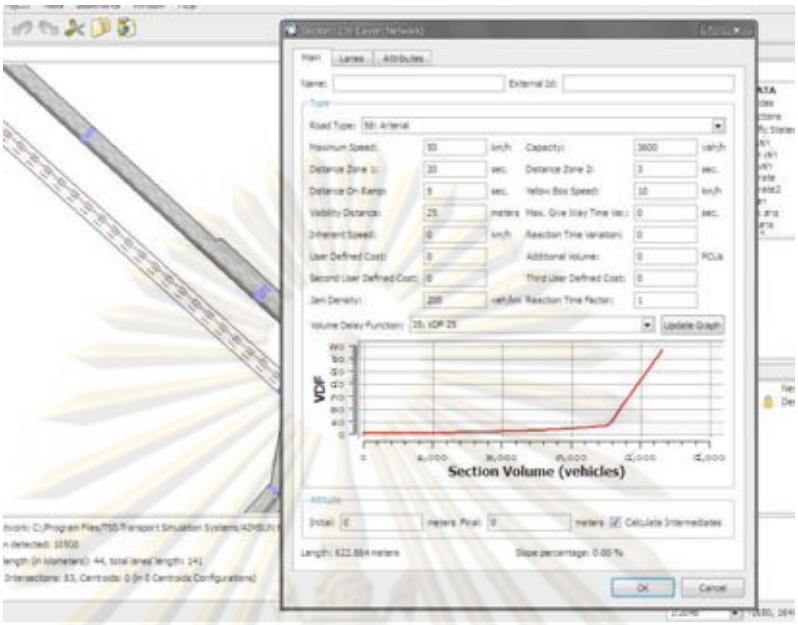
การพัฒนาแบบจำลองจราจร

4.1 การสร้างโครงข่ายในแบบจำลอง

การสร้างโครงข่ายของถนนและเส้นทางการเดินรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษในแบบจำลองจราจรนั้นข้อมูลส่วนแรกที่ใช้คือ แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศซึ่งหาได้จากโปรแกรม google earth (รูป 4-1) โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลอ้างอิงโครงข่ายถนนบนพื้นที่ศึกษา ซึ่งจำเป็นต้องปรับขนาดให้ตรงตามขนาดจริงของแบบจำลอง ดังรูปที่ 4-1

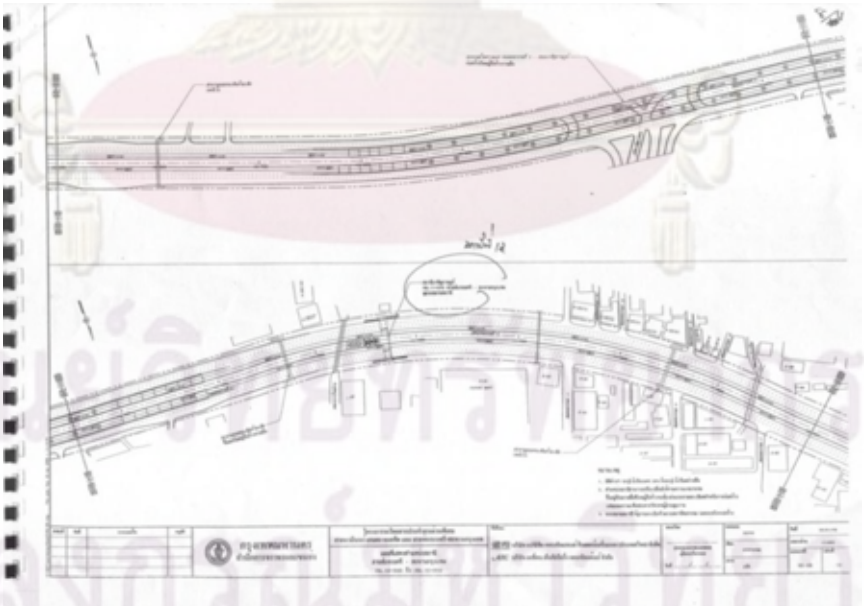
รูปที่ 4-1 รูปพื้นที่การศึกษา (http://maps.google.co.th, Online)

หลังจากสร้างโครงข่าย รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ อย่างหยาบโดยใช้แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศแล้ว จากนั้นจึงปรับโครงข่ายถนนตามการสำรวจภาคสนาม เช่น จำนวนช่องจราจร การกำหนดความเร็ว ตำแหน่งจุดจอดรับส่งผู้โดยสาร เป็นต้น ตัวอย่างการปรับคุณลักษณะ และลักษณะทางกายภาพของถนน แสดงในรูปที่ 4-2



รูปที่ 4-2 การปรับคุณลักษณะของช่องจราจร

ต่อจากนั้นจึงใส่รายละเอียดของการเดินรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ โดยจะได้รายละเอียดจากแบบของโครงการ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ เช่น ขนาดของช่องจราจร เส้นทางเดินรถของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ เป็นต้น (รูปที่4-3)



รูปที่ 4-3 ตัวอย่างแบบโครงข่ายรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (กทม., สจส., 2552)

หลังจากปรับรายละเอียดของโครงข่ายให้มีความสมบูรณ์แล้ว จะได้โครงข่าย รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่สมบูรณ์ ซึ่งใช้ในการศึกษาในงานวิจัยนี้ดังรูปที่ 4-4

รูปที่ 4-4 โครงข่ายรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษในแบบจำลองหลังจากสร้างเสร็จแล้ว

4.2 การปรับแก้แบบจำลอง

การปรับแก้แบบจำลองทำโดยใช้วิธีการปรับแก้โดยอ้างอิงจาก Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Software 2004 (Dowlingและคณะ, 2003) โดยแบ่งการปรับแก้เป็น 2 ส่วนดังนี้

1. การปรับแก้ความสามารถในการรองรับของถนน (Capacity calibration)

การปรับแก้นี้เปรียบเทียบค่าความสามารถในการรองรับของถนนในแต่ละทางแยกที่สนใจ ซึ่งประกอบไปด้วยทางแยกสำคัญ 4 ทางแยกคือ แยกนราธิวาสตัดกับถนนจันทร์ แยกรัชดาภิเษกตัดกับนราธิวาส แยกพระราม 3 ตัดกับนราธิวาส และแยกรัชดาภิเษกตัดกับราชพฤกษ์ โดยปรับค่าพฤติกรรมการขับขี่และคุณลักษณะของผู้ขับขี่ ได้แก่เวลาตอบสนองที่จุดหยุด (Reaction time at stop) และ ความเร็วขณะออกจากแถวคอย (Queue leaving speed) ให้ความสามารถในการเคลื่อนตัวในแบบจำลองใกล้เคียงกับการเคลื่อนตัวในภาคสนาม

การปรับแก้เริ่มต้นจากการเก็บข้อมูลภาคสน ามโดยเก็บข้อมูลค่าระยะห่าง (Headway) ของการมาถึงสถานีของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษของรถที่จุด Stop line เพื่อหากระแสจราจรอิ่มตัวของการจราจรในทิศทางดังกล่าว แล้วจึงนำมาคำนวณหาความสามารถในการ

รองรับการจราจรของทางแยก ซึ่งการเก็บข้อมูลได้เก็บข้อมูลในวันที่ 2 กันยายน 2552 โดยการเก็บข้อมูลได้เลือกจราจรทิศทางที่มีปริมาณรถมากที่สุด เพื่อให้เห็นถึงกระแสจราจรอิ่มตัวได้เด่นชัดที่สุด ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4-1 ความสามารถในการรองรับจราจรจากการเก็บข้อมูลภาคสนาม

ทางแยก	ความสามารถในการรองรอบของการจราจรของทุกช่องจราจร (คัน/ชั่วโมง)
จันทร์ตัดนราธิวาส	1667
รัชดาภิเษก ตัดนราธิวาส	1728
พระราม 3 ตัดนราธิวาส	1650

จากนั้นจึงเก็บข้อมูลในแบบจำลอง โดยสร้างตัวตรวจจับ (Detecor) ไว้ที่เส้น stop line แล้วใส่ข้อมูลเข้าทางแยกจำนวนหนึ่ง เพื่อให้แบบจำลองเกิดแถวคอยขึ้น ตามข้อกำหนดของคู่มือ Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Software 2004 (Dowlingและคณะ,2003) ที่ระบุว่าต้องมีแถวคอยขณะรอสัญญาณไฟเขียวอย่างน้อย 10 คัน หลังจากนั้นจึงจำลองจราจรเพื่อเก็บค่ากระแสจราจรอิ่มตัวจากแบบจำลองโดยจำลองเป็นจำนวน 6 ครั้งเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นมากกว่าหรือเท่ากับ 95%

การปรับแก้เลือกปรับเปลี่ยนค่าพฤติกรรมผู้ขับขี่คือ Reaction time at stop และ Queue leaving speed ซึ่งเป็นค่าพฤติ กรรมที่ส่งผลต่อกระแสจราจรอิ่มตัวได้ชัดเจนที่สุด โดย Reaction time at stop คือเวลาที่ผู้ขับรถใช้ตัดสินใจที่จะออกรถหลังจากรถหยุดที่ทางแยกหรือจุดหยุดอื่นๆ ส่วน Queue leaving speed คือค่าความเร็วที่ผู้ขับรถใช้ตัดสินใจว่าเมื่อความเร็วถึงความเร็วดังกล่าว ผู้ขับรถจะออกจากสภาพขับในแถวคอยสู่การวิ่งแบบปรกติ

การปรับแก้เริ่มจากการกำหนดขอบเขตค่าพฤติกรรมผู้ขับขี่เริ่มต้นซึ่งมีค่าที่มีความพิสัยของค่ามากพอ หลักจากนั้นจึงหาค่า Mean Square Error (MSE) ดังที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 และหาค่าตัวแปร Reaction time at stop และ ค่า Queue leaving speed ใหม่จากสมการที่ 4-1และ4-2

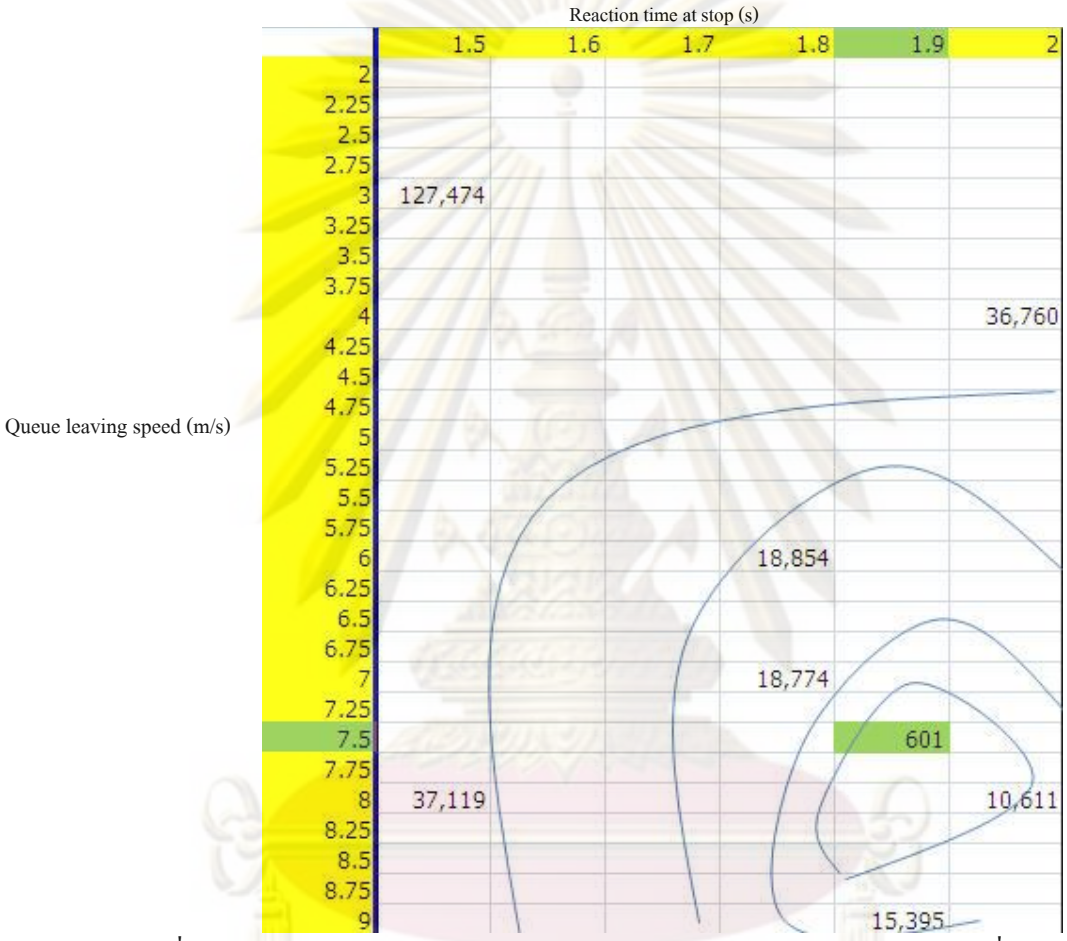
$$x_1 = \min + 0.382 \times (\max - \min) \qquad \text{สมการที่ 4-1}$$

$$x_2 = \min + 0.618 \times (\max - \min) \qquad \text{สมการที่ 4-2}$$

โดยที่ x_1, x_2 คือ ค่าขอบเขตของพฤติกรรมผู้ขับขี่ใหม่

$\min, \max$ คือ ค่าขอบเขตของพฤติกรรมผู้ขับขี่เดิมที่

โดยหาค่า MSE ที่ต่ำที่สุดโดยการเปลี่ยนแปลงชุด parameter ทั้งหมด 13 ชุด parameter ซึ่งปรับแก้โดยใช้ตัวแปรทั้ง 2 ตัวพร้อมกัน จึงต้องใช้วิธีวาดเส้นความสูงเพื่อหาค่าต่ำที่สุดของ MSE ซึ่งได้ค่า MSE น้อยที่สุดเท่ากับ 601 ซึ่งมากจากชุด parameter ที่มีค่า Reaction time at stop = 1.9 วินาที และ Queue Leaving speed = 7.5 เมตรต่อวินาที ดังรูป 4-5



รูปที่ 4-5 การหาค่า MSE โดยใช้ Reaction time at stop และ Queue leaving speed ที่เหมาะสม

2. การปรับแก้ตัววัดประสิทธิภาพ (Measure of efficiency calibration)

การปรับแก้นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมีค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุด ในการปรับแก้สามารถทำได้โดยเปรียบเทียบค่าความยาวแถวคอย (Queue length) ที่เกิดขึ้นจริงบนทางแยก 3 แห่งคือ แยกนราธิวาสตัดกับถนนจันทร์ แยกนราธิวาสตัดกับรัชดาภิเษก และแยกพระราม3ตัดกับนราธิวาส โดยเปรียบเทียบกับค่าความยาวแถวคอยที่เกิดจากการจำลอง ทางแยกดังกล่าวกับข้อมูลความยาวแถวคอยที่เก็บในช่วงเวลาเดียวกันในภาคสนาม

การปรับแก้นี้ทำโดยปรับค่าพฤติกรรมผู้ขับขี่ที่เกี่ยวข้องกับความยาวแถวคอย ซึ่งก็คือ Queue-up speed หรือค่าความเร็วที่ผู้ขับรถจะตัดสินใจเปลี่ยนสถานะจากการขับรถภายใต้สถานการณ์ปรกติเป็นการขับรถภายใต้สถานการณ์ที่มีแถวคอย หลังจากการปรับแก้ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการปรับแก่โดย Queue - up speed

Queue-up Speed (m/s)	MSE
0	1.546195
1	2.098558
2	2.692639

ข้อมูลจากตารางที่ 4-2 แสดงให้เห็นว่า ค่า MSE ของค่าความยาวแถวคอยเฉลี่ยเมื่อมีการเปลี่ยนค่าพฤติกรรมผู้ขับขี่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้ค่า Queue-up Speed ที่ 0 เมตรต่อวินาทีจึงได้ค่าที่ MSE ที่ต่ำที่สุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าพฤติกรรมผู้ขับขี่ Queue-up speed ที่เหมาะสมที่สุดคือ 0 เมตรต่อวินาที แสดงว่าผู้ขับขี่ตัดสินใจเปลี่ยนสถานะจากการขับรถแบบปรกติเป็นการขับรถที่อยู่ในแถวคอย เมื่อความเร็วเท่ากับ 0 เมตรต่อวินาที หลังจากการปรับแก้แล้วจึงได้แบบจำลองการจราจรที่มีสภาพจรารใกล้เคียงกับสภาพจราจรภาคสนามโดยสามารถสรุปได้ในตารางที่ 4-3

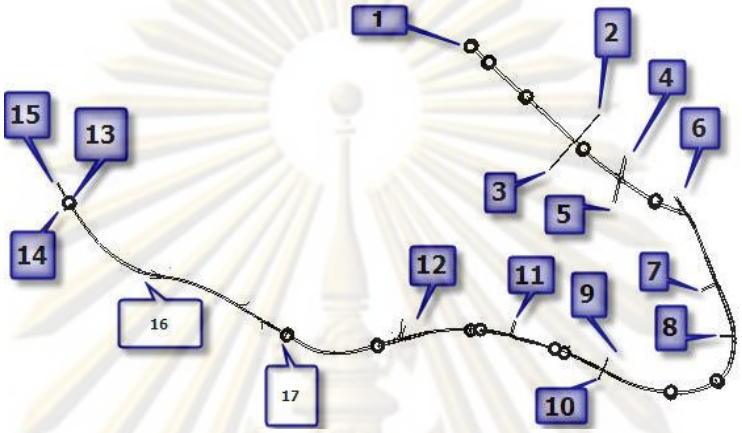
ตารางที่ 4-3 ผลสรุปของการปรับแก้แบบจำลอง

ค่าพฤติกรรมผู้ขับขี่	หน่วย	ค่าเริ่มต้น	ค่าเมื่อปรับแก้
Reaction time at stop	วินาที	1.35	1.9
Queue leaving speed	เมตร/วินาที	4	7.5
Queue-up speed	เมตร/วินาที	1	0

4.3 ข้อมูลการจราจร

ข้อมูลจราจรประกอบไปด้วย ข้อมูลสัดส่วนประเภทยานพาหนะรถซึ่งแบ่งเป็น รถยนต์ รถตู้/รถปิ๊กอัพ และรถบรรทุก ข้อมูลปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางแยก และข้อมูลสัดส่วนการเลี้ยวในแต่ละทางแยก ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะใช้ข้อมูลทุติยภูมิของ สำนักงานจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร ที่เก็บในปี 2550

ในการนำใส่ข้อมูลเข้าสู่แบบจำลองจราจรนั้น สามารถกำหนดจุดที่มีรถเข้าได้ทั้ งสิ้น 17 จุด ดังแสดงในรูป 4-6 โดยจุดที่ 16 และ 17 เป็นจุดโปรงเนื่องจากเป็นปริมาณจราจรที่กำหนดขึ้น เพื่อให้แยกรัชดาภิเษกตัดราชพฤกษ์มีปริมาณจราจรเข้าสู่ทางแยกตามความจริง



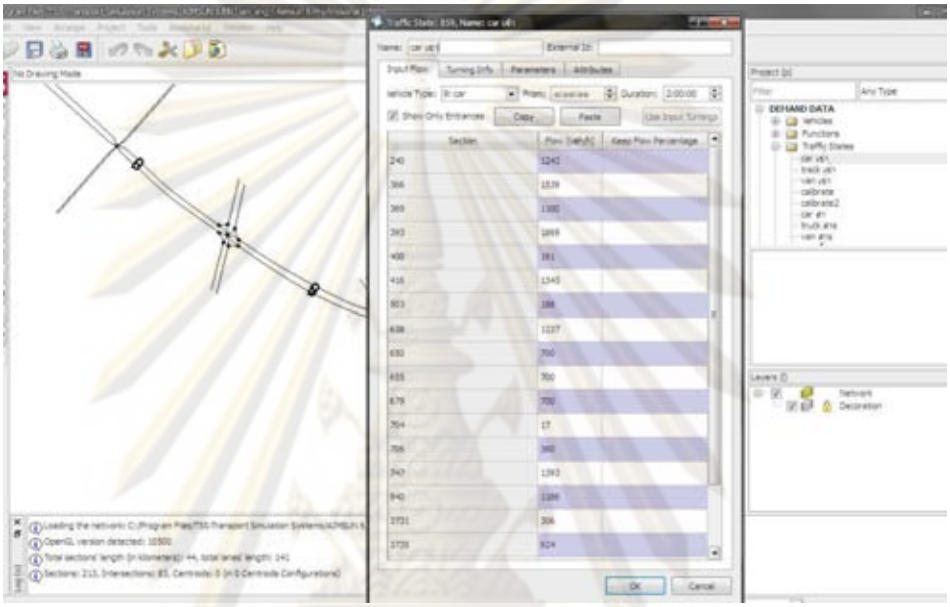
รูปที่ 4-6 ตำแหน่งของการนำใส่ปริมาณจราจรในแบบจำลอง

ปริมาณรถที่เข้าสู่ทางแยกจากข้อมูลสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4-4 ปริมาณรถยนต์ในแต่ละช่วงเวลา

	ปริมาณจราจร (คัน/ชั่วโมง)								
	รถยนต์ส่วนบุคคล			รถตู้			รถขนาดใหญ่		
Origin	7.00 - 9.00	9.00 - 11.00	17.00 - 19.00	7.00 - 9.00	9.00 - 11.00	17.00 - 19.00	7.00 - 9.00	9.00 - 11.00	17.00 - 19.00
1	1243	1265	2501	297	60	702	16	21	11
2	306	354	683	297	133	167	8	19	11
3	924	538	700	370	316	308	18	26	17
4	1100	1224	2610	469	529	767	8	52	12
5	1539	1221	2179	467	574	933	33	71	58
6	1374	1055	1338	888	1067	1077	26	39	130
7	1869	813	1567	980	760	932	82	230	159
8	191	124	175	112	120	156	13	20	5
9	360	289	2300	160	190	1574	4	22	81
10	17	20	17	15	17	20	8	17	4
11	1393	1201	3328	646	816	1389	46	98	60
12	1137	746	1995	576	661	869	50	83	57
13	528	1022	1535	212	377	421	16	148	18
14	1242	505	1777	565	657	1336	31	254	71
15	1343	1135	2049	503	684	1951	8	25	71
16	300	100	100	70	50	70	15	10	15
17	400	200	200	50	30	50	1	2	1

เมื่อได้ข้อมูลปริมาณจราจรพร้อมแล้วจึงใส่ข้อมูลดังกล่าวเข้าไปในแบบจำลองจราจรที่ทำขึ้นดังรูปที่ 4-7 โดยปรกติโปรแกรม AIMSUN สามารถใส่ข้อมูลได้ทั้ง 2 รูปแบบคือ แบบ O/D matrix และ แบบ Traffic state โดยในการวิจัยนี้ใช้แบบ Traffic state ซึ่งเป็นปริมาณจราจรบน ช่องจราจร ซึ่งมีความเหมาะสมกับข้อมูลทุติยภูมิที่ได้มากกว่า

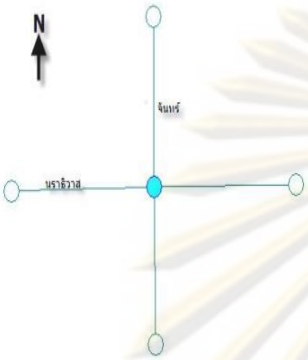


รูปที่ 4-7 การนำเข้าข้อมูลจราจรในแบบจำลองจราจร

4.4 ข้อมูลการควบคุมสัญญาณไฟ

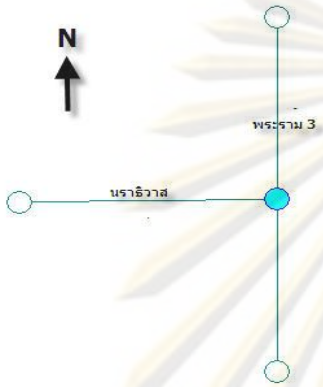
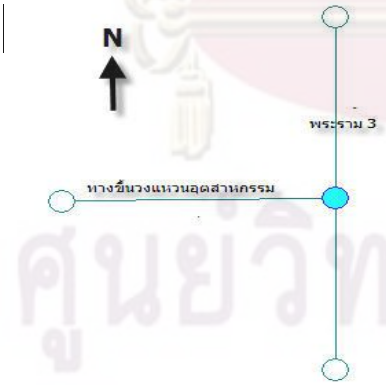
ข้อมูลหลักประการสุดท้ายที่จำเป็นต้องนำเข้าในแบบจำลองการจราจร ได้แก่ข้อมูลการควบคุมการจราจร ซึ่งในแบบจำลองการจราจร สามารถจำลองการควบคุมการจราจรไม่ว่าเป็นการควบคุมโดยใช้สัญญาณไฟ และการควบคุมโดยใช้สัญญาณป้าย สำหรับโครงข่ายถนนที่ศึกษาครั้งนี้ครอบคลุมทางแยกที่ ควบคุมโดยใช้สัญญาณไฟ จำนวนทั้งสิ้น 9 แห่ง โดยปัจจุบันการควบคุมสัญญาณไฟในพื้นที่ศึกษาจะควบคุมโดยพนักงาน (Manual) แต่ว่าการนำเอารถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ เข้ามาใช้ จำเป็นต้องมีระบบควบคุมสัญญาณไฟแบบอัตโนมัติ ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ข้อมูลของการควบคุมสัญญาณไฟปัจจุบันเข้ามาใช้ได้ ดังนั้นจึงใช้โปรแกรม SYNCHRO ในการตั้งสัญญาณไฟใหม่ตามข้อมูลปริมาณจราจรที่เกิดขึ้น เพื่อให้ได้วิธีควบคุมสัญญาณไฟที่ดีที่สุดของแต่ละทางแยก โดยมีรายละเอียดของข้อมูลดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 การตั้งสัญญาณไฟของแต่ละทางแยก

ชื่อทางแยก	ช่วงเวลา	จังหวะสัญญาณไฟ (1)	ระยะเวลา	
			Without BRT	With BRT
จันทร์ตัดนราธิวาส 	7.00 - 9.00	EBT,WBT	35	35
		SBT,SBR	20	20
		NBT,NBR	45	45
	9.00 - 11.00	EBT,WBT	33	49
		SBT,SBR	25	30
		NBT,NBR	42	51
	17.00 - 19.00	EBT,WBT	57	69
		SBT,SBR	37	31
		NBT,NBR	36	30
รัชดาภิเษกตัดนราธิวาส	7.00 - 9.00	EBT,WBT	23	27
		SBT,SBR	34	32
		NBT,NBR	43	41
	9.00 - 11.00	EBT,WBT	26	41
		SBT,SBR	36	43
		NBT,NBR	38	46
	17.00 - 19.00	EBT,WBT	42	48
		SBT,SBR	55	51
		NBT,NBR	33	31

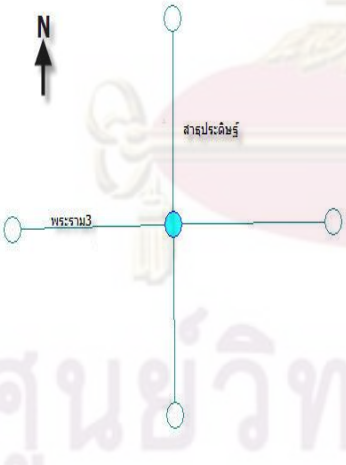
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 4-5 การเปิดสัญญาณไฟของแต่ละทางแยก (ต่อ)

ชื่อทางแยก	ช่วงเวลา	จังหวะสัญญาณไฟ (1)	ระยะเวลา	
			Without BRT	With BRT
พระราม3ตัดนราธิวาส 	7.00 - 9.00	EBR	22	29
		SBT,SBR	25	24
		NBT	53	47
	9.00 - 11.00	EBR	24	41
		SBT,SBR	32	39
		NBT	44	50
	17.00 - 19.00	EBR	37	50
		SBT,SBR	34	32
		NBT	59	48
ทางขึ้นวงแหวนอุตสาหกรรม 	7.00 - 9.00	EBR	36	48
		SBT,SBR	43	43
		NBT	21	21
	9.00 - 11.00	EBR	27	27
		SBT,SBR	70	70
		NBT	33	33
	17.00 - 19.00	EBR	21	21
		SBT,SBR	81	81
		NBT	28	28

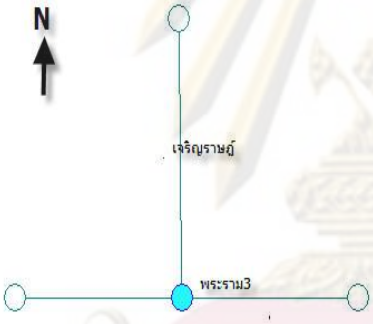
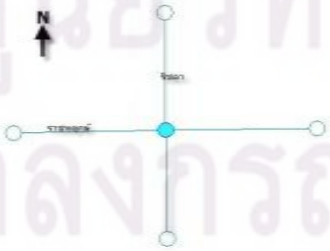
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 4-5 การเปิดสัญญาณไฟของแต่ละทางแยก (ต่อ)

ชื่อทางแยก	ช่วงเวลา	จังหวะสัญญาณไฟ (1)	ระยะเวลา	
			Without BRT	With BRT
ถนนตัดใหม่	7.00 - 9.00	EBR	21	21
		SBT,SBR	39	39
		NBT	41	41
	9.00 - 11.00	EBR	20	20
		SBT,SBR	51	51
		NBT	59	59
	17.00 - 19.00	EBR	21	21
		SBT,SBR	41	41
		NBT	68	68
สาธุประดิษฐ์ตัดพระราม3 	7.00 - 9.00	SBR,SBT	27	27
		NBR,NBT	23	23
		EBR,WBR	30	30
		EBT,WBT	20	20
	9.00 - 11.00	SBR,SBT	25	25
		NBR,NBT	35	35
		EBR,WBR	41	41
		EBT,WBT	29	29
	17.00 - 19.00	SBR,SBT	28	28
		NBR,NBT	32	32
		EBR,WBR	41	41
		EBT,WBT	29	29

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 4-5 การเปิดสัญญาณไฟของแต่ละทางแยก (ต่อ)

ชื่อทางแยก	ช่วงเวลา	จังหวะสัญญาณไฟ (1)	ระยะเวลา	
			Without BRT	With BRT
แยกด่านพระราม3	7.00 - 9.00	SBR	28	28
		WBR, WBT	24	24
		EBT	48	48
	9.00 - 11.00	SBR	38	38
		WBR, WBT	28	28
		EBT	64	64
	17.00 - 19.00	SBR	56	56
		WBR, WBT	36	36
		EBT	38	38
แยกเจริญราษฎ์ตัดพระราม3 	7.00 - 9.00	SBR	34	34
		WBR, WBT	30	30
		EBT	36	36
	9.00 - 11.00	SBR	30	30
		WBR, WBT	42	42
		EBT	58	58
	17.00 - 19.00	SBR	47	47
		WBR, WBT	51	51
		EBT	32	32
แยกรัชดาภิเษกตัดราชพฤกษ์ 	7.00 - 9.00	SBT,NBT	37	43
		NBR,SBR	27	30
		WBR.EBR	43	37
	9.00 - 11.00	SBT,NBT	36	59
		NBR,SBR	20	20
		WBR.EBR	44	51
	17.00 - 19.00	SBT,NBT	58	69
		NBR,SBR	25	20
		WBR.EBR	47	41

หมายเหตุ 1 NB, SB, EB, WB คือการบอกทิศทางการวิ่งของรถ ส่วน T คือวิ่งตรงไป และ R คือ เลี้ยวขวา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 ข้อมูลรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ

ข้อมูลรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเป็นข้อมูลในส่วนของโครงการ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ซึ่งประกอบไปด้วย เส้นทางการเดิน รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ความถี่ในการให้บริการ ความเร็วเฉลี่ยของรถโดยสาร ขนาดความจุของรถโดยสาร

เส้นทางเดิน รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ เริ่มตั้งแต่บริเวณแยกสาทรไปตลอดถนนนราธิวาส หลังจากนั้นจึงเลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนพระราม 3 ซึ่งเส้นทางจะผ่านถนนพระราม 3 จนถึงสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา แล้วจึงเข้าสู่ถนนรัชดาภิเษก และไปสิ้นสุดเส้นทางที่ถนนราชพฤกษ์ ดังรูปที่ 4-8

สำหรับข้อมูลการหยุดของรถบีอาร์ที อ้างอิงตามปริมาณผู้ใช้บริการในแต่ละสถานีจากการคาดการณ์ของบริษัท PCBK โดยกำหนดให้ 1 คนใช้เวลาในการขึ้นรถ 1 วินาที

รูปที่ 4-8 เส้นทางเดินรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (www.bankokbrt.com, Online)

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-6 ข้อมูลตัวรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ

ข้อมูล	ค่า	หน่วย
ความยาวรถ	18	เมตร
ความจุรถ	80	คน
ความเร็วรถเฉลี่ย	30	กม./ชม.
อัตรการให้บริการ		
- ชั่วโมงเร่งด่วน	5	นาที/คัน
- นอกชั่วโมงเร่งด่วน	10	นาที/คัน

4.6 ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ

ระบบการให้สิทธิ์แก่ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษในการวิจัยนี้ โดยสารแบ่งออกเป็น 3 วิธี โดย 2 วิธีใช้ AIMSUN API ในการสร้างระบบ ส่วนอีก 1 วิธีอาศัยการตั้งสัญญาณไฟธรรมดาในการสร้างระบบ ซึ่งสามารถอธิบายวิธีการสร้างได้ดังนี้

1. วิธี Passive

ระบบการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive อาศัยการจัดสัญญาณไฟโดยเปลี่ยนสัญญาณไฟจากแบบเดิมเป็นสัญญาณไฟแบบกระจายช่วงจังหวะสัญญาณ ซึ่งแบ่งช่วงสัญญาณไฟออกเป็นส่วนๆส่วนละเท่าๆกัน แล้วแต่จำนวนช่วงจังหวะสัญญาณไฟที่ทางแยกและกระจายสัญญาณไฟที่แบ่งออกไป อยู่ที่จังหวะสัญญาณไฟอื่นๆ ดังตารางที่ 4-7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-7 แผนการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive priority

ชื่อทางแยก	ช่วงเวลา	จังหวะสัญญาณไฟ (1)	ระยะเวลา (s)
จันทร์ตัดนราธิวาส	7.00 - 9.00	EBT,WBT	17
		SBT,SBR	20
		EBT,WBT	18
		NBT,NBR	45
	9.00 - 11.00	EBT,WBT	25
		SBT,SBR	30
		EBT,WBT	24
		NBT,NBR	51
	17.00 - 19.00	EBT,WBT	34
		SBT,SBR	30
		EBT,WBT	35
		NBT,NBR	31
รัชดาภิเษกตัดนราธิวาส	7.00 - 9.00	EBT,WBT	13
		SBT,SBR	32
		EBT,WBT	14
		NBT,NBR	41
	9.00 - 11.00	EBT,WBT	21
		SBT,SBR	43
		EBT,WBT	20
		NBT,NBR	46
	17.00 - 19.00	EBT,WBT	24
		SBT,SBR	51
		EBT,WBT	24
		NBT,NBR	31

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

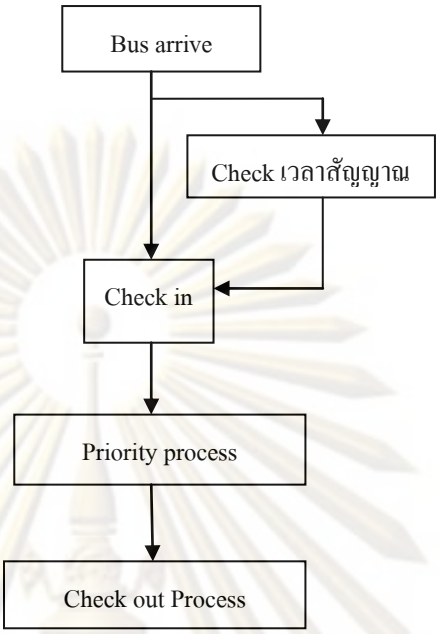
ตาราง 4-7 แผนการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive (ต่อ)

ชื่อทางแยก	ช่วงเวลา	จังหวะสัญญาณไฟ (1)	ระยะเวลา
พระราม3ตัดนราธิวาส	7.00 - 9.00	EBR	15
		SBT,SBR	24
		EBR	14
		NBT	47
	9.00 - 11.00	EBR	20
		SBT,SBR	29
		EBR	21
		NBT	51
	17.00 - 19.00	EBR	25
		SBT,SBR	32
		EBR	25
		NBT	32
แยกรัชดาภิเษกตัดราชพฤกษ์	7.00 - 9.00	SBT,NBT	43
		WBR,EBR	18
		SBR,NBR	30
		WBR,EBR	19
	9.00 - 11.00	SBT,NBT	59
		WBR,EBR	25
		SBR,NBR	20
		WBR,EBR	26
	17.00 - 19.00	SBT,NBT	69
		WBR,EBR	20
		SBR,NBR	20
		WBR,EBR	21

หมายเหตุ 1 NB, SB, EB, WB คือการบอกทิศทางการวิ่งของรถ ส่วน T คือวิ่งตรงไป และ R คือ เลี้ยวขวา

2. วิธี Active

ระบบการให้สิทธิ์โดยวิธี Active จำเป็นที่ต้องใช้ AIMSUN API เข้ามาช่วยในการสร้างระบบการให้สิทธิ์ โดยเขียนโปรแกรมภาษา C++ เพื่อสร้างระบบควบคุมสัญญาณไฟที่ต้องการลงไป โดยมีรายละเอียดการทำงานของระบบการให้สิทธิ์ดังแสดงในรูปที่ 4-9



รูปที่ 4-9 แผนการทำงานของการให้สิทธิ์โดยวิธี Active

จากรูปที่ 4-9 และ 4-10 เป็นแผนผังการทำงานทั้งหมดของระบบ API สำหรับการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางที่ใช้ในการวิจัยนี้ โดยเริ่มตั้งแต่เมื่อ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ เข้าสู่ทางแยก ระบบจะทำ 2 กระบวนการพร้อมกันคือ ตรวจสอบเวลาการเข้ามาของรถ และตรวจสอบสถานะของสัญญาณไฟ เพื่อมาคำนวณหาวิธีการให้สิทธิ์ที่เหมาะสมที่สุด โดยการคำนวณสถานะของสัญญาณไฟเริ่มจากตรวจสอบเวลาปัจจุบัน ($time_0$) ตรวจสอบช่วงจังหวะสัญญาณไฟปัจจุบัน (phase) และหาเวลาเริ่มต้นของจังหวะสัญญาณไฟดังกล่าว (Stime) จากนั้นจึงคำนวนเวลาที่เปิดสัญญาณไฟไปแล้ว (Cd) ซึ่งทั้งหมดนี้ทำให้เราทราบถึงเวลาที่ระบบจะเปิดสัญญาณไฟสำหรับเส้นทางของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษครั้งต่อไป (Tp) ดังสูตร

$$Tp = \sum_{i=phase}^{n} (d_i) - Cd$$ สมการที่ 4-3

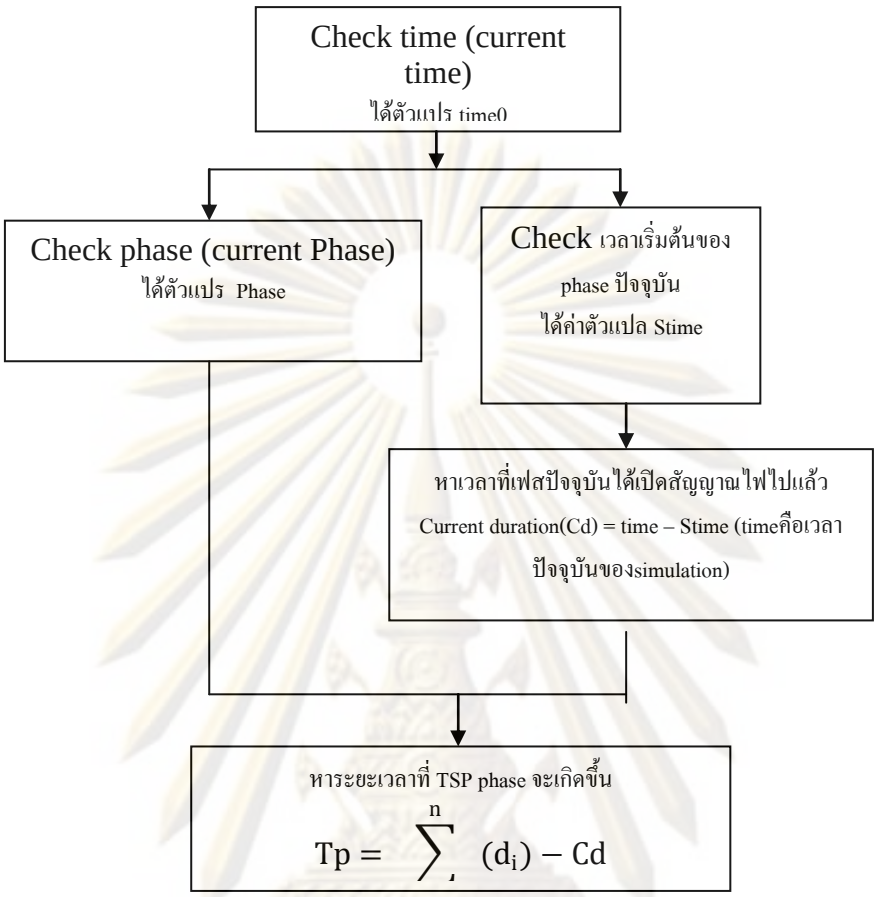
โดยที่ Tp คือ เวลาที่ระบบจะเปิดสัญญาณไฟสำหรับเส้นทางของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษครั้งต่อไป

Phase คือ จังหวะสัญญาณไฟปัจจุบัน

n คือ จำนวนจังหวะสัญญาณไฟทั้งหมด

d_i คือ เวลาสัญญาณไฟของจังหวะสัญญาณไฟ i

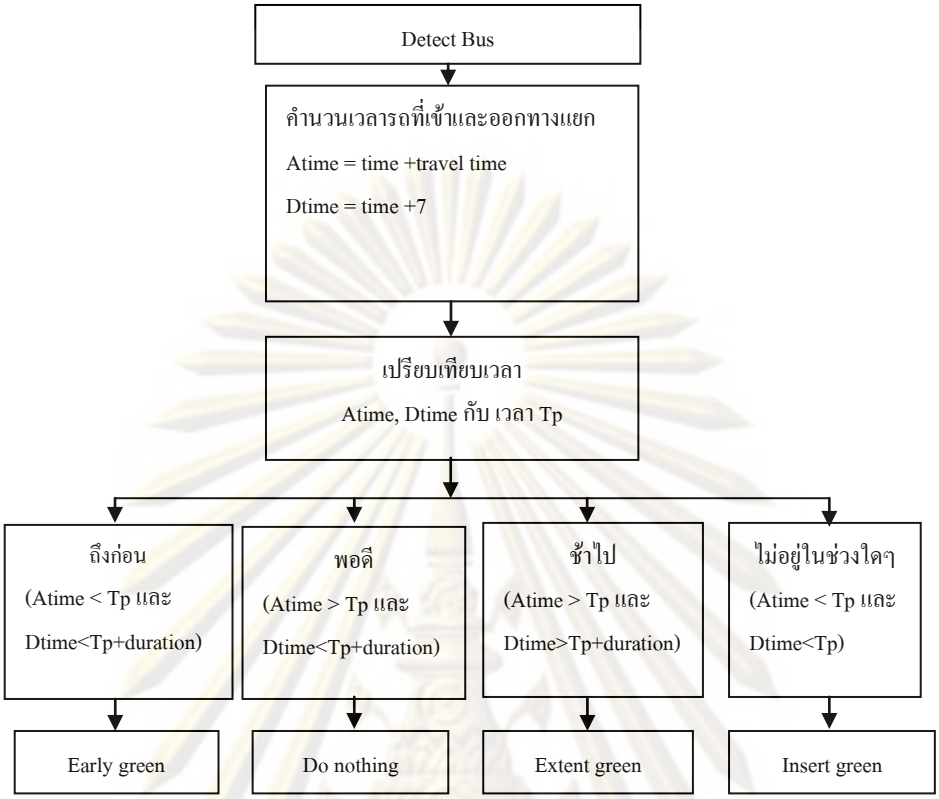
Cd คือ เวลาตั้งแต่เริ่มจังหวะสัญญาณไฟปัจจุบันจนถึงเวลาปัจจุบัน



รูปที่ 4-10 แผนผังการคำนวณหาช่วงเวลาที่มีสัญญาณไฟของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเกิดขึ้น

เมื่อทราบเวลาที่ระบบจะเปิดสัญญาณไฟแก่ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ในครั้งต่อไป ในระหว่างนั้นระบบก็คำนวณเวลาที่รถเข้าถึงทางแยกและเลือกลักษณะการให้สิทธิ์ที่เหมาะสมที่สุดต่อการมาของรถโดยสารประจำทาง กล่าวโดยสรุปคือเมื่อรถโดยสารประจำทางผ่านตัวตรวจวัด ระบบจะคำนวนว่าเมื่อรถเข้าสู่ทางแยกจะเป็นช่วงจังหวะสัญญาณไฟใด และทำการคำนวนหาวิธีให้สิทธิ์ที่ดีที่สุดสำหรับการเข้าสู่ทางแยกของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษครั้งดังกล่าว

จากรูปที่ 4-11 แสดงการคำนวณเวลาที่รถเข้ามาสู่ทางแยก โดยคำนวณเวลาปัจจุบันรวมเข้ากับเวลาในการเดินทางจากจุดอ้างอิงไปสู่ทางแยก และเปรียบเทียบกับเวลาในการเปิดสัญญาณไฟแก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 วิธีคือ



รูปที่ 4-11 แผนผังการลักษณะการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษภายใต้เงื่อนไขต่างๆ

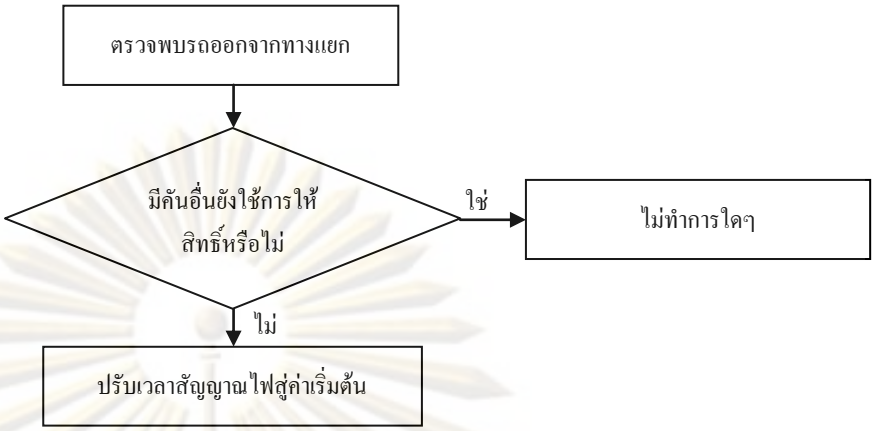
1. ถ้ารถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ถึงก่อนจังหวะสัญญาณไฟที่ต้องการ ระบบก็จะให้สิทธิ์ด้วย Early green กับสัญญาณไฟ โดยลดเวลาสัญญาณไฟของทุกจังหวะ ลงเท่ากับ (Tp-Atime)/จำนวนเฟส

2. ถ้ารถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเข้าสู่ทางแยกพอดีกับช่วงสัญญาณไฟ ระบบจึงปล่อยให้มีการเปิดสัญญาณไฟไปอย่างปรกติ

3. ถ้ารถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเข้าสู่ทางแยก ช้ากว่าการเปิดสัญญาณไฟเพียงเล็กน้อย ระบบจึงให้สิทธิ์ด้วย Extend green โดยเพิ่มระยะเวลาสัญญาณ ไฟของรถประจำทางเป็น duration + (Dtime-Tp)

4. ถ้าระบบเข้ามาบนทางแยก และไม่สัมพันธ์กับเวลาปัจจุบัน ก็จะให้สิทธิ์ด้วย Insert green โดยเปลี่ยนสัญญาณไฟเมื่อเวลา Tp เป็นระยะเวลา 7 วินาที

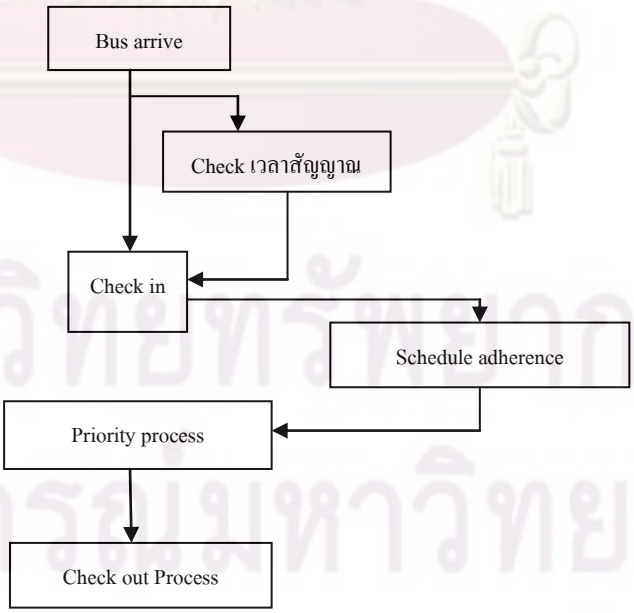
หลังจากมีการให้สิทธิ์เรียบร้อย ระบบจะตรวจสอบว่ารถออกจากทางแยกหมดหรือยัง เพื่อกลับไปใช้การเปิดสัญญาณไฟปรกติต่อไป (รูปที่ 4-12)



รูปที่ 4-12 แผนผังการทำงานเมื่อรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษออกจากทางแยก

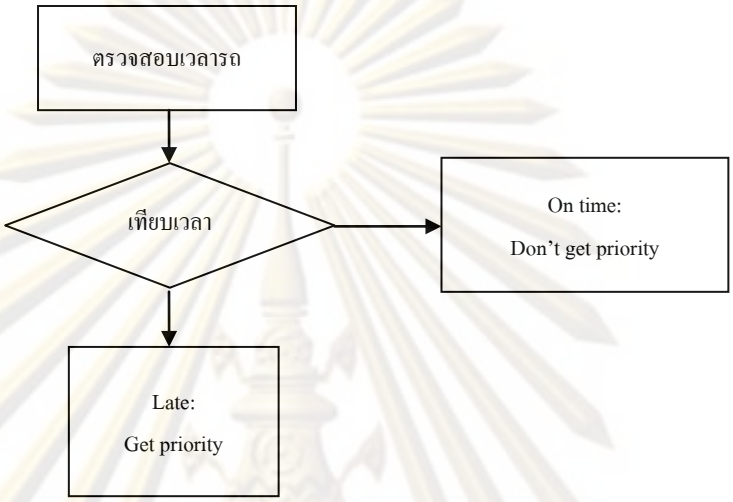
3. วิธี Conditional Active (Differential TSP)

การให้สิทธิ์โดยวิธีนี้มีลักษณะคล้ายคลึงกับระบบการให้สิทธิ์โดยวิธี Active ซึ่งต้องนำ AIMSUN API เข้ามาช่วยในการสร้างการให้สิทธิ์ในแบบจำลองจราจร ระบบการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารโดยตั้งเงื่อนไขว่าจะให้สิทธิ์แก่รถโดยสารที่มีความล่าช้าต่อตารางเวลาที่กำหนดเท่านั้น โดยจุดเปรียบเทียบเวลาของรถจะใช้สถานีรับส่งผู้โดยสารที่อยู่ใกล้ทางแยกเป็นจุดเปรียบเทียบตารางเวลา ซึ่ งการสร้างตารางเวลานั้น อ้างอิงตามอัตราการให้บริการของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ โดยมีขั้นตอนการทำงานของระบบแสดงในรูปที่ 4-13



รูปที่ 4-13 แผนผังการทำงานของการให้สิทธิ์ Conditional active (Differential)

จากรูปที่ 4-13 การให้สิทธิ์แบบ Differential มีการทำงานที่แตกต่างจากระบบ Active เล็กน้อย จากเดิมระบบทำการตรวจสอบเพียงการเข้ามาของรถและเวลาในการเปิดสัญญาณไฟเท่านั้น แต่วิธี Differential จะตรวจสอบตารางเวลาของรถโดยให้สิทธิ์เฉพาะรถที่เข้าสู่ทางแยกล่าช้ากว่าเวลาที่กำหนดไว้เท่านั้น ดังรูปที่ 4-14



รูปที่ 4-14 การตรวจสอบการตรงต่อเวลาของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ

หากรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษคันดังกล่าวเร็วกว่าตารางเวลา ระบบก็ไม่เปลี่ยนแปลงการเปิดสัญญาณไฟ แต่ถ้ารถคันดังกล่าว ล่าช้ากว่าตารางเวลา ระบบก็ให้สิทธิ์แก่รถดังกล่าว โดยมีขั้นตอนเหมือนกับการให้สิทธิ์โดยวิธี Active ทุกประการ

4.7 สรุป

การวิจัยนี้มีขั้นตอนในการวิจัยโดยเริ่มจากการสร้างแบบจำลองจราจรโดยโปรแกรม AIMSUN ข้อมูลที่สำคัญสำหรับการพัฒนาแบบจำลอง คือข้อมูลโครงข่ายของพื้นที่ศึกษาดังรูปที่ 4-1 ข้อมูลการควบคุมสัญญาณไฟดังตารางที่ 4-5 ข้อมูลรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษดังตารางที่ 4-6 และรูปที่ 4-8 หลังที่มีแบบจำลองที่สมบูรณ์แล้ว เพื่อให้การวิจัยนี้มีผลลัพธ์ที่คล้ายคลึงกับสภาพจริงจึงทำการปรับแก้แบบจำลองจราจรดังที่อธิบายในหัวข้อ 4.2

เมื่อแบบจำลองมีความสมบูรณ์และมีสภาพใกล้เคียงกับสภาพจริงแล้ว จึงเขียนโปรแกรมภาษา C++ เพื่อสร้างการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ดังอธิบายในหัวข้อ 4.6 และนำแบบจำลองจราจรสำหรับวิเคราะห์ประสิทธิภาพของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษมาวิเคราะห์ ซึ่งอธิบายต่อไปในบทที่ 5

บทที่ 5

ผลการวิเคราะห์การให้สิทธิ์รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ

จากการวิเคราะห์ผลด้วยแบบจำลองจราจร AIMSUN โดยจำลองจราจรสถานการณ์ทั้งหมด 5 สถานการณ์) (ดังที่อธิบายรายละเอียดในบทที่ 3) ในช่วงเวลาเช้า (7.00 – 9.00 น.) ช่วงเวลาสาย (9.00น. – 11.00 น.) และช่วงเวลาเย็น (17.00 -19.00 น.) เป็นจำนวนสถานการณ์ละ 10 ครั้งเพื่อให้ผลของการจำลองมีความแน่นอนยิ่งขึ้น รวมมีการจำลองทั้งหมด 150 ครั้ง ได้ผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

- ประสิทธิ์ภาพของจราจรก่อนและหลังการสร้างเส้นทางรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ
- ความล่าช้าของการจราจรที่ทางแยก (Traffic Delay)
- ความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่ทางแยก (BRT Delay)
- ความแน่นอนของความถี่การให้บริการ (Frequency Adherence)
- เวลาในการเดินทางของผู้เดินทาง (Person travel time)

5.1 ประสิทธิภาพของจราจรก่อนและหลังการสร้างเส้นทางรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ

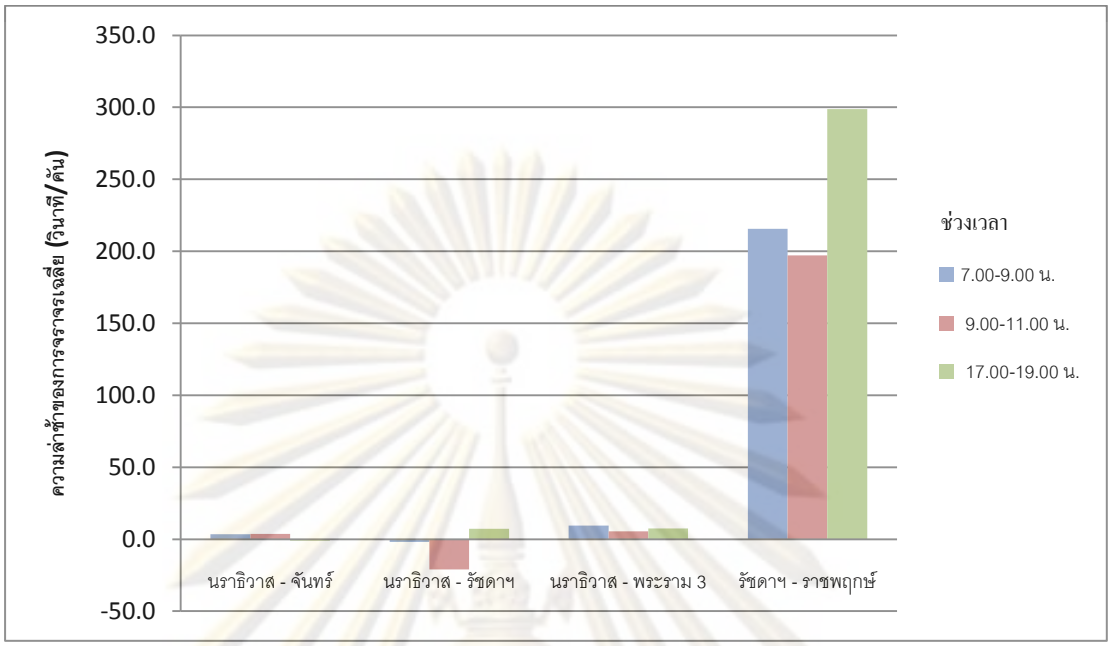
เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบเนื่องจากการให้บริการของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษจึงจำเป็นต้องเปรียบเทียบความล่าช้าของการจราจรในพื้นที่ศึกษาระหว่างก่อนและหลังการสร้างเส้นทางรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ซึ่งสามารถสรุปผลการเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 5-1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

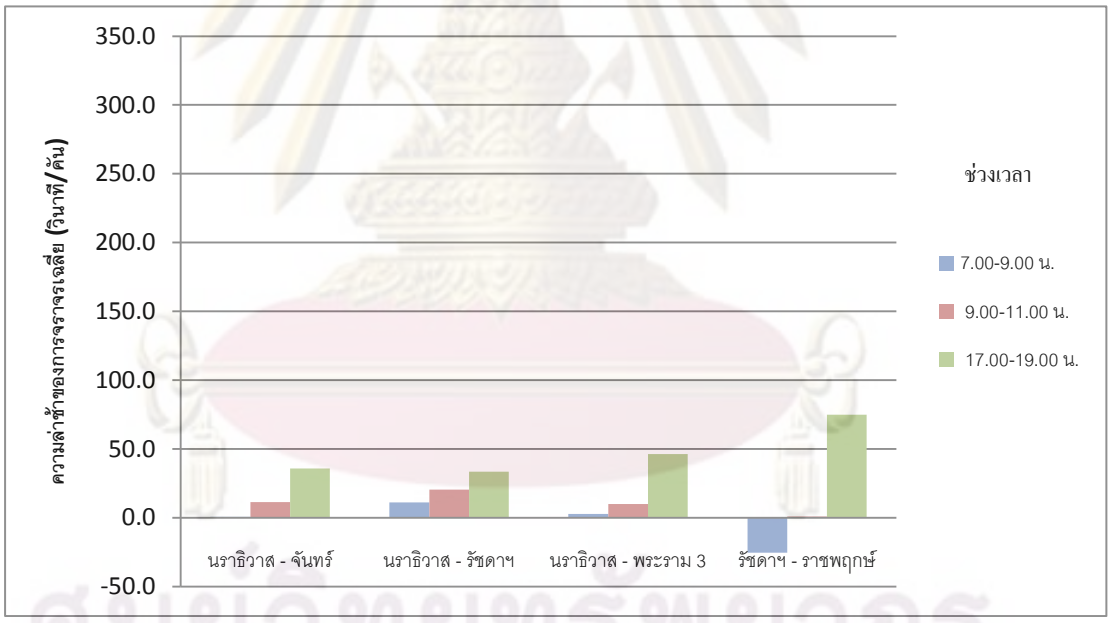
ตารางที่ 5-1 ความล่าช้าของการจราจรในสถานการณ์ที่ยังไม่มีโครงการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (BRT) เปรียบเทียบกับสถานการณ์เมื่อมีโครงการ

ทางแยก		ความล่าช้า ณ ทางยก (วินาที / คัน)					
		7.00-9.00 น.		9.00-11.00 น.		17.00-19.00 น.	
		ไม่มี BRT	มี BRT	ไม่มี BRT	มี BRT	ไม่มี BRT	มี BRT
นราธิวาส - จันทร์	ทางสายหลัก	18	21	19	23	25	24
	ทางสายรอง	21	21	24	35	39	75
	เฉลี่ย	19	21	21	27	28	36
นราธิวาส - รัชดาภิเษก	ทางสายหลัก	48	46	43	22	41	48
	ทางสายรอง	32	43	35	55	71	105
	เฉลี่ย	38	44	38	42	57	79
นราธิวาส – พระราม 3	ทางสายหลัก	33	42	39	45	42	50
	ทางสายรอง	130	133	32	42	73	119
	เฉลี่ย	54	61	38	44	47	63
รัชดาภิเษก - ราชพฤกษ์	ทางสายหลัก	274	489	40	461	95	393
	ทางสายรอง	117	91	47	42	120	195
	เฉลี่ย	218	323	42	312	103	319
รวมทุกทางแยก	ทางสายหลัก	112	145	35	144	52	125
	ทางสายรอง	69	76	36	52	83	146
	เฉลี่ย	96	122	35	112	63	132

จากตารางที่ 5-1 และรูปที่ 5-1 แสดงความล่าช้าของการจราจรระหว่างสถานการณ์ก่อนสร้างเส้นทางรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ และสถานการณ์หลังจากการมี รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ รูปที่ 5-1 จะแสดงการเปลี่ยนแปลงความล่าช้าเมื่อมีการเดินรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ โดยถ้ากราฟมีค่าเป็นบวกแสดงว่าเกิดความล่าช้าของการจราจรเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเดินรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ จากรูปที่ 5-1 พบว่าเมื่อมีโครงการ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเกิดขึ้นจะทำให้ความล่ าช้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นทุกทางแยก โดยบนแยกนราธิวาส – จันทร์มีค่าความล่าช้าของการจราจรเพิ่มขึ้นบนทางสายรองในช่วงเวลาสายและเย็น ซึ่งเป็นผลมาจากการปรับสัญญาณไฟใหม่โดยเพิ่มเวลาหลักสัญญาณไฟบนทางสายหลักเนื่องจากจากการเดินรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษทำให้ช่องจราจรหายไป 1 ช่อง และลดเวลาสัญญาณไฟบนทางสายรอง ขณะที่ในช่วงเช้าไม่มีการเปลี่ยนเวลาสัญญาณไฟทำให้ความล่าช้าบนทางหลักเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับบนแยกนราธิวาส – รัชดาภิเษกความล่าช้าที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่จะเกิดบนทางสายรองโดยเพิ่มขึ้นระหว่าง 10 -30 วินาที โดยในช่วงเวลาสายความล่าช้ าบนทางสายหลักมีค่าลดลงเนื่องจากการเพิ่มสัญญาณไฟบนทางสายหลักที่สูงมากถึง 15 วินาที



(ก.) บนทางสายหลัก



(ข.) บนทางสายรอง

รูปที่ 5-1 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากโครงการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (BRT)

สำหรับแยกนราธิวาส – พระราม 3 มีความล่าช้าของการจราจรเพิ่มขึ้นทั้งบนทางสายหลักและสายรอง โดยช่วงเวลาเช้า (7.00 - 9.00น.) และช่วงเวลาสาย (9.00 - 11.00น.) เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ขณะที่ในช่วงเวลาเย็นความล่าช้าบนทางสายรองเพิ่มขึ้นสูงเนื่องจากมีปริมาณจราจรที่สูงมากกว่า ช่วงเวลาอื่น โดยมีสัดส่วนระหว่างปริมาณจราจรต่อความสามารถในการรองรับปริมาณจราจร

เท่ากับ 0.94 ส่วนแยกรัชดาภิเษก – ราชพฤกษ์มีค่าความล่าช้าของการจราจรเฉลี่ยที่สูงขึ้น แต่แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงความล่าช้าของการจราจรบนทางสายหลักและทางสายรองนั้นมีลักษณะแตกต่างจา กทางแยกอื่นๆ เนื่องจากทิศทางของสัญญาณไฟกับทางหลักและทางรองนั้นมีลักษณะไม่เหมือนกัน โดยจะเห็นว่าความล่าช้าส่วนใหญ่เกิดขึ้นบนทางสายหลัก เนื่องจากทางแยกดังกล่าวมีการตั้งสัญญาณไฟไม่ตรงกับทางสายหลัก โดยจังหวะสัญญาณไฟแรกเป็นจังหวะที่ปล่อยรถที่มุ่งไปทางตะวันออก (EB) ซึ่งในทิศทางนี้มีปริมาณจราจรน้อยกว่าในทิศทางมุ่งไปเหนือ (NB) ซึ่งเป็นจังหวะสัญญาณไฟที่ 2 ทำให้หลังจากมีการเดินรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษการตั้งสัญญาณไฟใหม่จึงเพิ่มจังหวะสัญญาณไฟให้กับทิศทางมุ่งไปทางเหนือทำให้เกิดความล่าช้าขึ้นมากในทิศทางมุ่งไปตะวันออกซึ่ งเป็นทางสายหลัก จากการเพิ่มขึ้นของจังหวะสัญญาณไฟจังหวะที่ 2 ทำให้ยานพาหนะในทิศทางมุ่งลงใต้ (SB) ได้ประโยชน์ด้วย ดังนั้นความล่าช้าบนทางสายรองในช่วงเวลาเช้าและสายจึงมีค่าที่ลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการมีรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ขณะที่ในช่วงเวลาเย็นมีความล่าช้าที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากเวลาสัญญาณไฟในจังหวะที่ 3 มีการลดลงถึง 5 วินาที

จากการศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นเนื่องจากการมีโครงการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของความล่าช้าของการจราจรบนทางสายหลัก แต่เนื่องจากการปรับสัญญาณไฟให้มีสัดส่วนของสัญญาณไฟของทางสายหลักที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการถ่ายเทความล่าช้าบางส่วนไปยังทางสายรอง

5.2 ความล่าช้าของการจราจรที่ทางแยก (Traffic Delay)

ความล่าช้าของการจราจรแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ความล่าช้าของการจราจรที่เกิดขึ้นที่ถนนที่ขนานกับเส้นทาง รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษหรือทางสายหลัก (Main Street Delay) ความล่าช้าของการจราจรที่เกิดขึ้นที่ถนนที่ตัดกับเส้นทาง รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ หรือทางสายรอง (Side Street Delay) และความล่าช้าของการจราจรรวมเฉลี่ย (Average Delay) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5-2 ในการวิเคราะห์นี้การให้สิทธิ์ที่ทำการศึกษามีวิธีการให้สิทธิ์ที่แตกต่างกันชัดเจนสามารถแบ่งกลุ่มวิธีการให้สิทธิ์ได้ 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ให้สิทธิ์ตามการเข้าสู่ทางแยกของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษได้แก่วิธี Active และวิธี Differential และกลุ่มที่ไม่ให้สิทธิ์ตามก ารเข้าสู่ทางแยกของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษได้แก่วิธี Passive ซึ่งจะทำให้เข้าใจถึงผลกระทบทางจราจรที่เกิดขึ้นได้ดียิ่งขึ้น

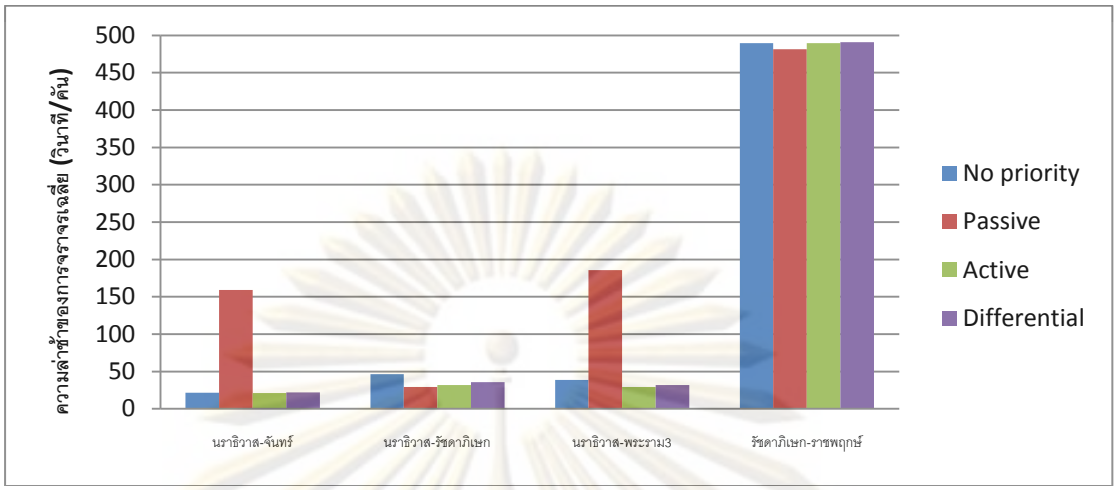
ตารางที่ 5-2 สรุปความล่าช้าของการจราจร ณ ทางแยก

วิธีการให้สิทธิ์	ความล่าช้า ณ ทางแยกสัญญาณไฟ (วินาที/คัน)								
	นราธิวาส-จันทร์								
	เช้า			สาย			เย็น		
	ทางสายหลัก	ทางสายรอง	เฉลี่ย	ทางสายหลัก	ทางสายรอง	เฉลี่ย	ทางสายหลัก	ทางสายรอง	เฉลี่ย
No priority	21	21	21	23	35	27	24	75	36
Passive	159	21	111	16	35	22	16	73	30
Active	21	28	23	25	50	34	18	430	111
Differencial	22	23	22	26	39	30	22	138	50
	นราธิวาส-รัชดาภิเษก								
	เช้า			สาย			เย็น		
	ทางสายหลัก	ทางสายรอง	เฉลี่ย	ทางสายหลัก	ทางสายรอง	เฉลี่ย	ทางสายหลัก	ทางสายรอง	เฉลี่ย
No priority	46	114	88	22	55	42	48	105	79
Passive	30	116	83	22	55	42	29	103	69
Active	33	288	189	40	100	75	35	327	186
Differencial	38	154	109	36	70	56	44	199	126
	นราธิวาส-พระราม3								
	เช้า			สาย			เย็น		
	ทางสายหลัก	ทางสายรอง	เฉลี่ย	ทางสายหลัก	ทางสายรอง	เฉลี่ย	ทางสายหลัก	ทางสายรอง	เฉลี่ย
No priority	42	133	61	45	42	44	50	119	63
Passive	220	134	199	38	41	39	118	115	117
Active	32	463	114	40	74	47	38	593	128
Differencial	36	227	74	40	53	43	40	307	88
	รัชดาภิเษก-ราชพฤกษ์								
	เช้า			สาย			เย็น		
	ทางสายหลัก	ทางสายรอง	เฉลี่ย	ทางสายหลัก	ทางสายรอง	เฉลี่ย	ทางสายหลัก	ทางสายรอง	เฉลี่ย
No priority	489	91	323	461	42	312	393	195	319
Passive	481	93	321	496	41	333	493	279	415
Active	489	110	334	447	74	317	476	485	479
Differencial	491	95	326	460	53	312	394	235	335
	รวมทุกทางแยก								
	เช้า			สาย			เย็น		
	ทางสายหลัก	ทางสายรอง	เฉลี่ย	ทางสายหลัก	ทางสายรอง	เฉลี่ย	ทางสายหลัก	ทางสายรอง	เฉลี่ย
No priority	145	113	134	144	52	112	125	146	132
Passive	221	115	184	154	52	117	162	168	164
Active	144	247	179	149	81	125	154	408	240
Differencial	143	147	144	148	60	117	124	238	160

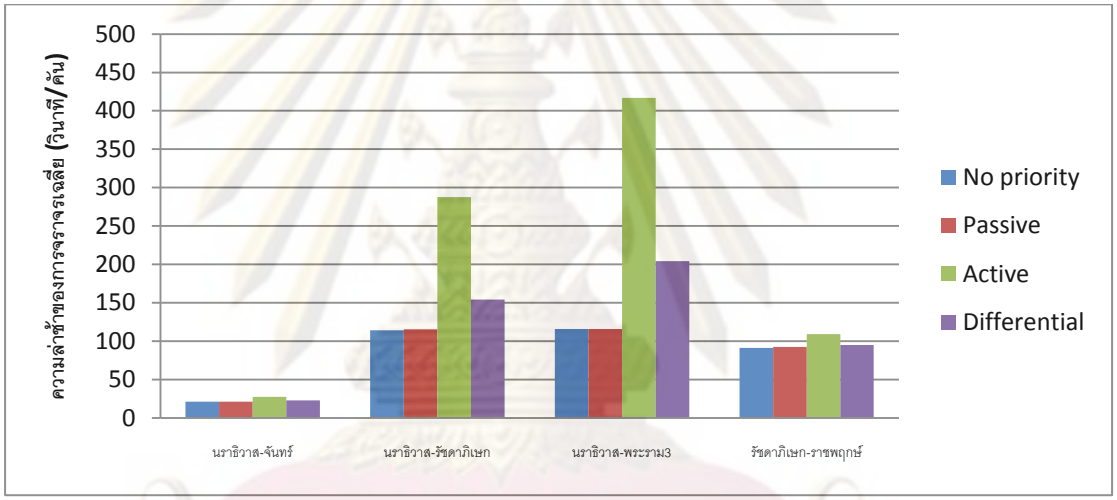
รูปที่ 5-2 แสดงความล่าช้าของการจราจรในแต่ละทางแยกในช่วงเวลาเช้า (7.00 - 9.00น.) โดยจากรูปที่ 5-2 (ก.) พบว่า ในช่วงเวลาเช้า (7.00 - 9.00น.) ความล่าช้าของการจราจรบนทางสายหลักที่เกิดขึ้นมีลักษณะแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันคือแยก นราธิวาส – จันทร์และนราธิวาส – พระราม 3 โดยการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ให้ค่าความล่าช้าของการจราจรที่ทางสายหลักที่สูงที่สุดเนื่องจากการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive จะแบ่งครึ่งสัญญาณไฟในทิศทางของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษออกทำให้สามารถปล่อยรถได้เพียง 50% จากการปล่อยรถโดยการเปิดสัญญาณไฟปรกติจึง ทำให้เกิดเป็นแถวคอยสะสมขึ้น จึงมีความล่าช้าที่เพิ่มสูงขึ้นมากไปด้วย ขณะที่การเปิดสัญญาณไฟปรกติ (No priority) การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential และวิธี Active เกิดความล่าช้าของการจราจรที่ไม่ต่างกันนัก โดยการให้สิทธิ์โดยวิธี Active และวิธี Differential ให้ความล่าช้าที่น้อยกว่าการเปิดสัญญาณไฟปรกติเล็กน้อย เนื่องจากการให้สิทธิ์ทั้ง 2 วิธีจะเพิ่มเวลาสัญญาณไฟบนทางหลักหากว่ามีรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเข้าสู่ทางแยก

จากรูปที่ 5-2 (ข.) แสดงความสัมพันธ์ของความล่าช้าของการจราจรบนทางสายรอง พบว่าความล่าช้าของการจราจรมีแนวโน้มไปตามทางเดียวกันทุกทางแยกคือ วิธีการให้สิทธิ์ที่ให้สิทธิ์ตามการเข้าสู่ทางแยกของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (วิธี Active และวิธี Differential) ให้ค่าความล่าช้าของการจราจรที่สูงกว่าวิธีให้สิทธิ์ที่ไม่ให้สิทธิ์ตามการเข้าสู่ทางแยกของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (วิธี Passive) เพราะทั้ง 2 วิธีมีการตัดสัญญาณไฟบนทางสายรองเพื่อนำมาให้สิทธิ์บนทางสายหลัก โดยความล่าช้าของการจราจรมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมากในบนทางแยกนราธิวาส – รัชดาภิเษกและนราธิวาส – พระราม3 และเมื่อพิจารณาความล่าช้าของการให้สิ ทธิ์โดยวิธี Passive พบว่าวิธีดังกล่าวให้ค่าความล่าช้าของการจราจรที่ใกล้เคียงกับการเปิดสัญญาณไฟปรกติเพราะไม่มีความแตกต่างของเวลาการเปิดสัญญาณไฟบนทางสายรอง ยกเว้นบนแยกนราธิวาส – รัชดาภิเษกเท่านั้นซึ่งเป็นแยกที่มีจังหวะสัญญาณไฟไม่สอดคล้องกับทางสายรอง สำหรับกลุ่ มที่ให้สิทธิ์ตามการเข้ามาสู่ทางแยกของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ การให้การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential มีค่าความล่าช้าของการจราจรต่ำกว่าหรือเท่ากับการให้สิทธิ์โดยวิธี Active ทั้งหมดเนื่องจากมีจำนวนครั้งในการให้สิทธิ์ที่ต่ำกว่าการให้สิทธิ์โดยวิธี Active เพราะมีการตั้งเงื่อนไขในการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก.) ความล่าช้าการจราจรบนทางสายหลัก



(ข.) ความล่าช้าของการจราจรบนทางสายรอง

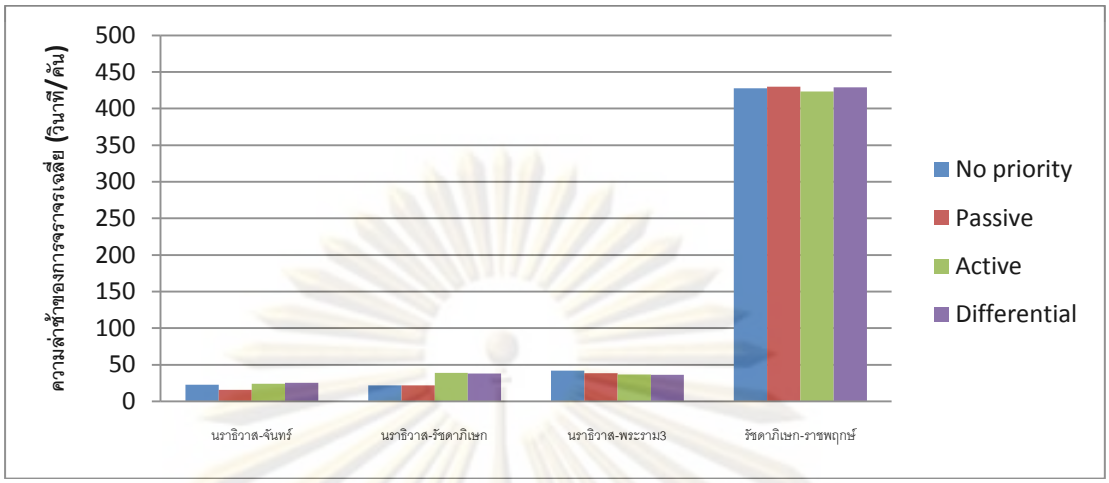
(ค.) ความล่าช้ารวมเฉลี่ย

รูปที่ 5-2 ความล่าช้าของการจราจร ณ ทางแยกในช่วงเวลาเช้า (7.00 – 9.00 น.)

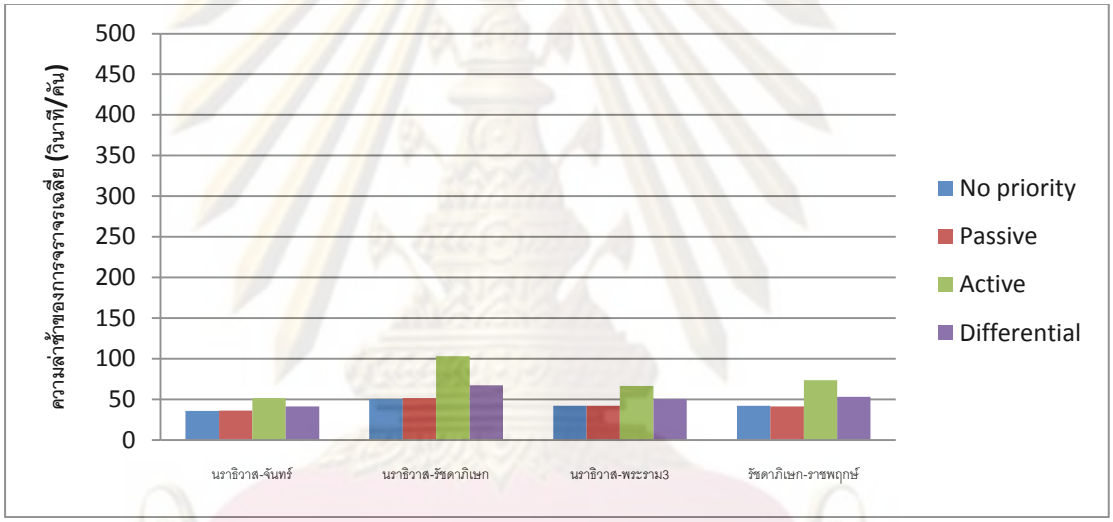
เมื่อพิจารณาที่ความล่าช้าของการจราจรรวมเฉลี่ยของแต่ละทางแยกจากรูปที่ 5-2 (ค.) ความล่าช้าของการจราจรเมื่อมีการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive และ วิธี Active จะให้ความล่าช้าที่สูง โดยวิธี Active เกิดขึ้นบนแยกนราธิวาส – รัชดาภิเษกโดยเกิดจากความล่า ช้าบนทางสายรอง และวิธี Passive เกิดขึ้นบนแยกนราธิวาส – จันทร์และนราธิวาส – พระราม 3 โดยเกิดจากความล่าช้าบนทางสายหลัก ขณะที่การเปิดสัญญาณไฟปรกติและการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential มีความล่าช้าของการจราจรที่ไม่สูงมากนักในทุกทางแยก

จากตารางที่ 5-2 เมื่อเฉลี่ยความล่าช้าของการจราจรทุกทางแยกเข้าด้วยกันโดยวิธีเฉลี่ยตามปริมาณจราจร (Weight average) สามารถเรียงลำดับความล่าช้าของการจราจรที่ทางแยกจากความล่าช้าของการจราจรที่น้อยที่สุดไปยังความล่าช้าของการจราจรที่มากที่สุดได้คือ บนทางสายหลักการให้สิทธิ์โดยวิธี Active วิธี Differential มีความล่าช้าของการจราจรน้อย ขณะที่วิธี Passive มีความล่าช้าของการจราจรมากเพราะให้เวลาสัญญาณไฟในจังหวะสัญญาณไฟบนทางหลักไม่เพียงพอกับปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางแยก บนทางสายรองการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive และวิธี Differential ให้ค่าความล่าช้าของการจราจรน้อย ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Active มีความล่าช้าของการจราจรมากเพราะมีการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางทำให้ต้องลดสัญญาณไฟของจังหวะสัญญาณไฟบนทางสายรองลง ดังนั้นเมื่อพิจารณาความล่าช้าของการจราจรรวมเฉลี่ยแล้วพบว่าการเปิดสัญญาณไฟปรกติให้ค่าความล่าช้าของการจราจรต่ำที่สุด ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential เป็นวิธีการให้สิทธิ์ที่ให้ค่าความล่าช้าของการจราจรรองลงมาก ส่วนการให้สิทธิ์โดยวิธี Active และวิธี Passive มีความล่าช้าของการจราจรมากขึ้น ตามลำดับ

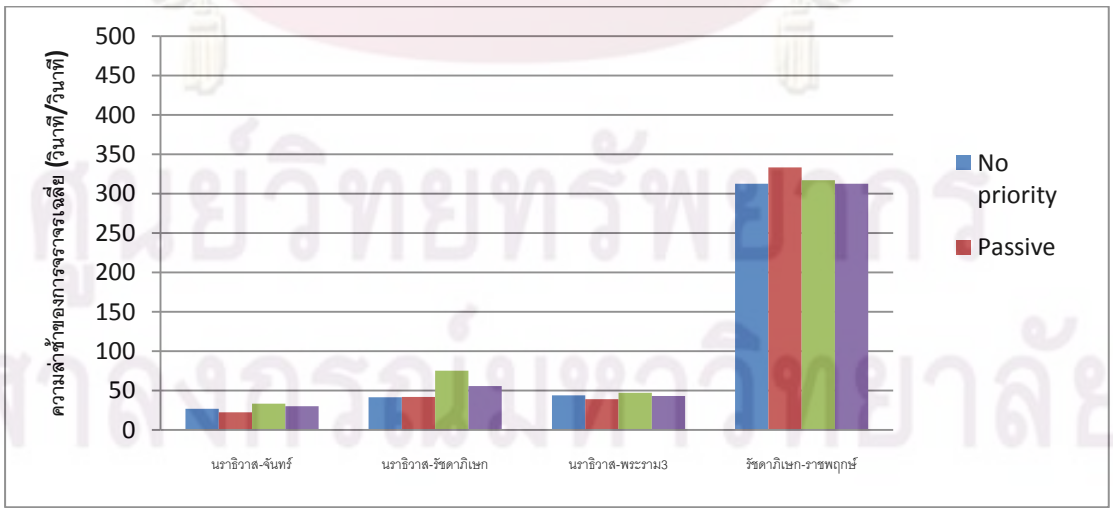
รูปที่ 5-3 แสดงความล่าช้าของการจราจรบนทางแยกในช่วงเวลาสาย (9.00 - 11.00น.) จากรูปที่ 5-3 (ก.) พบว่า ทางแยกส่วนใหญ่ในช่วงเวลาสาย (9.00 – 11.00น.) มีปริมาณความล่าช้าของการจราจรบนทางสายหลักที่ค่อนข้างต่ำ ทำให้ความล่าช้าที่เกิดขึ้นจากการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive มีค่าน้อยลงเมื่อเทียบกับการเปิดสัญญาณไฟ ปรกติ เนื่องจากการให้สิทธิ์วิธีนี้เปิดสัญญาณไฟบนทางสายหลักทีละครึ่งมีความพอดีกับปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางแยกจึงไม่มีแถวคอยสะสมเกิดขึ้น ยกเว้นที่แยกรัชดาภิเษก – ราชฤกษ์ซึ่งมีปริมาณจราจรสูงจึงทำให้เกิดผลกระทบที่สูงมากต่อการจราจร ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Active และวิธี Differential ในบางแยกจะส่งผลกระทบต่อจราจรลดลงเนื่องจากเวลาของสัญญาณไฟที่เพิ่มขึ้นและบางแยกส่งผลกระทบต่อจราจรเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการเปิดสัญญาณไฟปรกติ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนสัญญาณไฟบนทางสายหลักเพื่อให้สิทธิ์แบบ Phase insertion ทำให้เกิดเวลาที่สูญเสียจากการออกตัว (Start-up lost time) ขึ้น



(ก.) ความล่าช้าการจราจรบนทางสายหลัก



(ข.) ความล่าช้าของการจราจรบนทางสายรอง



(ค.) ความล่าช้ารวมเฉลี่ย

รูปที่ 5-3 ความล่าช้าของการจราจร ณ ทางแยกในช่วงเวลาสาย (9.00 – 11.00น.)

จากรูปที่ 5-3 (ข.) เห็นถึงลักษณะแนวโน้มของความล่าช้าของการจราจรบนทางสายรองที่คล้ายกับในช่วงเวลาเช้าคือการให้สิทธิ์ที่มีการให้สิทธิ์ตามการเข้าสู่ทางแยกของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษส่งผลให้เกิดความล่าช้าที่สูง แต่ด้วยความถี่ในการให้บริการที่ต่ำซึ่งให้บริการทุกๆ 10 นาที จึงทำให้ในช่วงเวลาสายผลกระทบที่เกิดขึ้นมีไม่มากนัก โดยการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential มีค่าความล่าช้าเกือบเท่ากับการเปิดสัญญาณไฟปรกติ สำหรับการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive มีค่าความล่าช้าของการจราจรบนทางสายรองที่ไม่ต่างจากการเปิดสัญญาณไฟปรกติทุกทา งแยกเนื่องจากมีเวลาในการเปิดสัญญาณไฟบนทางรองที่เท่ากัน

เมื่อพิจาณาที่ความล่าช้าของการจราจรรวมเฉลี่ยในรูปที่ 5-3 (ค.) พบว่าในช่วงเวลาสาย (9.00 – 11.00น.) ซึ่งมีปริมาณจราจรที่น้อยส่งผลให้ค่าความล่าช้าของการจราจรรวมเฉลี่ยของการเปิดสัญญาณไฟปรกติของทางแยกแต่ละ แยกมีค่าที่น้อยและไม่แตกต่างกันมากนัก โดยการให้สิทธิ์โดยวิธี Active ส่งผลให้ค่าความล่าช้าของการจราจรเพิ่มขึ้นสูงบนแยกนราธิวาส – รัชดาภิเษก เนื่องจากความล่าช้าบนทางสายรองที่สูง ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ให้ค่าความล่าช้าของการจราจรรวมเฉลี่ยที่สูงบนแย กรัชดาภิเษก – ราชพฤกษ์ เนื่องจากความล่าช้าในทิศทางมุ่งตะวันออกที่สูง

ในช่วงเวลาสาย (9.00 - 11.00น.) ความล่าช้าของการจราจรรวมเฉลี่ยทุกทางแยก (ตารางที่ 5-2) มีความแตกต่างจากในช่วงเวลาเช้า (7.00 - 9.00น.) โดยบนทางสายหลักการให้สิทธิ์โดยวิธี Active และ วิธี Differential มีความล่าช้าของการจราจรสูงขึ้นกว่าการเปิดสัญญาณไฟปรกติและการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive มีความล่าช้าของการจราจรสูงที่สุดเนื่องจากผลกระทบทางจราจรที่สูงบนแยกรัชดาภิเษก – ราชพฤกษ์ บนทางสายรองมีลักษณะเช่นเดียวกับในช่วงเวลาเช้า (7.00 - 9.00 น.) คือ การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ให้ค่าความล่าช้าของการจราจรเท่ากับการเปิดสัญญาณไฟปรกติ ขณะที่วิธี Differential และวิธี Active ให้ความล่าช้าที่สูงขึ้นตามลำดับ โดยมีความล่าช้าเพิ่มขึ้นไม่มากนักเมื่อเทียบกับในช่วงเวลาเช้า เนื่องจากมีการให้บริการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่น้อยกว่าในช่วงเวลาเช้า ดังนั้นความล่าช้าของการจราจรรวมเฉลี่ยนั้นการเปิดสัญญาณไฟปรกติซึ่งส่งผลกระทบไม่สูงนักทั้ง 2 ทิศทางจึงให้ค่าความล่าช้าของการจราจรน้อยที่สุด ขณะที่การใ ห้สิทธิ์โดยวิธี Passive และวิธี Differential ที่ให้ค่าความล่าช้าเพิ่มขึ้นจากการเปิดสัญญาณไฟปรกติไม่มากนัก

จากรูปที่ 5-4 แสดงความล่าช้าของการจราจรในช่วงเวลาเย็น (17.00 – 19.00 น.) โดยรูปที่ 5-4 (ก.) เมื่อพิจารณาแต่ละแยก ลักษณะแนวโน้มของความล่าช้าของการจราจ รบนทางสายหลักในแต่ละแยกมีลักษณะที่ต่างกันคือ บนแยกนราธิวาส – พระราม 3 แยก รัชดาภิเษก – ราชพฤกษ์การให้

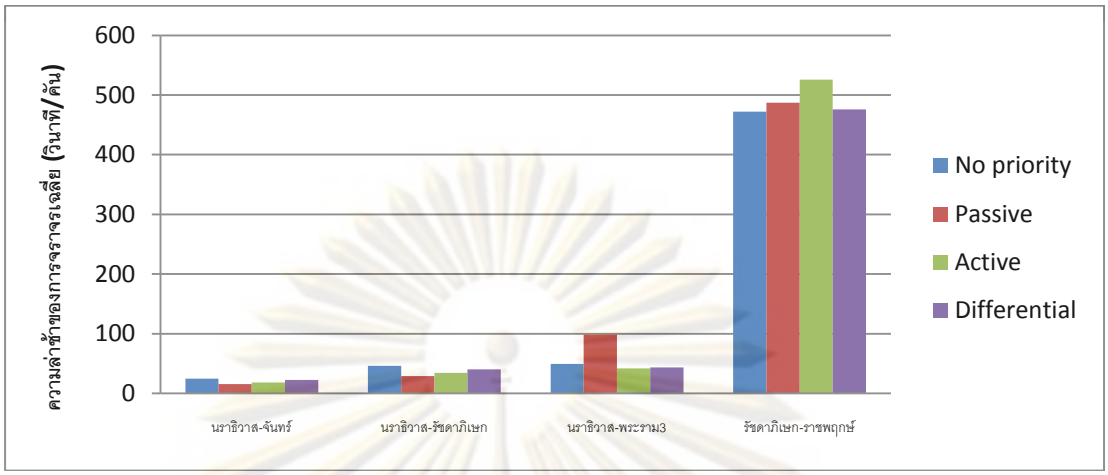
สิทธิ์โดยวิธี Differential ให้ค่าความล่าช้าของการจราจรที่ต่ำสุด และการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ให้ค่าความล่าช้าของการจราจรที่สูงเนื่องจากการเปิดสัญญาณไฟทีล ะครึ่งไม่เพียงพอต่อปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางแยก จึงเกิดแถวคอยสะสมขึ้นเป็นจำนวนมาก ขณะที่แยกรัชดาภิเษก – ราชพฤกษ์ ความล่าช้าของการจราจรสูงที่สุดเมื่อใช้การให้สิทธิ์แบบ Active ซึ่งเกิดการการเปิดสัญญาณไฟให้รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเลี้ยวขวาเวลาสัญญาณไฟของรถทางตรงจึงลดลง

บนแยกนราธิวาส – จันทร์และแยกนราธิวาส – รัชดาภิเษก การเปิดสัญญาณไฟปรกติ ให้ค่าความล่าช้าของการจราจรสูงที่สุด ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ให้ค่าความล่าช้าของการจราจรต่ำที่สุดเนื่องจากปริมาณรถที่เข้าทางแยกพอดีกับการเปิดสัญญาณไฟทีละครึ่ง เช่น เดียวกับการให้สิทธิ์โดยวิธี Active และวิธี Differential ซึ่งมีเวลาการเปิดสัญญาณไฟบนทางหลักที่เพิ่มขึ้นกว่าเดิม

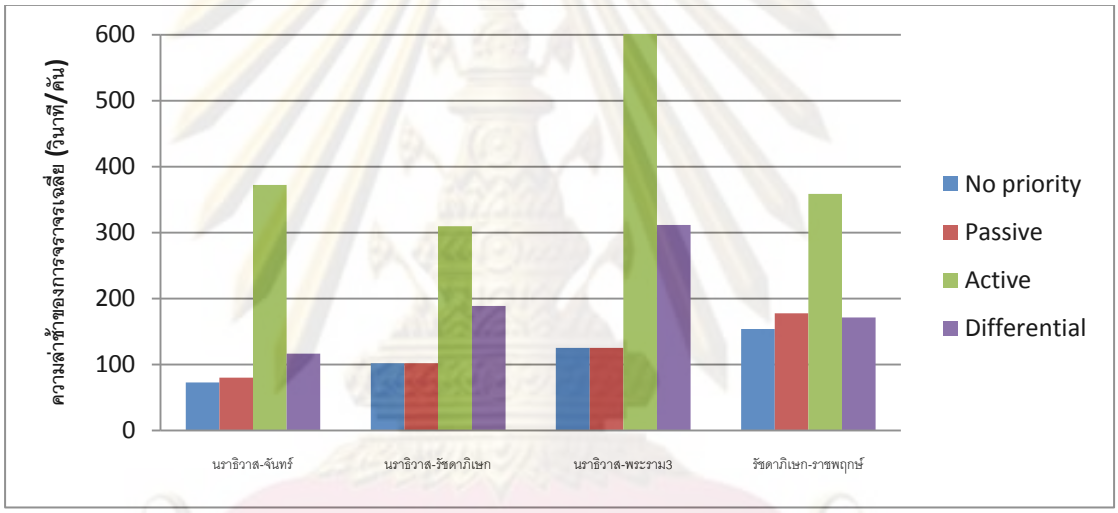
จากรูปที่ 5-4 (ข.) พบว่า ความล่าช้าของการจราจรบนทางสายรองมีแนวโน้มที่คล้ายกันทุกแยกคือ การให้สิทธิ์โดยวิธี Active ให้ค่าความล่าช้าของการจราจรที่ สูงกว่าการเปิดสัญญาณไฟปรกติมากทุกทางแยก ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ให้ค่าความล่าช้าของการจราจรลงที่น้อยกว่าการให้สิทธิ์โดยวิธี Active ส่วนค่าความล่าช้าของการจราจรจากการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive และการเปิดสัญญาณไฟปรกติมีใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาถึงความล่าช้าของการจราจรรวมเฉลี่ยในรูปที่ 5-4 (ค.) พบว่า ความล่าช้าของการจราจรของการให้สิทธิ์โดยวิธี Passiveให้ค่าความล่าช้าของการจราจรต่ำกว่าการเปิดสัญญาณไฟปรกติบนแยกนราธิวาส – จันทร์และนราธิวาส - รัชดาภิเษก เนื่องจากเกิดความความล่าช้าของการจราจรที่น้อย บนทางสายหลักและเพิ่มสูงขึ้นกว่าการเปิดสัญญาณไฟปรกติบนทางแยกอื่นๆ เนื่องจากผลกระทบบนทางสายหลักเช่นเดียวกัน ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Active ให้ค่าความล่าช้าของการจราจรสูงที่สุดทุกทางแยกเนื่องจากความล่าช้าของการจราจรบนทางรองที่มาก ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential มีค่าความล่าช้าของการจราจรที่สูงขึ้นไม่มากนัก

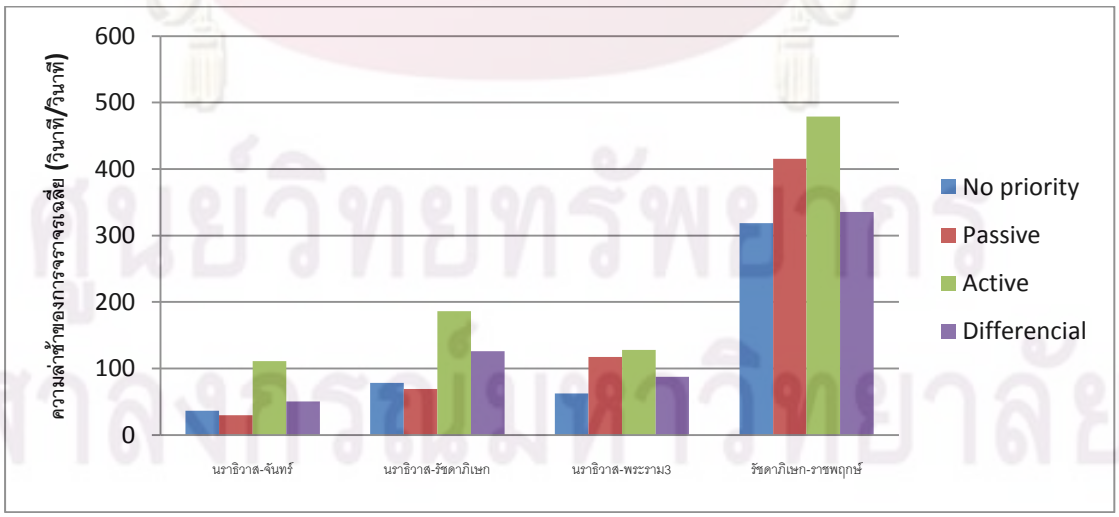
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก.) ความล่าช้าการจราจรบนทางสายหลัก



(ข.) ความล่าช้าของการจราจรบนทางสายรอง



(ค.) ความล่าช้ารวมเฉลี่ย

รูปที่ 5-4 ความล่าช้าของการจราจร ณ ทางแยกในช่วงเวลาเย็น (17.00 – 19.00 น.)

เมื่อพิจารณาความล่าช้าของการจราจรรวมทุกทางแยก (ตารางที่ 5-2) ในช่วงเวลาเย็น (17.00 - 19.00น.) การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ให้ค่าความล่าช้าของการจราจรบนทางสายหลักที่ต่ำสุดเนื่องจากมีความล่าช้าบนแยกรัชดาภิเษก – ราชพฤกษ์ที่ต่ำกว่าการ ให้สิทธิ์อื่นๆ เช่นเดียวกับช่วงเวลาอื่นการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ให้ค่าความล่าช้าบนทางหลักที่สูงที่สุดเนื่องจากการแบ่งสัญญาณไฟเป็น 2 ส่วนทำให้เกิดแถวคอยสะสมขึ้น ส่วนบนทางสายรองการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive เป็นวิธีให้สิทธิ์ที่ให้ค่าความล่าช้าของการจราจรต่ำ ที่สุดเพราะมีเวลาสัญญาณไฟไม่ต่างจากการเปิดสัญญาณไฟปรกติมากนัก ส่วนการให้สิทธิ์โดยวิธี Active ส่งผลกระทบต่อการจราจรบนทางสายหลักสูงเนื่องจากมีการตัดสัญญาณไฟบนทางสายรองเพื่อให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางบนทางหลัก ส่วนความล่าช้าของการจราจรรวมเฉลี่ย การให้สิทธิ์ทุ กวิธีให้ค่าความล่าช้าสูงกว่าการเปิดสัญญาณไฟปรกติ โดยการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential เป็นวิธีการให้สิทธิ์ที่ให้ค่าความล่าช้าของการจราจรต่ำที่สุด ตามด้วย การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive และ วิธี Active ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ที่กล่าวมาทั้งหมด ทำให้ได้เห็นถึงลักษณะของความล่าช้าของการจราจรที่เกิดขึ้นบนทางแยกได้ดังนี้คือ

1. การให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษทำให้ค่าความล่าช้าของการจราจรรวมเฉลี่ยมีค่าสูงขึ้นแสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการให้สิทธิ์รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ เนื่องจากการเปิดสัญญาณไฟปรกติเ ป็นการตั้งสัญญาณไฟที่คำนวณแล้วว่าให้ความล่าช้าที่ต่ำที่สุด ดังนั้นเมื่อการให้สิทธิ์แต่ละวิธีมีการปรับสัญญาณไฟอย่างใดอย่างหนึ่ง จึงเกิดความล่าช้าที่สูงขึ้น

2. ความล่าช้าของการจราจรที่เกิดขึ้นจากการให้สิทธิ์ในกลุ่มที่ให้สิทธิ์ตามการเข้าสู่ทางแยกของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (วิธี Activec และวิธี Differential) เป็นการให้สิทธิ์ที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อการจราจรบนทางสายรอง เนื่องจากการให้สิทธิ์ทั้ง 2 วิธีจะนำเวลาสัญญาณไฟในจังหวะสัญญาณไฟของทางสายรองมาเปิดให้แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษซึ่งอยู่บนทางหลัก

3. ความล่าช้าของการจราจรบนทางสายรองของการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential มีค่าน้อยกว่าความล่าช้าของการจราจรของการให้สิทธิ์โดยวิธี Active เสมอ เนื่องจากหลักการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential จะมีเงื่อนไขในการให้สิทธิ์ที่มากกว่า จึงทำให้จำนวนครั้งในการให้สิทธิ์โดยวิธี Dfffferential น้อยกว่าหรือเท่ากับ วิธี Active

4. วิธีการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive จะส่งผลกระทบต่อการจราจรบนทางหลักมาก หากว่าปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางแยกสูงจนไม่สามารถปล่อยรถด้วยเวลาสัญญาณไฟที่ถูกแบ่งครึ่งได้จึงเกิดเป็นแถวคอยสะสมขึ้น แต่หากว่าปริมาณจราจรที่เข้ าสู่ทางแยกมีน้อยจะทำให้ยานพาหณะแต่ละคันลดเวลาคอยสัญญาณไฟลงได้จึงอาจเกิดผลดีขึ้นได้ด้วย

5. วิธีการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential เป็นการให้สิทธิ์ที่ส่งผลต่อการจราจรน้อยที่สุด เนื่องจากส่งผลกระทบไม่สูงมากทั้งบนทางหลักและบนทางรอง

5.3 ความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่ทางแยก (BRT Delay)

ความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่เกิดขึ้นบนทางแยกทั้ง 4 ทางแยก แบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงที่รถโดยสารเดินทางจากแยกราชพฤกษ์ไปยังช่องนนทรี (Northbound, NB) และช่วงที่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเดินทางจา กช่องนนทรีไปยังทางแยกราชพฤกษ์ (Southbound, SB) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5-3 ในการวิเคราะห์เพื่อให้เข้าใจความแตกต่างได้อย่างชัดเจน จึงแบ่งการให้สิทธิ์แก่ร ถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ได้เป็น 2 กลุ่มตามวิธีการให้สัญญาณคือ กลุ่มที่ไม่เปิดสัญญาณไฟตามการเข้าสู่ท างแยกของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (ประกอบด้วยวิธี Passive) และกลุ่มที่เปิดสัญญาณไฟตามการเข้าสู่ทางแยกของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (ประกอบด้วยวิธี Active และ Differential)

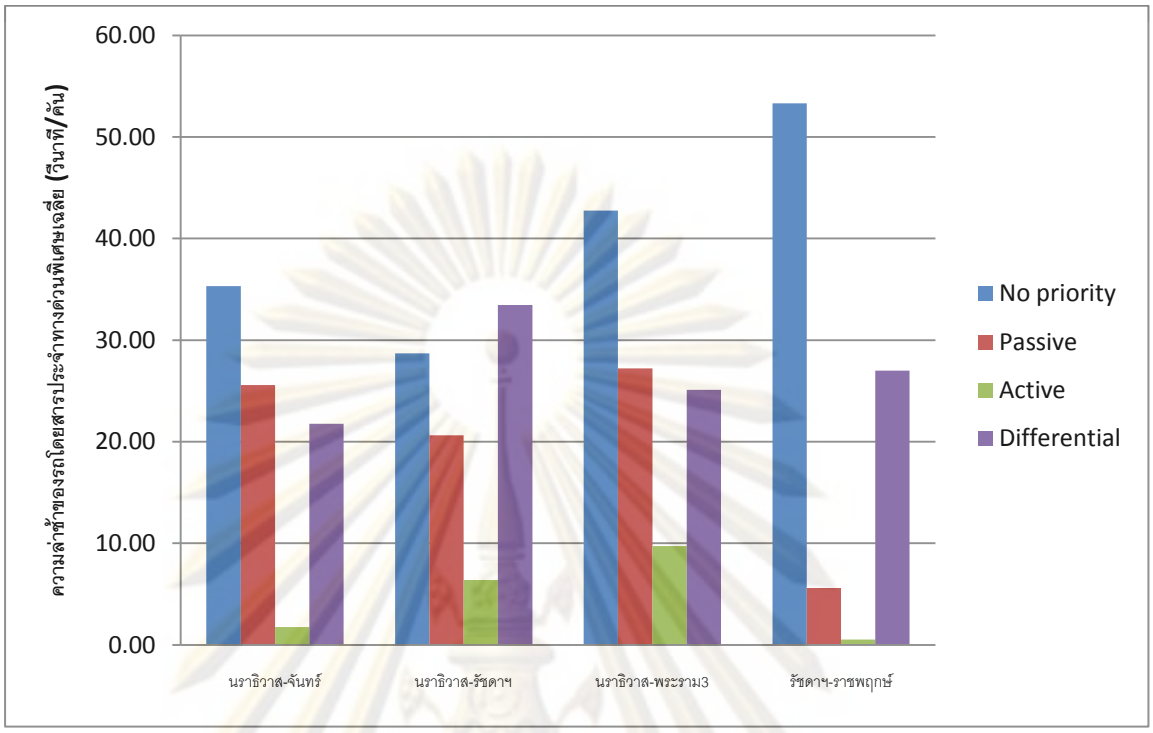
รูปที่ 5-5 แสดงความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษในช่วงเวลาเช้า (7.00 – 9.00 น.) โดยจากรูปที่ 5-5 (ก.) แสดงความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ สาย ราชพฤกษ์ – ช่องนนทรีในช่วงเวลาเช้า (7.00 - 9.00น.) โดยจากรูปแสดงให้เห็นว่าการสิทธิ์โดยวิธี Active ให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษอยู่ในช่วง 0-10 วินาทีทุกทางแยก ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ช่วยลดความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษได้ในระดับหนึ่ง และการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ลดความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษได้ในบางทางแยก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

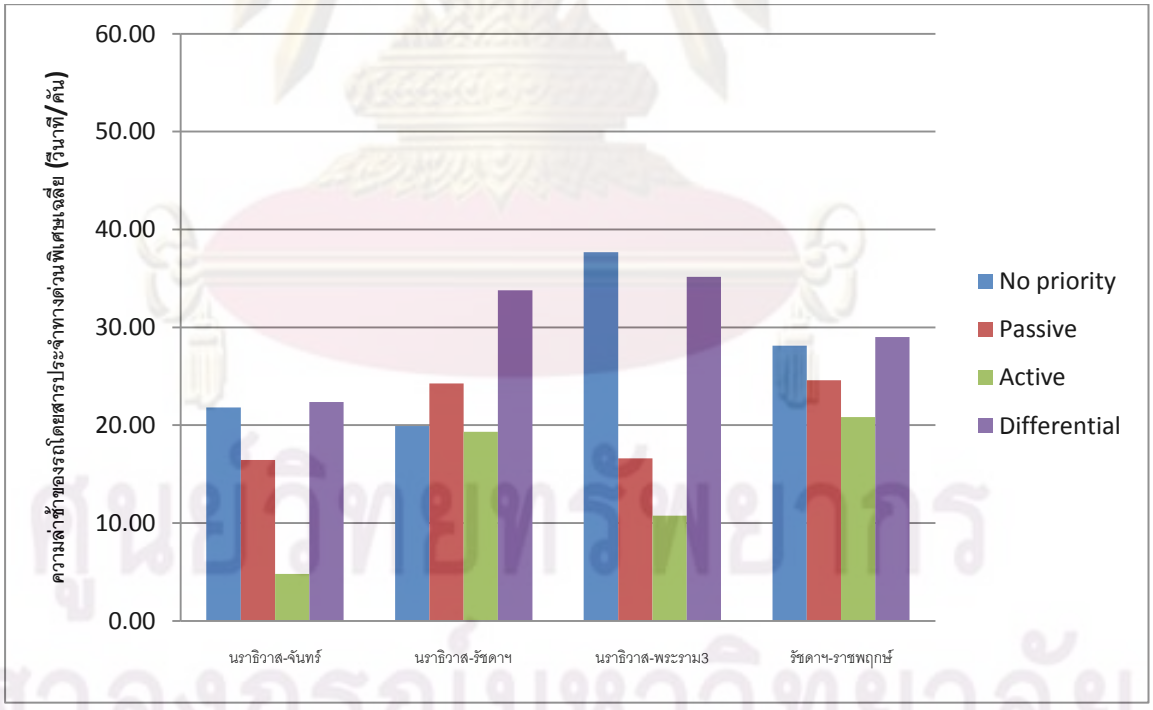
ตารางที่ 5-3 สรุปผลความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ

ความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (วินาที/คัน)						
วิธีการให้สิทธิ์	นราธิวาส-จันทร์					
	เช้า		สาย		เย็น	
	NB	SB	NB	SB	NB	SB
Donothing	35	22	52	32	9	18
Passive	26	16	21	17	10	12
Active	2	5	2	1	2	1
Differential	22	22	22	23	17	15
	นราธิวาส-รัชดาภิเษก					
	เช้า		สาย		เย็น	
	NB	SB	NB	SB	NB	SB
Donothing	29	20	28	53	40	35
Passive	21	24	24	20	18	18
Active	6	19	1	1	1	1
Differential	33	34	16	25	22	18
	นราธิวาส-พระราม3					
	เช้า		สาย		เย็น	
	NB	SB	NB	SB	NB	SB
Donothing	43	38	68	59	51	15
Passive	27	17	34	22	26	16
Active	10	11	21	1	16	1
Differential	25	35	49	27	35	19
	รัชดาภิเษก-ราชพฤกษ์					
	เช้า		สาย		เย็น	
	NB	SB	NB	SB	NB	SB
Donothing	53	28	10	33	17	39
Passive	6	25	12	23	19	31
Active	1	21	1	7	1	19
Differential	27	29	7	17	16	32
	รวมทุกทางแยก					
	เช้า		สาย		เย็น	
	NB	SB	NB	SB	NB	SB
Donothing	160	108	159	176	117	108
Passive	79	82	90	82	73	78
Active	18	56	24	8	18	20
Differential	107	120	94	92	89	83

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก.) เส้นทางราชพฤกษ์ – ช่องนนทรี (NB)



(ข.)เส้นทาง ช่องนนทรี – ราชพฤกษ์ (SB)

รูปที่ 5-5 ความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ณ ทางแยกในช่วงเวลาเช้า (7.00 – 9.00 น.)

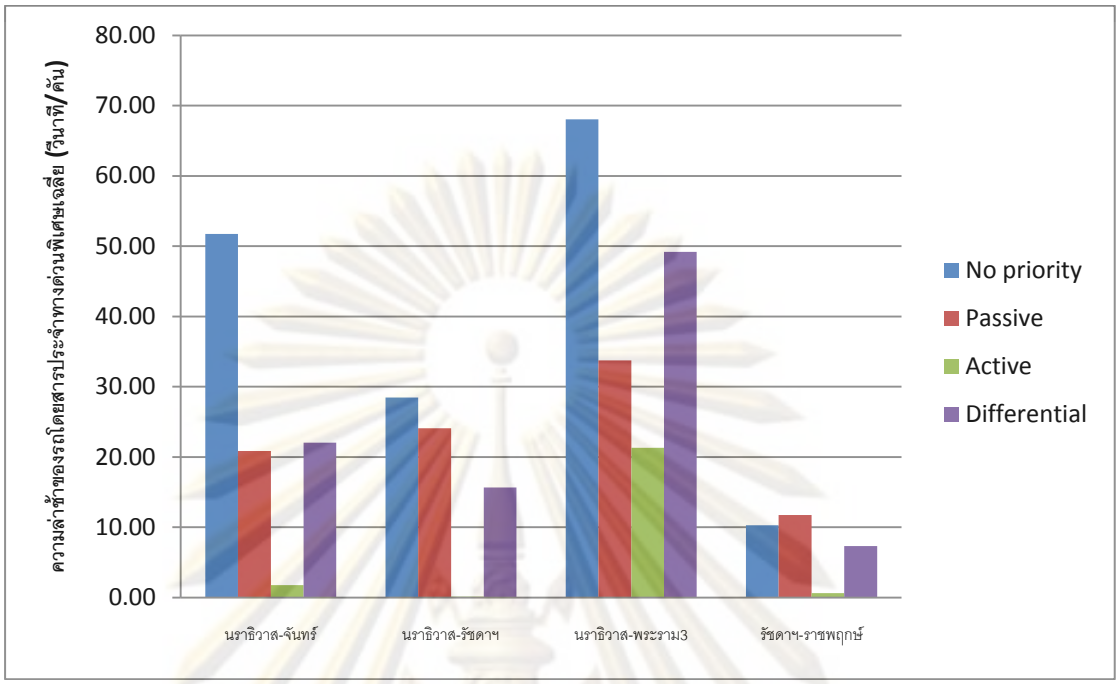
จากรูปที่ 5-5 (ข.) เป็นผลการทดสอบประสิทธิภาพของสัญญาณไฟที่มีผลต่อ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ สายช่องนนทรี - ราชพฤกษ์ในช่วงเวลาเช้า (7.00 - 9.00น.) พบว่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันทั้ง 4 ทางแยก โดยแยกนราธิวาส – จันทร์ พบว่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่เกิดจากการให้สิทธิ์โดยวิธี Active มีค่า 5 วินาที/คัน ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ให้ค่าความล่าช้า 16 วินาทีต่อคัน และการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ให่ค่าความล่าช้าเท่ากับการเปิดสัญญาณไฟปรกติคือ 22 วินาที/คัน

แยกนราธิวาส – รัชดาภิเษกเป็นแยกที่มีความแตกต่างของความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษอันเกิดจากการให้สิทธิ์ที่เด่นชัดที่สุดกล่าวคือ การเปิดสัญญาณไฟปรกติ ให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 20 วินาที /คัน เมื่อมีการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ไม่สามารถลดความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษได้โดยมีความล่าช้า 24 วินาที/คัน ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Active สามารถลดความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ได้เหลือ 19 วินาที/คัน และการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential จะเพิ่มความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษจากการเปิดสัญญาณไฟปรกติเป็น 33 วินาที/คัน สำหรับแยกนราธิวาส – พระราม 3 ซึ่งการเปิดสัญญาณไฟปรกติให้ความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 38 วินาที/คัน ส่วนการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ลดความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเหลือ 17 วินาที/คัน และการให้สิทธิ์โดยวิธี Active ให้ความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 11 วินาที/คัน ขณะที่วิธี Differential ส่งผลให้ความล่ าช้าลดลงเล็กน้อย สำหรับบนทางแยกอื่นก็มีค่าที่คล้ายกับทางแยกนราธิวาส – พระราม 3 คือ การเปิดสัญญาณไฟปรกติให้ค่าความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษมีค่าที่สูงที่สุด ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive และวิธี Differential ลดความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิ เศษลงมาได้ในระดับหนึ่ง ส่วนที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Active นั้นสามารถลดความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษลงได้เป็นอย่างมาก

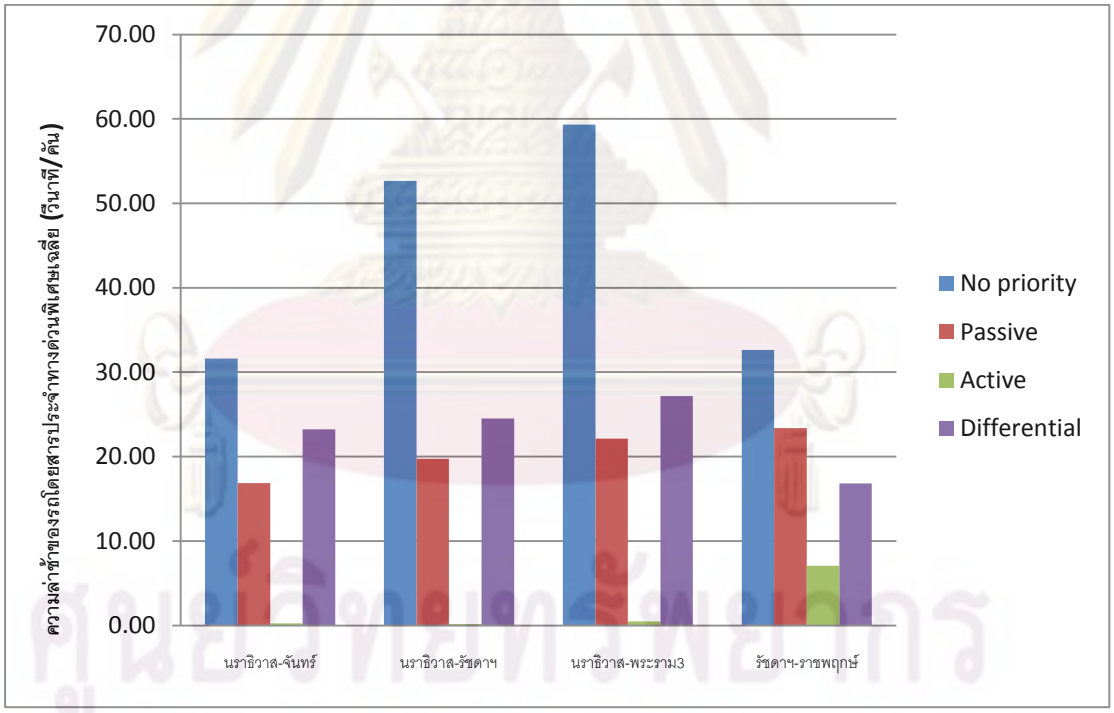
สำหรับแนวโน้มของความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษในช่วงเวลาเช้า (7.00 - 9.00น.) ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกันทุกทางแยกคือ การเปิ ดสัญญาณไฟปรกติให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษสูงที่สุดยกเว้นที่แยกนราธิวาส – รัชดาภิเษกทั้ง 2 ทิศทาง เนื่องจากการวิ่งของรถโดยสารและเวลาการจอดที่สถานีสอดคล้องกับการตั้งเวลาสัญญาณไฟที่ห่างกันระหว่างทางแยก (Offset) ทำให้รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเข้าสู่ทางแยกนราธิวาส – รัชดาภิเษกในช่วงจังหวะสัญญาณไฟก่อนสัญญาณไฟในทิศทางที่ต้องการ จึงใช้เวลาคอยสัญญาณไฟเพียงเล็กน้อย จึงมีความล่าช้าที่ต่ำกว่าวิธีการให้สิทธิ์บางวิธี ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive และวิธี Differential

สามารถลดความล่าช้าของรถโดยสารประ จำทางด่วนพิเศษลงได้เล็กน้อย โดยการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ลดความล่าช้าได้มากกว่า เนื่องจากการให้สิทธิ์ในลักษณะนี้ลดเวลาคอยของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษได้โดยการแบ่งสัญญาณไฟออกเป็น 2 ช่วง ผิดกับวิธีการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ซึ่งจะเปิดสัญญาณไฟให้แก่รถ โดยสารประจำทางด่วนพิเศษเพียงบางคันเท่านั้น เมื่อเฉลี่ยจึงมีความล่าช้าที่สูงกว่าวิธี Passive ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Active ช่วยลดความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษได้มากเนื่องจากการการให้สิทธิ์ลักษณะนี้จะเปิดสัญญาณไฟแก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษทุกคัน

รูปที่ 5-6 แสดงความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษในช่วงเวลาสาย (9.00 - 11.00 น.) โดยรูปที่ 5-6 (ก.) แสดงความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ สายราชพฤกษ์ – ช่องนนทรี ค่าแนวโน้มของความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษบนทางแยกต่างๆนั้นมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน โดยการเปิดสัญญาณไฟแบบธรรมดาให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 51 วินาที/คัน การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ให้ค่าความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 20 วินาที/คัน การให้สิทธิ์โดยวิธี Active ให้ค่าความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 2 วินาที/คัน ในขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ให้ค่าความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 23 วินาที/คัน บนแยกนราธิวาส – รัชดาภิเษกพบความแตกต่างของค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่เกิดจากการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive และวิธี Differential โดยการให้สิทธิ์โดยวิธี Passiveให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 24 วินาที/คัน แต่การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 15 วินาที/คัน ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Active ทำให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษมีค่าลดลงเหลือ 1 วินาที ขณะที่บนแยกนราธิวาส – พระราม 3 มีลักษณะแนวโน้มของค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่ใกล้เคียงกับแยกนราธิวาส – รัชดาภิเษก โดยการเปิดสัญญา ณไฟแบบธรรมดาให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 68 วินาที/คัน การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ให้ค่าความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 33 วินาที/คัน การให้สิทธิ์โดยวิธี Active ให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 1 วินาที/คัน ในขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 7 วินาที/คัน แยกรัชดาภิเษก – ราชพฤกษ์เป็นแยกที่มีความแตกต่างของความล่าช้าน้อย โดยการเปิดสัญญาณไฟแบบธรรมดาให้ค่าความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 10 วินาที/คัน การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ให้ค่าความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 11 วินาที/คัน การให้สิทธิ์โดยวิธี Active ให้ค่าความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 1 วินาที /คัน ในขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 7 วินาที/คัน



(ก.) เส้นทางราชพฤกษ์ – ช่องนนทรี (NB)



(ข.) เส้นทาง ช่องนนทรี – ราชพฤกษ์ (SB)

รูปที่ 5-6 ความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ณ ทางแยกในช่วงเวลาสาย (9.00 – 11.00 น.)

จากรูปที่ 5-6 (ข.) แสดงความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ สายช่องนนทรี – ราชพฤกษ์ จากรูปนี้แสดงให้เห็นค่าที่แตกต่างกันของความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางในแต่ละแยก โดยบนแยกนราธิวาส – จันทร์ การเปิดสัญญาณไฟแบบธรรมดาให้ค่าความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 31 วินาที/คัน การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ให้ค่าความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 20 วินาที/คัน การให้สิทธิ์โดยวิธี Active ให้ค่าความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 2 วินาที/คัน ในขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 23 วินาที/คัน บนแยกนราธิวาส – รัชดาภิเษกพบความแตกต่างของค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่เกิดจากการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive และวิธี Differential โดยการให้สิทธิ์โดยวิธี Passiveให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 20 วินาที/คัน แต่การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 23 วินาที/คัน ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Active ทำให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษมีค่าลดลงมาก

ขณะที่บนแยกนราธิวาส – พระราม 3 มีลักษณะแนวโน้มของค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่ใกล้เคียงกับแยกนราธิวาส – รัชดาภิเษก โดยการเปิดสัญญาณไฟแบบธรรมดาให้ค่าความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 59 วินาที/คัน การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ให้ค่าความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศ ษ 22 วินาที/คัน การให้สิทธิ์โดยวิธี Active ให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 1 วินาที/คัน ในขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ให้ค่าความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 27 วินาที/คัน ส่วนแยกรัชดาภิเษก – ราชพฤกษ์ โดยการเปิดสัญญาณไฟแบบธรรมด าให้ค่าความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 32 วินาที/คัน การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ให้ค่าความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 23 วินาที/คัน การให้สิทธิ์โดยวิธี Active ให้ค่าความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 7 วินาที/คัน ในขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ให้ค่าความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 16 วินาที/คัน

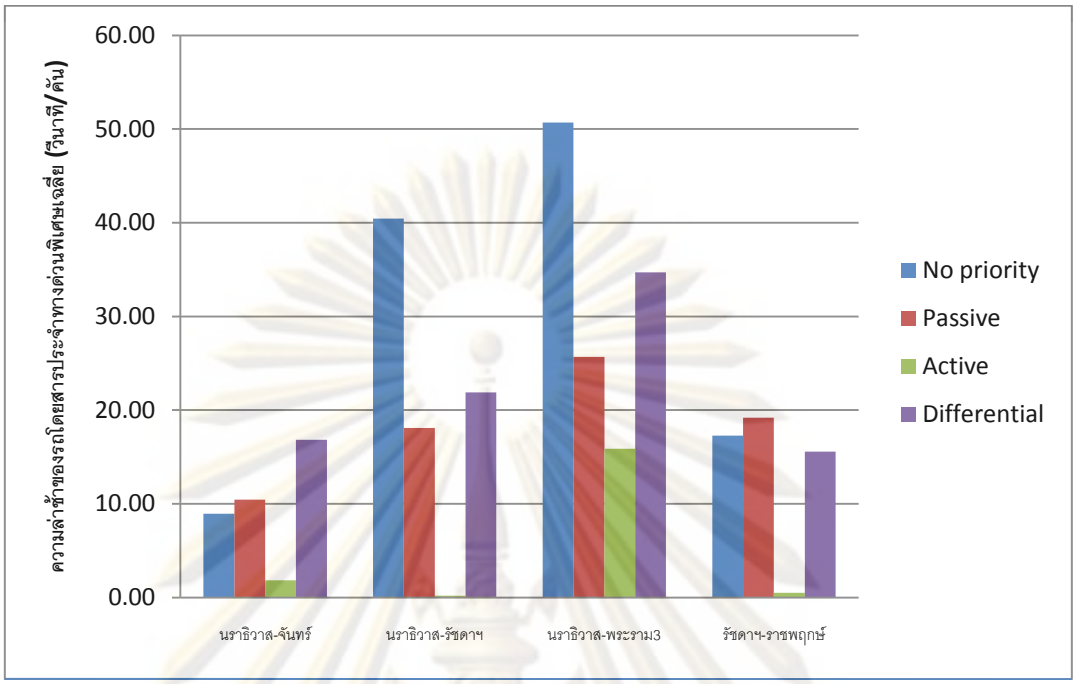
สำหรับผลการเปรียบเทียบความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษในช่วงเวลาสาย (9.00 - 11.00น.) พบว่าการให้การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ที่แตกต่างจากการให้สิทธิ์โดยวิธี Active มากขึ้นในหลายๆทางแยก ซึ่งอาจแสดงว่ามีความแตกต่างของปริมาณการให้สิทธิ์ที่มากขึ้น สำหรับการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive นั้นสามารถลดความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษได้มากกว่าการให้สิทธิ์โดยวิธี

Differential ทุกทางแยกยกเว้นแยกรัชดาภิเษก – ราชพฤกษ์ แสดงว่าการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential มีปริมาณการให้สิทธิ์ที่ใกล้เคียงกับการให้สิทธิ์โดยวิธี Active

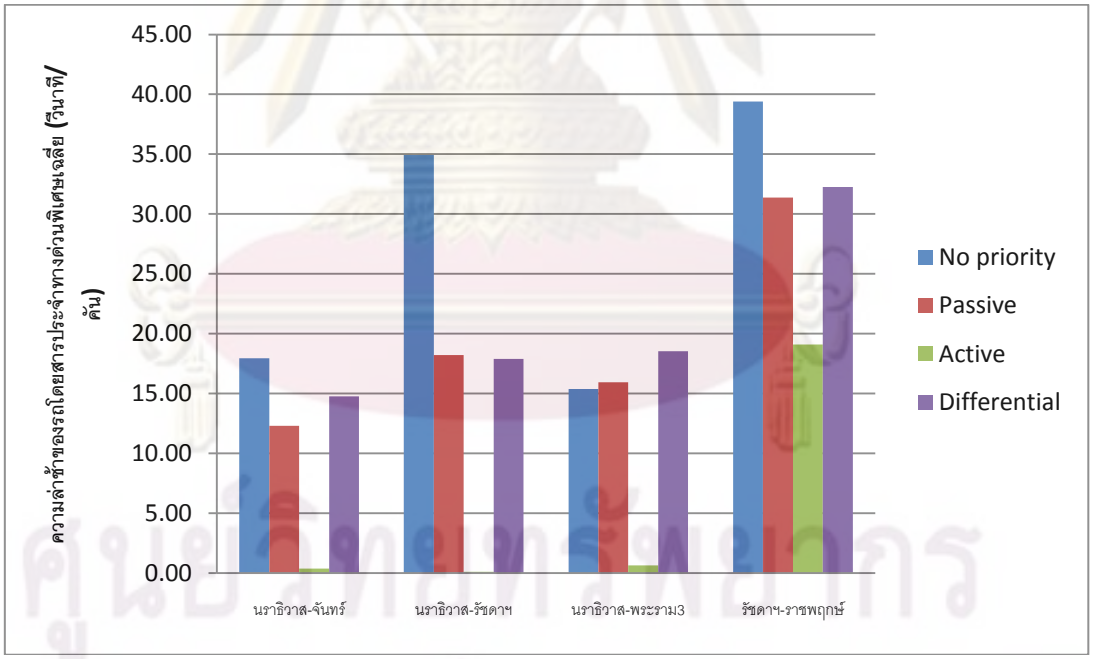
รูปที่ 5-7 แสดงความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษใน ช่วงเวลาเย็น (17.00 – 19.00 น.) โดยรูปที่ 5-7 (ก.) แสดงความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ณ ทางแยกสัญญาณไฟ สายราชพฤกษ์ – ช่องนนทรี โดยลักษณะแนวโน้มของกราฟในช่วงนี้มีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนี้ บนแยกนราธิวาส – จันทร์ การเปิดสัญญาณไฟปรกติทำให้รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษมีความล่าช้าที่ทางแยก 8 วินาที/คัน การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive และวิธี Differential ทำให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ มีค่าลดลงเล็กน้อยโดยมีค่า 10 และ 16 วินาที/คัน ตามลำดับ ขณะเดียวกันการให้สิทธิ์โดยวิธี Active ลดความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษได้เหลือเพียง 3 วินาที/คัน

บนแยกนราธิวาส – รัชดาภิเษก มีแนวโน้มของความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่เหมือนลักษณะส่วนใหญ่ของแนวโน้มของความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษในการวิจัยนี้คือ การเปิดสัญญาณไฟปรกติมีควาล่าช้ามากที่สุดคือ 40 วินาที/คัน แล้วลดลงเล็กน้อยเมื่อมีการให้สิทธิ์โดย วิธี Passive และวิธี Differential โดยมีความล่าช้า 18 และ 21 วินาที/คัน ความล่าช้าของรถโดยสารจะลดลงต่ำสุดเมื่อใช้การให้สิทธิ์โดยวิธี Active โดยให้ค่าความล่าช้า 1 วินาที/คัน แยกนราธิวาส – พระราม 3 มีความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเมื่อเปิดสัญญาณไฟปรกติเท่ากับ 50 วินาที/คัน การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive และวิธี Differential ทำให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ มีค่าลดลงเล็กน้อยโดยมีค่า 25 และ 34 วินาที/คัน ตามลำดับ ขณะเดียวกันการให้สิทธิ์โดยวิธี Active ลดความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษได้เหลือเพียง 15 วินาที/คัน และสุดท้ายแยก รัชดาภิเษก – ราชพฤกษ์ มีความล่าช้าของการเปิดสัญญาณไฟปรกติคือ 17 วินาที/คันและเพิ่มขึ้นเป็น 19 วินาที/คัน เมื่อให้สิทธิ์โดยวิธี Passive สำหรับการให้สิทธิ์โดยวิธีActive และวิธี Differential มีค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่ใกล้เคียงกันคือ 1 และ 15 วินาที/คัน ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก.)เส้นทางราชพฤกษ์ – ช่องนนทรี (NB)



(ข.) เส้นทาง ช่องนนทรี – ราชพฤกษ์ (SB)

รูปที่ 5-7 ความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ณ ทางแยกในช่วงเวลาเย็น (17.00 – 19.00 น.

รูปที่ 5-7 (ข.) แสดงความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ สายช่องนนทรี -ราชพฤกษ์ ความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษในช่วงนี้สามารถแบ่งลักษณะแนวโน้มออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 บนแยกนราธิวาส – จันทร์ แยกนราธิวาส – พระราม 3 และแยกนราธิวาส – รัชดาภิเษก ซึ่งกลุ่มนี้มีลักษณะแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันคือ การเปิดสัญญาณไฟปรกติมีค่าความล่าช้าของ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ที่สูงที่สุด ส่วนการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ช่วยลดคว ามล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษได้ในระดับหนึ่ง โดยค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ 10 - 15 วินาที/คัน สำหรับในการให้สิทธิ์โดยวิธี Active มีค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0 – 5 วินาที ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่เพิ่มขึ้นมากขึ้นประมาณ 10 - 20 วินาที/คัน กลุ่มที่ 2 คือ บนแยก นราธิวาส – พระราม 3 ซึ่งทางแยกดังกล่าว มีค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่มีแนวโน้มใกล้เคียงกับกลุ่มแรก เพียงแต่การให้ สิทธิ์โดยวิธี Active ลดความล่าช้าได้ไม่มากนัก

สำหรับในช่วงเวลาเย็นแนวโน้มของการเกิดความล่าช้ามีลักษณะที่ไม่ต่างจากในช่วงเวลาอื่นๆ คือการให้สิทธิ์โดยวิธี Active ทำให้รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษมีความล่าช้าต่ำที่สุด รองลงมาคือการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive และวิธี Differential ตามลำดับ ขณะที่การเปิดสัญญาณไฟปรกติทำให้ความล่าช้าสูงสุดเกือบทุกทางแยกยกเว้นในบางแยกซึ่งรถโดยสารมีการวิ่งที่สอดคล้องกับการตั้งสัญญาณไฟพอดี

สำหรับการวิเคราะห์ผลของความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่เกิดขึ้น ณ ทางแยกสัญญาณไฟพบว่าผลความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่เกิดขึ้นจากการให้สิทธิ์แบบต่างๆสามารถอธิบายได้เป็น 4 ข้อ คือ

1. เมื่อดูในภาพรวมการให้สิทธิ์ทุกวิธีสามารถช่วยลดความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษได้ โดยการให้สิทธิ์โดยวิธี Active ให้ค่าความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่ต่ำที่สุด เนื่องจากวิธีการให้สิทธิ์ลักษณะนี้จะเปิดสัญญาณไฟให้รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษทุกครั้ง

2. แนวโน้มที่การเปิดสัญญาณไฟปรกติ ในบางครั้งให้ค่าส่งผลประสิทธิภาพของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ โดยทำให้เกิดความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษลดลงเช่นแยกนราธิวาส – จันทร์ในช่วงเย็น เนื่องมาจากรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษสามารถจัด

สัญญาณไฟให้สอดคล้องในแต่ละทางแยก ทำให้รถโดยสารประจำทางด่วนพิเ ศษบางคันไม่เสียเวลาในการรอสัญญาณไฟ

3. ในบางครั้งการให้สิทธิ์โดยวิธี Active กับการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential จะมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากการให้สิทธิ์โดยวิธีทั้ง 2 มีกระบวนการที่เหมือนกัน เพียงแต่จำนวนการให้สิทธิ์ที่แตกต่างกันเท่านั้น ดังนั้นในบางสถานการณ์ถ้ าทางแยกที่ศึกษามีรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษสามารถผ่านเงื่อนไขในการให้บริการของ Differential ได้ทุกครั้ง จะทำให้มีจำนวนการให้สิทธิ์ที่เท่ากับการให้สิทธิ์ที่เท่ากับวิธี Active ความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษของ 2 วิธีดังกล่าวจะมีค่าเท่ากันได้

4. ในบางแยก การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ส่งผลเสียต่อรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเมื่อเทียบกับการเปิดสัญญาณไฟปรกติ เนื่องจากการตั้งสัญญาณไฟที่ดีอยู่แล้ว แต่การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential มีการเปลี่ยนเวลาสัญญาณไฟใหม่ตามการมาของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษทำให้ขาดการสอดคล้องกันระหว่างทางแยก

5. การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive สามารถลดความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษได้ดีเนื่องจาก การให้สิทธิ์วิธีนี้มีการลดเวลาคอยอีกทั้งยังมีการตั้งสัญญาณไฟให้สอดคล้องกันของแต่ละทางแยก ทำให้วิธีการให้สิทธิ์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.4 ความแน่นอนของความถี่การให้บริการ (Frequency Adherence)

ความแน่นอนของความถี่การให้บริการเป็นข้อมูลที่แสดงถึงความถี่ให้บริการที่เกิดขึ้นจริงของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ว่ามีใกล้เคียงความถี่ในการให้บริการที่ตั้งไว้มากเพียงใด โดยเก็บข้อมูลจากค่าระยะห่า ง (Headway) ของการมาถึงสถานีของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษซึ่งเป็นข้อมูลที่แปรผันกับค่าความถี่ในการให้บริการที่เกิดขึ้นในแต่ละสถานีรับส่งผู้โดยสาร โดยสถานีที่เก็บค่าระยะห่างของการมาถึงสถานีประกอบด้วยสถานี 8 ซึ่งมีตำแหน่งดังรูปที่ 5-8 ในการวิจัยมีการตั้งค่าระยะห่างของการมาถึงสถานีของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเป็น 2 ค่าคือ 10 นาที สำหรับการศึกษาในช่วงเวลาสาย (9.00 – 11.00 น.) และ 5 นาที สำหรับการศึกษาในช่วงเวลาเช้า (7.00 – 9.00 น.) และช่วงเวลาเย็น (17.00 – 19.00 น.) ในการเดินรถสายราชพฤกษ์ – ช่องนนทรี (NB) จะเดินทางผ่านแยกรัชดาภิเษก – ราชพฤกษ์ หลังจากนั้นจะผ่านถนนพระราม 3 ซึ่งเป็นทางแยกที่มีสะพานข้ามแยกตลอดสายแล้วจึงเข้าสู่ถนนนราธิวาสซึ่งมีทางแยกสัญญาณไฟติดต่อกัน 3

แห่ง ขณะที่การเดินรถสายช่องนนทรี – ราชพฤกษ์ (SB) จะเดินทางผ่านทางแยกสัญญาณไฟ ที่มีทางแยกติดกันก่อน 3 แห่งหลังจากนั้นเป็นถนนที่มีสะพานข้ามแยกตลอดสายทางจนถึงทางแยกสุดท้าย โดยปัจจัยที่มีผลต่อความแน่นอนของความถี่การให้บริการจะมีด้วยกันหลายด้าน เช่น ความเร็วที่ต่างกันของรถโดยสารซึ่งจะเกิดขึ้นหากการเดินทางเป็นระยะทางไกล จะทำให้รถโดยสารปร ะจำทางตามคันที่วิ่งช้าได้ เวลาในการหยุดที่สถานี ซึ่งในแบบจำลองตั้งค่าให้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5 วินาที และการหยุดที่ทางแยกสัญญาณไฟซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการศึกษาความแน่นอนของความถี่ในการให้บริการของงานวิจัยนี้

รูปที่ 5-8 จุดอ้างอิงในการตรวจสอบความถี่ในการให้บริการ

ในส่วนของความถี่ในการให้บริการของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่สามารถชี้วัดได้ โดยนำค่าระยะห่างของการมาถึงสถานีของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษในแต่ละจุดมาเพื่อมาวิเคราะห์คว ามสามารถในการตรงต่อเวลา โดยทำการหักคะแนนรถโดยสารที่มีความถี่ในการให้บริการที่น้อยกว่าความถี่การให้บริการที่ตั้งไว้ โดยหัก 1 คะแนนทุกๆ 1 วินาทีที่รถโดยสารล่าช้าที่จุดตรวจ ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 5-4

ตารางที่ 5-4 ความไม่ตรงต่อเวลาของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ

การหักคะแนนเนื่องจากความไม่ตรงต่อเวลาของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (คะแนนติดลบ)				
เส้นทาง	เช้า			
	No priority	Passive	Active	Differential
NB	40134	33407	42787	35405
SB	53644	59003	54303	51307
รวม	93778	92410	97091	86712
	สาย			
	No priority	Passive	Active	Differential
NB	28250	23375	22206	16585
SB	39139	37355	39735	30676
รวม	67389	60729	61941	47261
	เย็น			
	No priority	Passive	Active	Differential
NB	33292	36268	32995	28685
SB	60961	58465	65280	54436
รวม	94253	94733	98275	83122

ในการวิเคราะห์จะนำค่าระยะห่างของการเข้าสู่สถานีของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษมาคำนวณโดยจะติดหักคะแนน 1 คะแนน ถ้าหากการเดินทางของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษมีความล่าช้ากว่าที่ตั้งไว้ (5 นาที ในช่วงเวลาเช้า และเย็น 10 นาทีในช่วงเวลาสาย) เป็นเวลา 1 นาที และหักเพิ่มขึ้นอีกทีละ 1 คะแนน หากล่าช้าเกินกว่า 1 นาที อีกทุกๆ 1 วินาที ดังนั้นการให้สิทธิ์ที่ถูกหักคะแนนน้อยที่สุด แสดงว่ามีการให้สิทธิที่รักษาความถี่ของการให้บริการได้ดีที่สุด

จากตารางที่ 5-4 ในช่วงเวลาเช้า (7.00 - 9.00น.) จะเห็นว่าการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ถูกหักคะแนนเนื่องจากการมาไม่ตรงต่อเวลาน้อยที่สุด โดยถูกหักคะแนนน้อยมากในทิศทางมุ่งใต้ รองลงมาคือการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ซึ่งถูกหักคะแนนน้อยที่สุดในทิศทางมุ่งไปทางเหนือ แต่ถูกหักคะแนนมากสุดในทิศทางมุ่งไปทา งใต้ ส่วนการเปิดสัญญาณไฟปรกติและการให้สิทธิ์โดยวิธี Active ถูกหักคะแนนเป็นอันดับ 3 และอันดับ 4 ตามลำดับ ขณะที่ในช่วงเวลาสายการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive และ Active สามารถลดการถูกหักคะแนนได้เพิ่มขึ้นจากการเปิดสัญญาณไฟธรรมดา ในทิศทางมุ่งไปทางเหนือ แต่มีค่าใกล้เคียงกันในทิศทางมุ่งไปทางใต้ ส่วนการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential สามารถลดความไม่แน่นอนของความถี่การให้บริการได้สูงมาทั้ง 2 ทิศทาง ในช่วงเวลาเย็น (17.00 - 19.00น.) การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ถูกหักคะแนนเนื่องจากไม่ตรงต่อเวลารวม 2 ทิศทาง (NB และ SB) น้อยที่สุด ขณะที่วิธี Active มีความแน่นอนของความถี่การให้บริการเพิ่มขึ้น

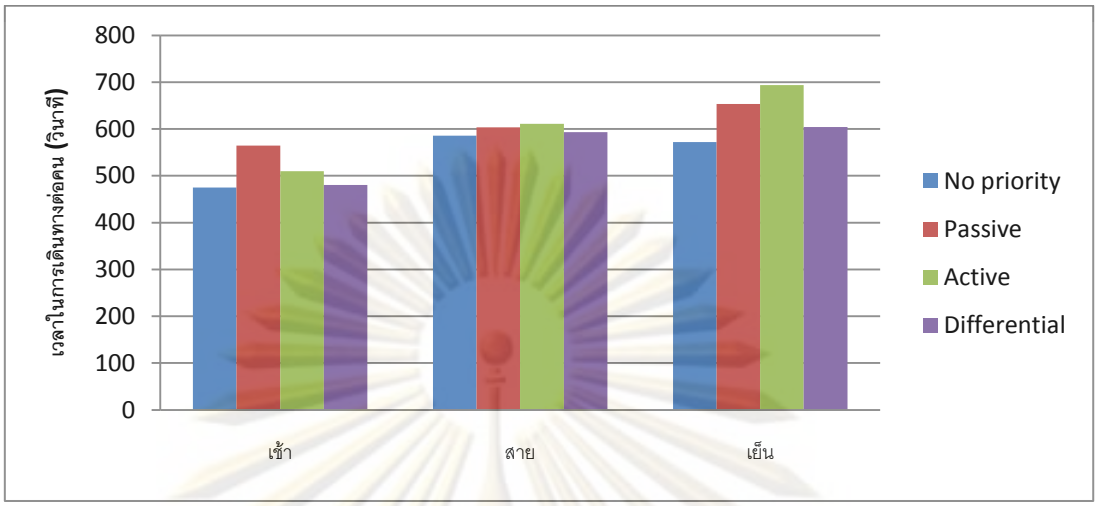
เมื่อเทียบกับการเปิดสัญญาณไฟปรกติในทิศทางมุ่งไปทางเหนือ และวิธี Passive มีความแน่นอนของความถี่การให้บริการเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการเปิดสัญญาณไฟปรกติในทิศทางมุ่งไปทางใต้ แต่เมื่อรวมทั้ง 2 ทิศทางแล้วพบว่าทั้ง 2 วิธีมีความแน่นอนของความถี่การให้บริการที่แย่ลงเมื่อเทียบกับการเปิดสัญญาณไฟปรกติ

จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวจะเห็นว่าการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ทำให้การให้บริการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษมีความแน่นอนของความถี่การให้บริการที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการเปิดสัญญาณไฟปรกติได้ทุกช่วงเวลาและทุกทิศทางเนื่องจากเป็นวิธีการให้สิทธิ์ที่มีการหยุดรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่มาเร็วกว่าตารางเวลา โดยจะมีความแน่นอนของ ความถี่การให้บริการที่สูงในทิศทางมุ่งทางใต้ เนื่องจากผ่านทางแยกที่มีสัญญาณไฟที่ให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง 3 แห่งที่ต่อเนื่องกันก่อนจะถึงถนนพระราม 3 ซึ่งเป็นสะพานข้ามแยกตลอดสายทาง ทำให้รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษสามารถรักษาตารางเวลาได้ 3 จุดผ่านการควบคุมที่ ทางแยก ขณะที่การเดินรถในทิศทางมุ่งไปทางเหนือนั้นควบคุมตารางเวลาได้ยากกว่าเนื่องจากหลังจากผ่านแยกแรกแล้ว รถโดยสารจะเดินทางโดยไม่มีการควบคุมจากสัญญาณไฟเลย จึงเกิดการตามกันของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษขึ้นหากรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษมีความแตกต่างของความเร็วรถที่ สูง ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่สามารถแก้ไขได้โดยใช้สัญญาณไฟ สำหรับการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive และวิธี Active จะมีความแน่นอนของความถี่ในการให้บริการที่คล้ายคลึงกัน เนื่องจากมีวิธีการให้สิทธิ์ที่ไม่ได้คำนึงถึงตารางเวลาที่เกิดขึ้นเหมือนกัน โดยมีความแน่นอนของความถี่บ ริการที่สูงในช่วงเวลาเช้าและเย็น โดนหักคะแนนคันละประมาณ 72-75 คะแนนขณะที่ช่วงเวลาสายจะถูกหักคะแนนคันละประมาณ 90 คะแนน ทั้งนี้เนื่องจากความถี่ในการให้บริการที่ต่ำมีช่วงเวลาสำหรับถูกหักคะแนนมากกว่าช่วงเวลาของความถี่ในการให้บริการที่สูง เช่นหากสถานการณ์ทั้ง 2 สถานการณ์มีรถ 2 คันแรกวิ่งตามกันและคันที่ 3 วิ่งตรงเวลา การเดินรถด้วยความถี่การให้บริการ 5 นาที จะถูกหักคะแนนมากสุดได้ 300 คะแนน ขณะที่การเดินรถด้วยความถี่การให้บริการ 10 นาที จะถูกหักคะแนนได้สูงถึง 600 คะแนน สำหรับการเปิดสัญญาณไฟปรกติจะมีความแน่นอนของความถี่การให้บริการที่สูงเท่ากับการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive และวิธี Active ในช่วงเวลาเช้าและเย็น แต่ในช่วงเวลาสายจะมีความแน่นอนของความถี่การให้บริการที่ต่ำมาก จนแย่กว่า การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive และวิธี Active โดยถูกหักคะแนนคันละประมาณ 100 คะแนน ทั้งนี้เนื่ องจากในช่วงเวลาสายนั้นการเปิดสัญญาณไฟปรกติรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษมีการเดินทางที่ไม่สอดคล้องกับสัญญาณไฟจึงทำให้รถหยุดที่ทางแยกบ่อยมาก จึงเกิดการตามกันของรถสูง

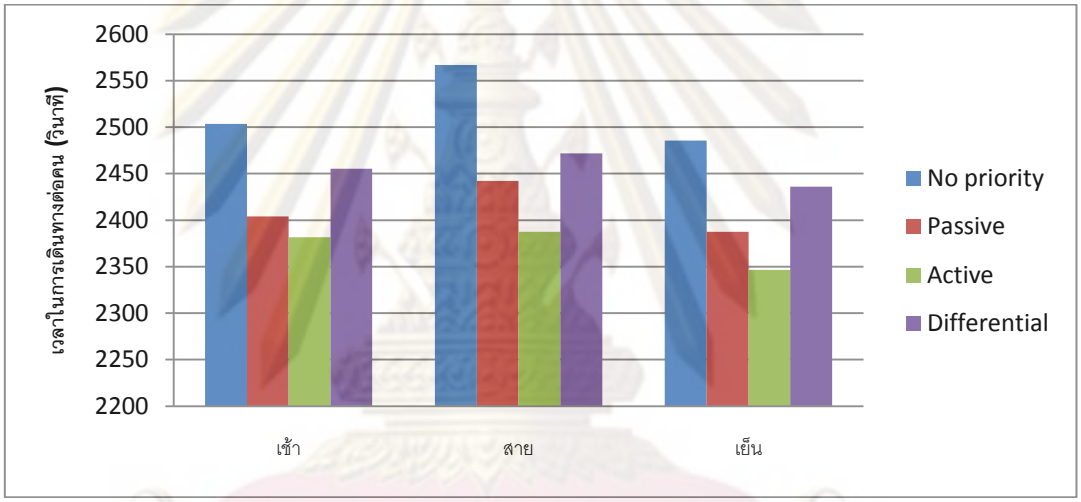
5.5 เวลาในการเดินทางของผู้เดินทาง (Person travel time)

เวลาในการเดินทางของผู้เดินทางเป็นตัวชี้วัดหนึ่งที่สำคัญ ซึ่งบอกถึงเวลาการเดินทางต่อคนของรถในระบบ โดยรูปที่ 5-21 แสดงเวลาในการเดินทางของผู้เดินทางต่อคนสำหรับผู้ใช้ยานพาหนะต่างๆ โดยการวิเคราะห์จะตั้งสมมุติฐานว่า ความหนาแน่นของผู้ใช้รถยนต์ส่วนบุคคลเฉลี่ยมีค่า 1.4 คน/คัน ส่วนความหนาแน่นของผู้ใช้รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ มีค่า 80 คน/คัน ในส่วนของรถตู้และรถบรรทุกนั้นมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับรถยนต์ส่วนบุคคลจึงทำการทดสอบเพียงยานพาหนะ 2 ชนิดเท่านั้น

รูปที่ 5-21 (ก.) แสดงเวลาในการเดินทางของผู้เดินทางรวมสำหรับผู้ใช้ร ถยนต์อันเกิดจากการให้สิทธิ์โดยวิธีต่างๆเมื่อเทียบกับการเปิดสัญญาณไฟปรกติมีเวลาในการเดินทางที่สูงกว่าการเปิดสัญญาณไฟปรกติ โดยในช่วงเวลาเช้า (7.00 – 9.00 น.) เวลาในการเดินทางของผู้ใช้รถยนต์เมื่อคิดเป็นรายคนพบว่า เมื่อมีการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive เวลาในการเดิ นทางของผู้เดินทางเพิ่มขึ้นสูงที่สุด เนื่องจากการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive มีผลกระทบอย่างมากต่อการจราจรบนทางสายหลัก ขณะที่เมื่อมีการให้สิทธิ์โดยวิธี Active เวลาในการเดินทางของผู้เดินทางลดลงกว่าการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive เพราะถึงแม้ว่าจะมีผลกระทบบนทางสายรอง สูง แต่ความล่าช้าของการจราจรบนทางสายหลักลดลงเล็กน้อย สำหรับการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ส่งผลกระทบทั้งทางสายหลักและทางสายรองที่ไม่มากนักจึงมีเวลาในการเดินทางต่อคนที่น้อยที่สุด ในช่วงเวลาสาย (9.00 – 11.00น.) ซึ่งมีปริมาณจราจรไม่มากนักจึงมีผลต่างของเวลาในการเดินทางที่น้อย โดยเวลาในการเดินทางของผู้เดินทางของแบบ Passive ต่ำกว่าการให้สิทธิ์โดยวิธี Active เพราะในช่วงเวลานี้ การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ไม่ส่งผลกระทบต่อการจราจรบนทางสายหลักเนื่องจากปริมาณจราจรพอดีกับการตั้งสัญญาณไฟ แต่การให้สิทธิ์โดยวิธี Active ส่งผลกระทบต่อการจราจรบนทางสายรองทำให้มีเวลาในการเดินทางต่อคนที่สูงกว่า ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential มีเวลาในการเดินทางของผู้เดินทางที่ต่ำที่สุดเนื่องจากมีผลกระทบจากการให้สัญญาณไฟที่ไม่มากนัก สำหรับในช่วงเวลาเย็น (17.00 - 19.00น.) พบว่า การให้สิทธิ์ โดยวิธี Differential และการเปิดสัญญาณไฟปรกติ มีเวลาในการเดินทางของผู้เดินทางโดยรถยนต์ใกล้เคียงกัน ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ให้เวลาในการเดินทางของผู้เดินทางที่สูงขึ้นกว่า 2 สถานการณ์ข้างต้น เนื่องจากมีผลกระทบต่อการจราจรบนทางสายหลักเกิดขึ้นเล็กน้ อย ส่วนเวลาในการเดินทางเมื่อมีการให้สิทธิ์โดยวิธี Active มีค่าที่สูงมากเนื่องจากผลกระทบจากการตัดสัญญาณไฟบนทางสายรองเพื่อให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางบนทางสายหลัก ซึ่งทั้ง 3 ช่วงเวลาสอดคล้องกับความล่าช้าของการจราจรที่ศึกษาในหัวข้อก่อนหน้า



(ก.) รถยนต์ส่วนบุคคล



(ข.) รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ

(ค.) รวมทุกประเภท

รูปที่ 5-9 เวลาในการเดินทางของผู้เดินทางต่อคน

จากรูปที่ 5-21 (ข.) แสดงเวลาในการเดินทางของผู้เดินทางสำหรับผู้โดยสารรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ พบว่า การให้สิทธิ์โดยวิธีต่างๆสามารถเวลาในการเดินทางของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษได้ โดยทุกช่วงเวลาจะมีแนวโน้มที่เหมือนกันคือ การให้สิทธิ์โดยวิธี Active ลดเวลาในการเดินทางได้มากที่สุด รองลงมาคือการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive และการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาด้านความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ทั้งนี้เนื่องจากการให้สิทธิ์โดยวิธี Active จะเปิดสัญญาณไฟให้แก่รถโดยสารประจำทางให้ผ่านทางแยกทุกครั้งรถโดยส ารประจำทางด่วนพิเศษจึงไม่ต้องหยุดที่ทางแยกบ่อยครั้งนัก ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ทำได้เพียงลดเวลาคอยสัญญาณไฟของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษจึงมีการหยุดรอสัญญาณไฟของรถโดยสารประจำทางทุกคันทำให้มีความล่าช้าที่ทางแยกสูงกว่าส่วนการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ถึงแม้จะเปิดสัญญาณไฟให้แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษผ่านทางแยกโดยไม่ต้องหยุด แต่ก็เปิดเพียงคันที่มีความล่าช้าของความถี่การให้บริการเท่านั้น จึงมีความล่าช้าที่ทางแยกอยู่บ้าง

จากที่รูปที่ 5-21 (ค.) พบว่าการเวลาในการเดินทางของผู้เดินทางของผู้โดยสารที่ใช้รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษนั้นเป็นเพียงส่วนน้อยเมื่อเทียบกับเวลาในการเดินทางของผู้เดินทางของผู้เดินทางรวมทั้งหมด ซึ่งทำให้เวลาในการเดินทางของผู้เดินทางรวมมีค่าใกล้เคียงกับการเดินทางโดยรถยนต์ ดังนั้นให้บริการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษไม่สามารถเวลาในการเดินทางของผู้เดินทางในระบบลงได้ แต่ทั้งนี้ยังมีปัจจัยในหลายด้วยเช่นการเปลี่ยนแปลงวิธีการเดินทางของผู้เดินทางซึ่งอาจทำให้ผลกระทบของการจราจรลดน้อยลงและเวลาในการเดินทางของผู้เดินทางในการให้สิทธิ์แต่ละวิธีมีค่าที่น้อยลงด้วยได้

5.6 สรุป

จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ผลของการให้สิทธิ์รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษในรูปแบบต่างๆในแต่ละช่วงเวลาจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน โดยจะสรุปข้อดีข้อเสียของให้สิทธิ์ได้ดังตารางที่ 5-5

จากตารางที่ 5-5 แสดงค่าคะแนนผลดีผลเสียขอ งการให้สิทธิ์โดยวิธีต่างๆ โดยค่าคะแนนเป็นบวกแสดงว่าการให้สิทธิ์ส่งผลดีและถ้าคะแนนเป็นลบส่งผลเสียต่อระบบ การให้สิทธิ์โดยวิธี Active ส่งผลดีต่อจราจรบนทางสายหลัก และส่งผลเสียต่อจราจรบนทางสายรอง ส่วนการให้สิทธิ์

โดยวิธี Passive ส่งผลเสียต่อการจราจรบนทางหลัก จึง ทำให้เป็นวิธีการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ซึ่งที่ส่งผลกระทบต่อการจราจรไม่สูงทั้ง 2 ทิศทางเป็นการให้สิทธิ์ที่ส่งผลกระทบต่อจราจรน้อยที่สุด ขณะเดียวกันก็ลดความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษลงได้ในแยกส่วนใหญ่ ยกเว้นที่แยกจันทร์ตัดกับนราธิวาสเท่านั้นที่ ให้ค่าความล่าช้าที่สูงขึ้น สำหรับการให้สิทธิ์โดยวิธี Active ช่วยลดความล่าช้าที่ทางแยกของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษได้มากที่สุด ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive สามารถลดความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางได้มากกว่าวิธี Differential

ในด้านความแน่นอนของความถี่การ ให้บริการ การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ช่วยให้มีความแน่นนอนของความถี่การให้บริการเพิ่มขึ้นได้ดีที่สุดทุกช่วงเวลา ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Active และวิธี Passive มีความแน่นอนของความถี่การให้บริการที่ดีกว่าการเปิดสัญญาณไฟปรกติ สัญญาณไฟปรกติเฉพาะในช่วงเวลาสาย (9.00 - 11.00น.) และเมื่อเปรียบเทียบในแง่ของเวลาในการเดินทางของผู้เดินทางรวม การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ส่งผลกระทบต่อจราจรมาก โดยทำให้เวลาในการเดินทางของผู้เดินทางรวมทั้งหมดสูงที่สุด ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ทำให้เวลาในการเดินทางของผู้เดิ นทางรวมทั้งหมดต่ำที่สุด แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ พบว่าการให้สิทธิ์โดยวิธี Active ทำให้เวลาในการเดินทางของผู้เดินทางรวมลดลงได้มากที่สุด ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential เป็นวิธีที่ให้ค่าเวลาของผู้เดินทางรวมต่ำที่สุด ซึ่งมีความสอดคล้องกับความล่าช้าของจราจร

เมื่อรวมคะแนนจากตารางที่ 5-1 พบว่าการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ได้คะแนนรวม -61 คะแนน วิธีการให้สิทธิ์โดยวิธี Active ได้คะแนน -43 คะแนน ส่วนการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ได้คะแนน 118 คะแนน แสดงว่าหากให้ความสำคัญกับตัวชี้วัดทุกตัวเท่ากัน การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential เป็นวิธีการให้สิทธิ์ที่ดีที่สุด

ตารางที่ 5-5 สรุปข้อดีข้อเสียของการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ	หน่วย	Passive	Active	Differential
ความล่าช้าของการจราจร	คะแนน	-29	-55	-14
ความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ	คะแนน	57	114	40
ความแน่นอนของความถี่การให้บริการ	คะแนน	28	7	117
เวลาในการเดินทางของผู้เดินทาง	คะแนน	-117	-109	-25

บทที่ 6

สรุป

6.1 สรุป

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรในการวิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะการให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทาง ณ ทางแยกสัญญาณไฟวิธีต่างๆ ประกอบไปด้วยการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive ซึ่งไม่มีการตรวจจับรถโดยสารประจำทาง แต่อาศัยการจัดสัญญาณไฟให้เอื้อประโยชน์แก่รถโดยสาร การให้สิทธิ์โดยวิธี Active ซึ่งมีการนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการให้สิทธิ์โดยให้สิทธิ์ตามการเข้าสู่ทางแยกของรถโดยสารประจำทาง และการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential ซึ่งมีวิธีการให้สิทธิ์เหมือนการให้สิทธิ์โดยวิธี Active เพียงแต่ตั้งเงื่อนไขสำหรับการให้สิทธิ์เพิ่ม โดยให้สิทธิ์เฉพาะรถโดยสารที่มีความล่าช้าต่อตารางเวลาเท่านั้น

การวิจัยผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองจราจร ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถจำลองพฤติกรรมในระดับจุลภาคได้สมจริง โดยการวิจัยได้ศึกษาใน 3 ช่วงเวลาคือ เวลาเช้า (7.00 น – 9.00 น.) ในช่วงเวลาสาย (9.00 – 11.00น.) และช่วงเวลาเย็น (17.00 น. – 19.00 น.) ซึ่งโครงข่ายที่ศึกษานั้นมีทางแยกที่เป็นทางแยกสัญญาณไฟทั้งหมด 9 แห่ง แต่ในการศึกษานี้รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษจะแล่นผ่านจุ ดตัดทางแยกสัญญาณไฟเพียง 4 แห่ง เนื่องจากทางแยกสัญญาณไฟที่เหลือมีสะพานข้ามแยกทำให้รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษสามารถวิ่งผ่านทางแยกไปได้โดยสะดวก

การวิเคราะห์ผลของประสิทธิภาพต่างๆของวิธีการให้สิทธิ์ ประกอบไปด้วย ความล่าช้าที่ทางแยกสัญญาณไฟของจราจรและรถโดยสาร ประจำทางด่วนพิเศษ เวลาในการเดินทางของผู้เดินทางโดยยานพาหนะชนิดต่างๆ และความแน่นอนของความถี่การให้บริการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษสามารถที่สรุปการศึกษาได้ดังนี้

1. การให้บริการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษส่งผลกระทบต่อความล่าช้าของการจราจร โดยเกิดความล่าช้าขึ้นทั้ง 2 ทิศทาง เนื่องจากการตั้งสัญญาณไฟใหม่เพื่อกระจายความล่าช้าบนทางสายหลักไปยังทางสายรอง เพื่อให้ความล่าช้าทั้ง 2 ทิศทางมีความสมดุลกัน

2. การให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ ส่งผลกระทบต่อการจราจรในพื้นที่ศึกษาทำให้เกิดความล่าช้าของการจราจรที่เพิ่มมากขึ้น แต่ การให้สิทธิ์ช่วยลดความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษที่ทางแยกได้บ้าง แต่เมื่อคิดเป็นเวลาในการเดินทางรายคนแล้วพบว่าการให้สิทธิ์ยังไม่ช่วยลดเวลาในการเดินทางของผู้เดินทางลงได้

3. การให้สิทธิ์โดยวิธี Passive เป็นการให้สิทธิ์ไม่มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วย ทำให้ลดเวลาในการเดินทางของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษได้ไม่มากนัก โดยสามารถลดเวลาในการเดินทางได้เพียงร้อยละ 40 เมื่อเทียบกับความล่าช้าของการจราจรกรณีเปิดสัญญาณไฟปรกติ ในขณะเดียวกันการให้สิทธิ์ลักษณะนี้ยังทำให้ความแน่นอนของการให้บริการของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศ ษต่ำมาก โดยมีความแน่นอนของการให้บริการที่ดีกว่าการเปิดสัญญาณไฟปรกติในช่วงเวลาสาย สำหรับผลกระทบต่อการจราจรนั้นพบว่าการให้สิทธิ์วิธีนี้ส่งผลกระทบต่อการจราจรบนทางสายหลักเป็นส่วนใหญ่ แต่บนทางสายรองการให้สิทธิ์วิธีนี้ไม่มีผลมากนัก ทำให้เมื่อพิจารณาถึงความล่าช้ารวมเฉลี่ยที่ทางแยก การให้สิทธิ์วิธีนี้จะมีผลกระทบต่อจราจรน้อย

4. การให้สิทธิ์โดยวิธี Active เป็นการให้สิทธิ์ที่นำเอาเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการให้สิทธิ์ ทำให้สามารถให้สิทธิ์ได้ตามการเข้าสู่ทางแยกของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ จากการวิเคราะห์ผลพบว่า ให้สิทธิ์วิธีนี้ทำให้ประสิทธิภาพของสัญญาณไฟเดิมลดลง ซึ่งหากปริมาณจราจรบนทางสายหลักมีปริมาณจราจรน้อย ความล่าช้าการจราจรที่เกิดขึ้นจากการให้สิทธิ์โดยวิธีนี้ส่งผลกระท บให้มีความล่าช้าที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากระบบการให้สิทธิ์วิธีนี้มีการสอดแทรกเข้าไปในช่วงสัญญาณไฟเดิม ส่งผลให้การเปิดสัญญาณไฟไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มที่ และยังส่งผลกระทบต่อทางสายรองจากการตัดสัญญาณไฟของทางสายรองไปให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางบนทางสายหลักอีกด้วย การให้สิทธิ์วิธีนี้ทำให้ค่าความล่าช้าที่เกิดขึ้นบนทางแยกของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษมีค่าที่ต่ำที่สุดโดยสามารถลดได้ร้อยละ 90 ของความล่าช้าเดิม และมีค่าความล่าช้าที่เท่ากันทุกทางแยก สำหรับความแน่นอนของการให้บริการนั้นการให้สิทธิ์โดยวิธีดังกล่าวมีความแน่นอนของความถี่การให้บริการมากกว่าการเปิดสัญญาณไฟปรกติได้ในช่วงเวลาสายเท่านั้น

5. การให้สิทธิ์โดยวิธี Differential เป็นการให้สิทธิ์ที่พัฒนามาจากการให้สิทธิ์โดยวิธี Active แต่การให้สิทธิ์วิธีนี้คำนึงถึงคุณภาพของระยะห่างการเข้าสู่สถานีของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเป็นหลัก โดยให้สิทธิ์แก่รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษไปก่อนหากว่ารถโดยสาร

ประจำทางด่วนพิเศษมาช้ากว่าเวลาที่กำหนดไว้ จากการวิเคราะห์ผลพบว่าการให้สิทธิ์วิธีนี้เกิดผลกระทบต่อ จราจรที่ไม่สูง โดยมีผลกระทบทางจราจรในทางสายรองที่ต่ำกว่าการให้สิทธิ์โดยวิธี Active เนื่องจากปริมาณการให้สิทธิ์ซึ่งไปรบกวนระบบสัญญาณไฟที่น้อยกว่าการให้สิทธิ์โดยวิธี Active ขณะเดียวกันผลกระทบของจราจรบนทางสายหลักก็เพิ่มขึ้นไม่มากนัก ทำให้การให้สิทธิ์ในลักษณะนี้ส่งผลกระทบต่อจราจรน้อยที่สุด

การให้สิทธิ์วิธีนี้อาจลดความล่าช้าของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษโดยเฉลี่ยได้ไม่มากนัก เนื่องจากจะให้สิทธิ์เฉพาะรถโดยสารประจำทางที่ควรได้เท่านั้น แต่การให้สิทธิ์วิธีนี้ทำให้การเดินรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษมีความแน่นอนของตารางเวลาที่มากที่สุด

จากผลการวิเคราะห์การให้สิทธิ์ทั้ง 3 วิธีพบว่าการให้สิทธิ์ในแต่ละวิธีมีความเหมาะกับการนำมาใช้ในวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันไป โดยการให้สิทธิ์โดยวิธี Passive เหมาะสมที่ใช้ในบริเวณที่มีปริมาณจราจรไม่มากนักและมีการวางแผนการจัดสัญญาณไฟที่ดี โดยเปิดสัญญาณไฟมีความสอดคล้องกัน ทำให้ประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นมีความเด่นชัดขึ้นในการเดินรถและส่งผลกระทบต่อจราจรรวมไม่มากนัก ขณะที่การให้สิทธิ์โดยวิธี Active เหมาะที่จะนำมาใช้ในเขตที่ต้องการเดินทางที่รวดเร็ว และพื้นที่ดังกล่าวไม่มีปัญหาเกี่ยวกับความล่าช้าของจราจร และควรเป็นการให้บริการที่มีความถี่สูง เนื่องจากช่วยลดข้อด้อยในด้านตารางเวลาลงได้ และการให้สิทธิ์โดยวิธี Differential เป็นการให้สิทธิ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีปริมาณจราจรสูง การให้สิทธิ์วิธีนี้จะไม่ส่งผลกระทบต่อการจราจรมากนัก และยังเหมาะที่จะนำไปใช้โครงการที่มุ่งเน้นในด้านความแน่ของตารางเวลาเป็นสำคัญ

เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ พบว่าการนำโครงการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษเข้ามาใช้จะมีผลกระทบต่อจราจรที่สูงขึ้น แต่ก็ช่วยเพิ่มทางเลือกในการเดินทางที่มีความรวดเร็วมากขึ้นได้ โดยการคาดการณ์ปริมาณผู้โดยสารของบริษัท PCBK จำกัด พบว่ามีผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษในช่วงเวลาเร่งด่วน 1193 คนต่อชั่วโมงต่อทิศทาง ซึ่งจะลดปริมาณจราจรบนทางสายหลักได้พอสมควร ทำให้ผลกระทบของการจราจรที่เกิดขึ้นอาจจะลดลงได้ในระดับหนึ่งและอาจช่วยให้ปัญหาจราจรในกรุงเทพมหานครลดลงได้ในระดับหนึ่ง

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรุงเทพธนาคม. 2548. ระบบรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ [Online]. Available form: http://www.bangkokbrt.com/system.html[23 เมษายน 2552].

ทวี วิชัยเมธาวี. 2545. การพัฒนาวิธีควบคุมสัญญาณไฟจราจรในสภาพจราจรอิ่มตัว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เทอดศักดิ์ รองวิริยะพานิช. 2546. แบบจำลองจราจรแบบจุลภาคเพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรเพื่ออำนวยความสะดวกแก่รถโดยสารประจำทาง. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุฒณฑา หรั่งโพธิ์. 2549. การประเมินผลกระทบด้านจราจรโดยใช้โปรแกรมPARAMICS กรณีศึกษาโครงการอาคารจอดแล้วจรสถานีลาดพร้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อาทิตย์ ศรีจำปา. 2550. แบบจำลองจราจรสำหรับระบบทางด่วนเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาอังกฤษ

Chen, X. M., Yu, L., and Guo, S. X. 2007. Impacts of Exclusive Lanes and Signal Priority on Bus Rapid Transit Effectiveness. Proceedings of International Conference on Transportation Engineering (2007): 364-369.

Daniel, J., Lieberman, E., Srinivasan, R. 2004. Assess Impacts and Benefits of Traffic Signal Priority for Busses [Online]. National Center for Transportation and Industrial Productivity. Available from: transportation.njit.edu/NCTIP/final_report/SignalPriority.pdf[2009, May/20].

Davol, A. P. 2001. Modeling of Traffic Signal Control and Transit Signal Priority Strategies in a Microscopic Simulation Laboratory. Master's Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology.

Dion, F., Rakha, H., and Zhang, Y. 2004. Evaluation of Potential Transit Signal Priority Benefits along a Fixed-Time Signalized Arterial. Journal of Transportation Engineering (May – June): 294 – 303.

Dowling, R., Skabardonis, A., Alexiadis V. 2003. Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Software. US.Department of transport, Federal Highway Administration.

Jansuwan, S., and Narupiti, S. 2005. Assessment of area traffic control system in Bangkok by the microscopic simulation model. Proceedings of The Eastern Asia Society for Transportation Studies 5 (2005): 1367-1378.

Jeremy R. Klop . 2007. Transit – Regional Transit Signal Priority Study. Proceedings of 5th Annual Spring Transportation Symposium (2007).

Liao, C. F., and Davis, G. A. 2006. Simulation Study of a Bus Signal Priority Strategy Based on GPS/AVL and Wireless Communications. Intelligent Transportation Systems Institute, Center for Transportation Studies, Department of Civil Engineering, University of Minnesota.

Liao, C. F., and Davis, G. A. 2007. Bus Signal Priority Based on GPS and Wireless Communications. Proceedings of ITS Advanced Transportation Technologies Seminar Series.

Lieberman, E., and Rathi, A. 1975. Traffic simulation. In Nathan H. Gartner, N. H., Messer, C. J., and Rathi, A. (eds.), Traffic Flow Theory[Online], chapter 10. Available from: http://www.tfhrc.gov/its/tft/tft.htm[2007, July/6].

Liu, H., Li, M., and Skabardonis, A. 2006. Simulation of Transit Signal Priority Using the NTCIP Architecture. Journal of Public Transportation BRT Special Edition: 117 – 136.

Mannering F. 2009. Traffic Control and Analysis at Signalized Intersections. In CE-306 Transportation Engineering [Online]. Available from: http://cobweb.ecn.purdue.edu/~flm/CE361.htm[2009, May /15].

Ova, K., and Smadi, A. 2001. Evaluation of Transit Signal Priority Strategies for Small - Medium Cities. TRB's 81st Annual Meeting, (2002).

Rakha, H., and Ahn, K. 2006. Transit Signal Priority Project phase II: Field and Simulation evaluation results [Online]. Virginia Transportation Research Council, Virginia Department of Transportation, 26 April 2006. Available from: http://www.mwcog.org/uploads/committee-documents/uVlZXlY20060717152422.pdf[2009, May/18].

Rakha, H., and Zhang, Y. 2004. Sensitivity Analysis of Transit Signal Priority Impacts on Operation of a Signalized Intersection. ASCE Journal of Transportation Engineering (November - December): 796 – 804.

Satiennam, T., Fukuda, A., Oshima, R., and Kaneko, S. 2007 Microscopic Models for Bus Rapid Transit Implementation in Asian Cities: A Case Study of Bus Rapid Transit Planning Project in Bankok. Prepare for The 12 th National Convention on Civil Engineering.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Satiennam, T., Fukuda, A., Muroi, T., and JANSUWAN, S. 2005. An Enhanced Public Transportation Priority System for Two-Lane Arterial with Nearside Bus Stop. Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies 5: 1309 – 1321.

Shalaby, A., Lee, J., Greenough, J., Hung, S., and Bowie, M. D. 2006. Development, Evaluation, and Selection of Advanced Transit Signal Priority Concept Directions. Journal of Public Transportation 9-5: 97 – 120.

Smith, H. R., and Hemily, B. 2005. Transit Signal Priority (TSP): A Planning and Implementation Handbook [online]. Available from: http://www.itsa.org/itsa/files/pdf/TSPHandbook2005.pdf [2008, Nov/27].

Sundstrom, C. A. 2008. Evaluation of Transit Signal Priority Effectiveness using Automatic Vehicle Location Data. Master's Thesis, the School of Civil Engineering, Georgia Institute of Technology.

Toledo, T., Koutsopoulos, H., Ben-Akiva, M., and Jha, M. 2005. Microscopic Traffic Simulation: Models and Application. In Kitamura, R., and Kuwahara, M (eds.), Simulation Approaches in Transportation Analysis, pp. 99 – 130. Springer.

Vinit Deshpande. 2003. Evaluating the Impacts of Transit Signal Priority Strategies on Traffic Flow Characteristics: Case Study along U.S.1, Fairfax County, Virginia. Master's Thesis, Civil Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University.

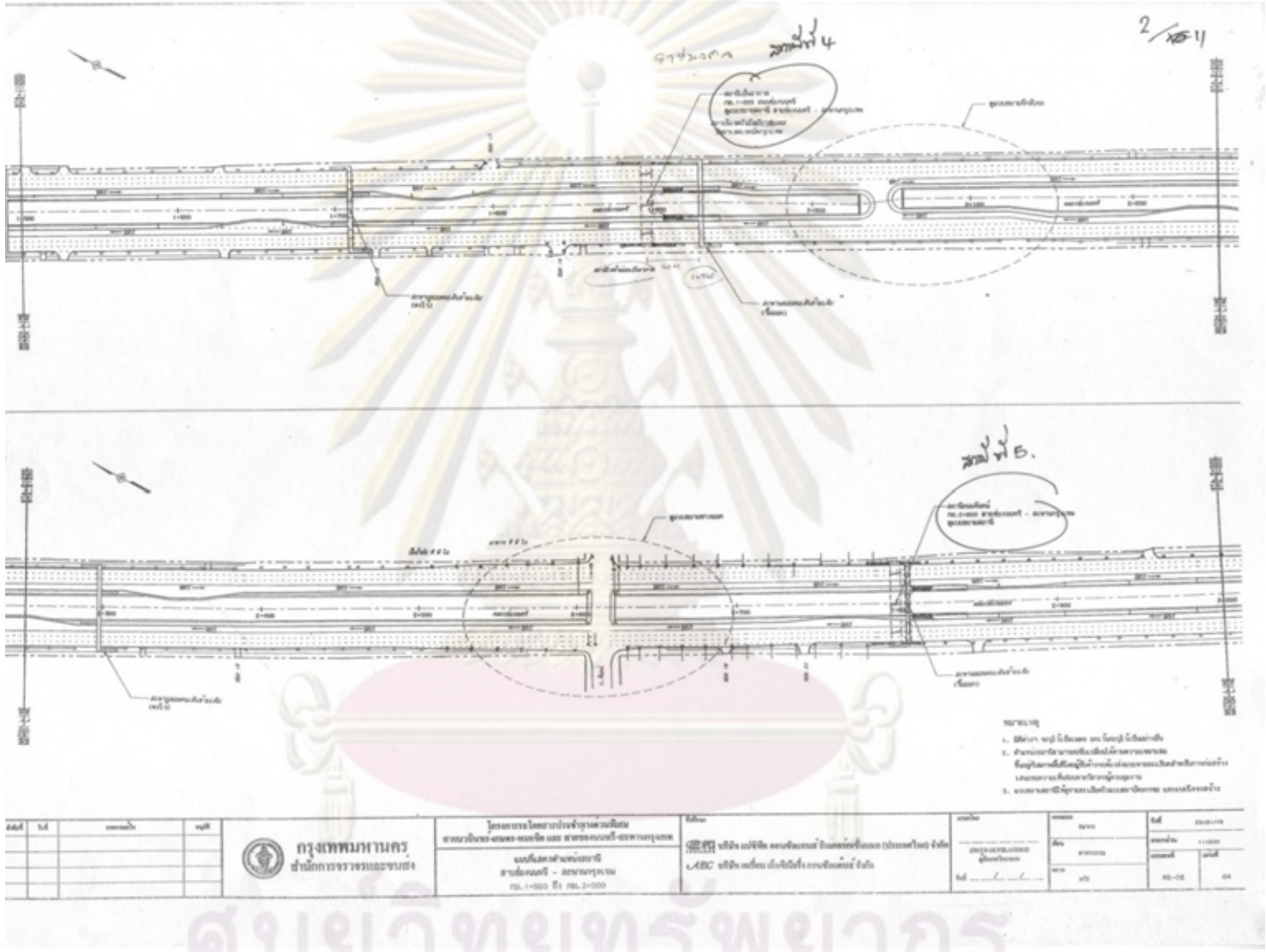
Wright, L., and Hook, W. 2007. Bus rapid transit planning guide. 3rd ed. New York: Institute for Transportation & Development Policy.

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

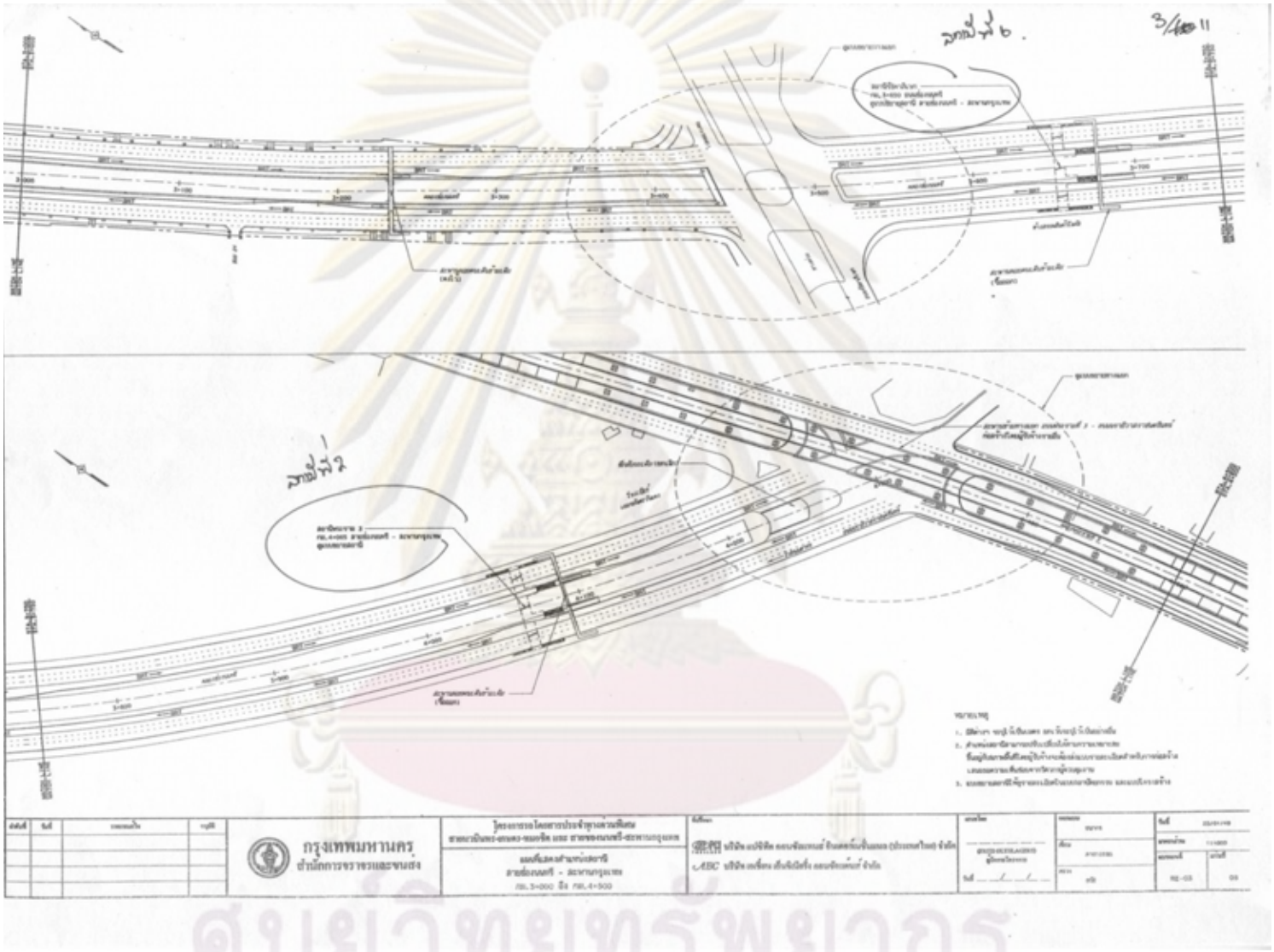
ภาคผนวก ก
แบบโครงข่ายรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ
(จากสำนักวางแผนจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



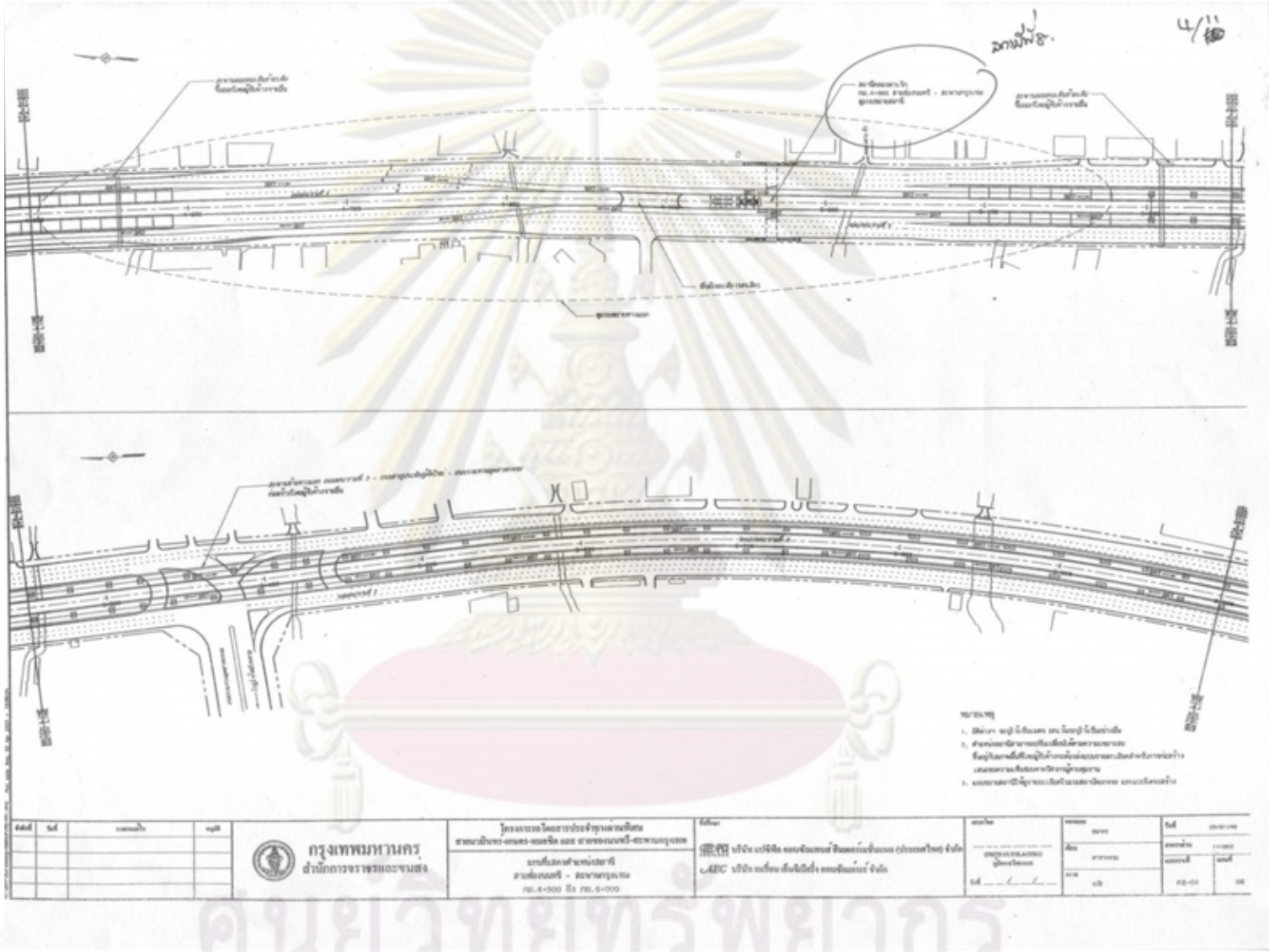
รูป ก-1 แบบโครงข่ายรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (1)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



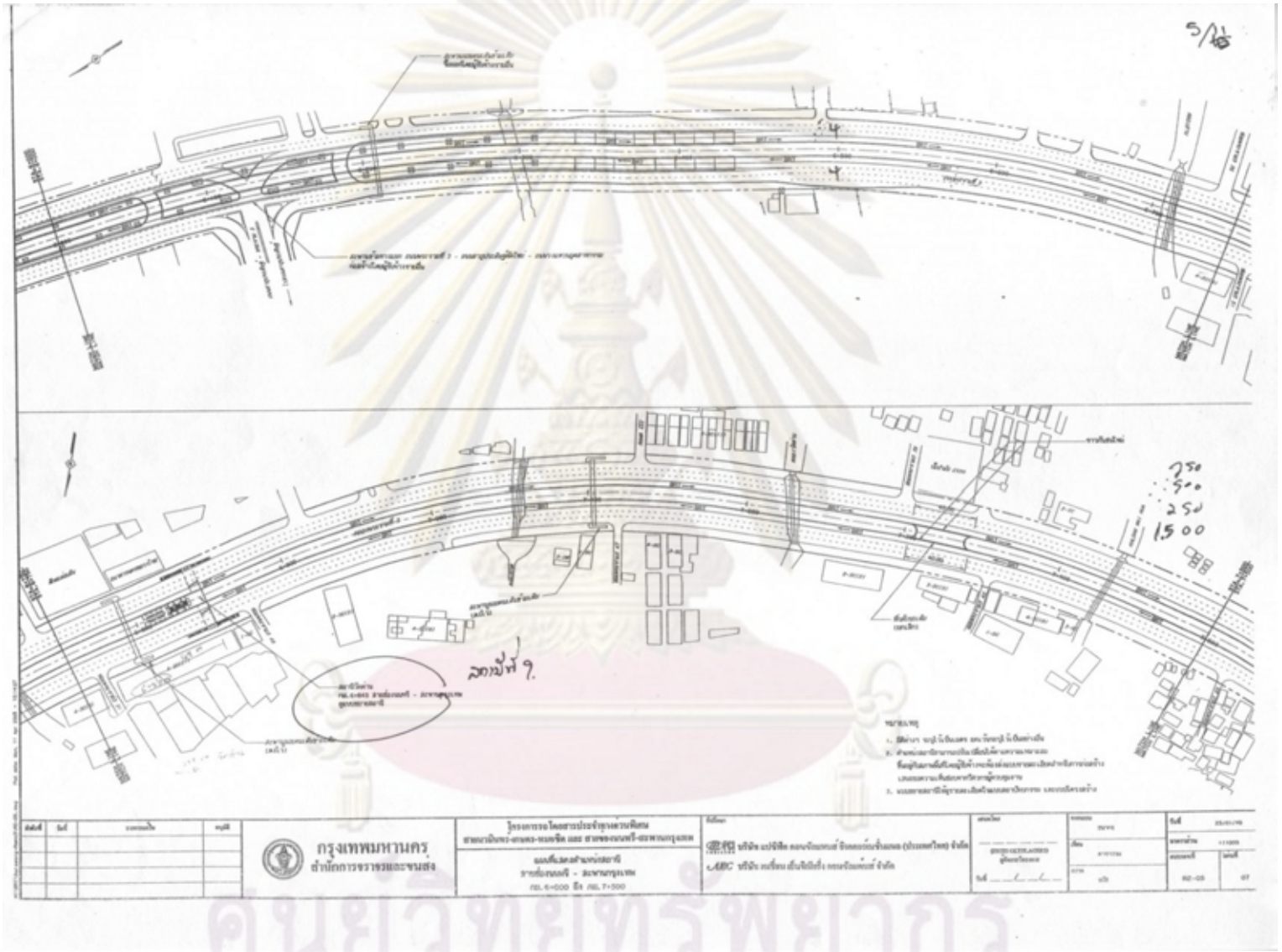
รูป ก-2 แบบโครงข่ายรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (2)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



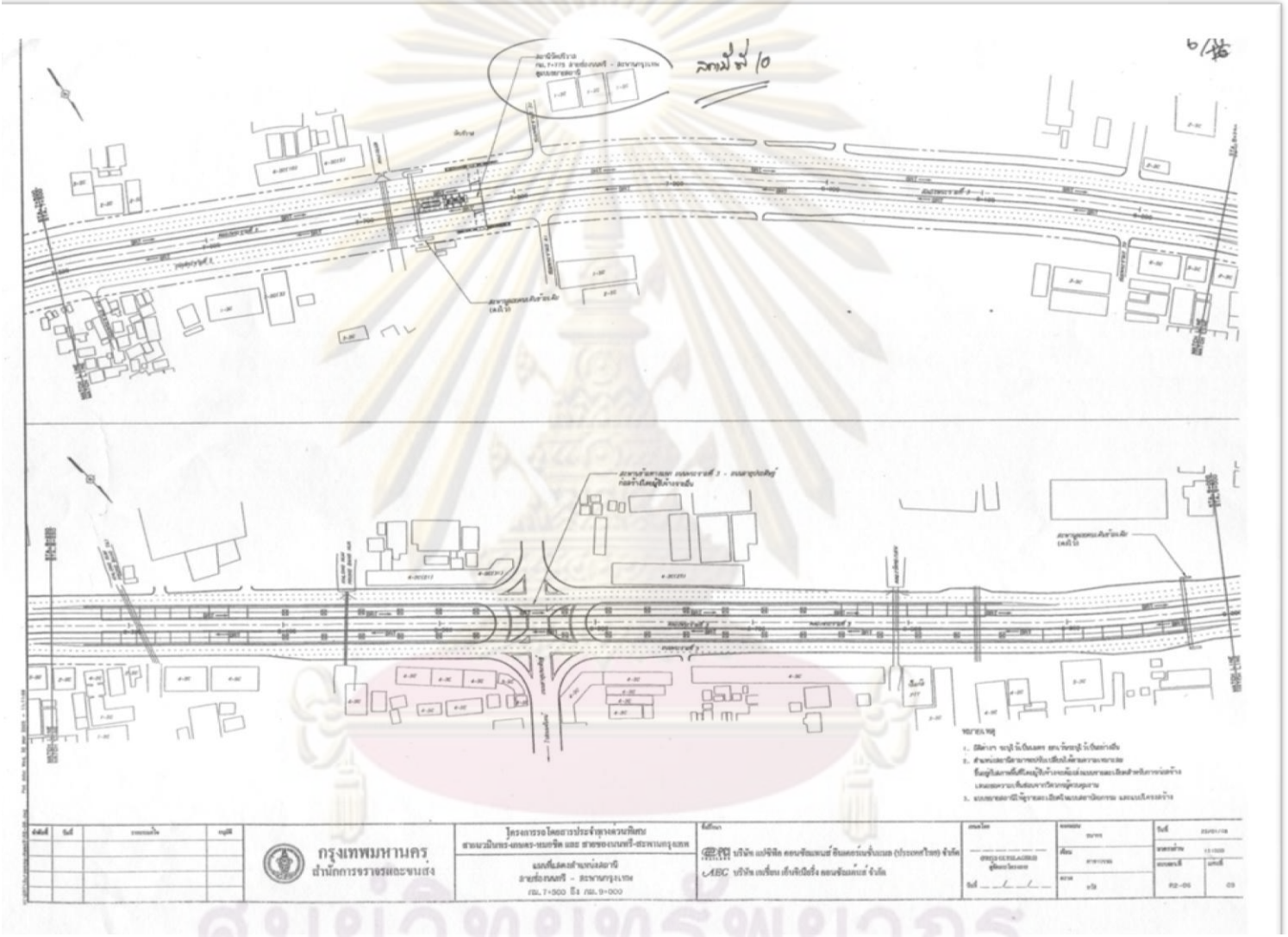
รูป ก-3 แบบโครงข่ายรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (3)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



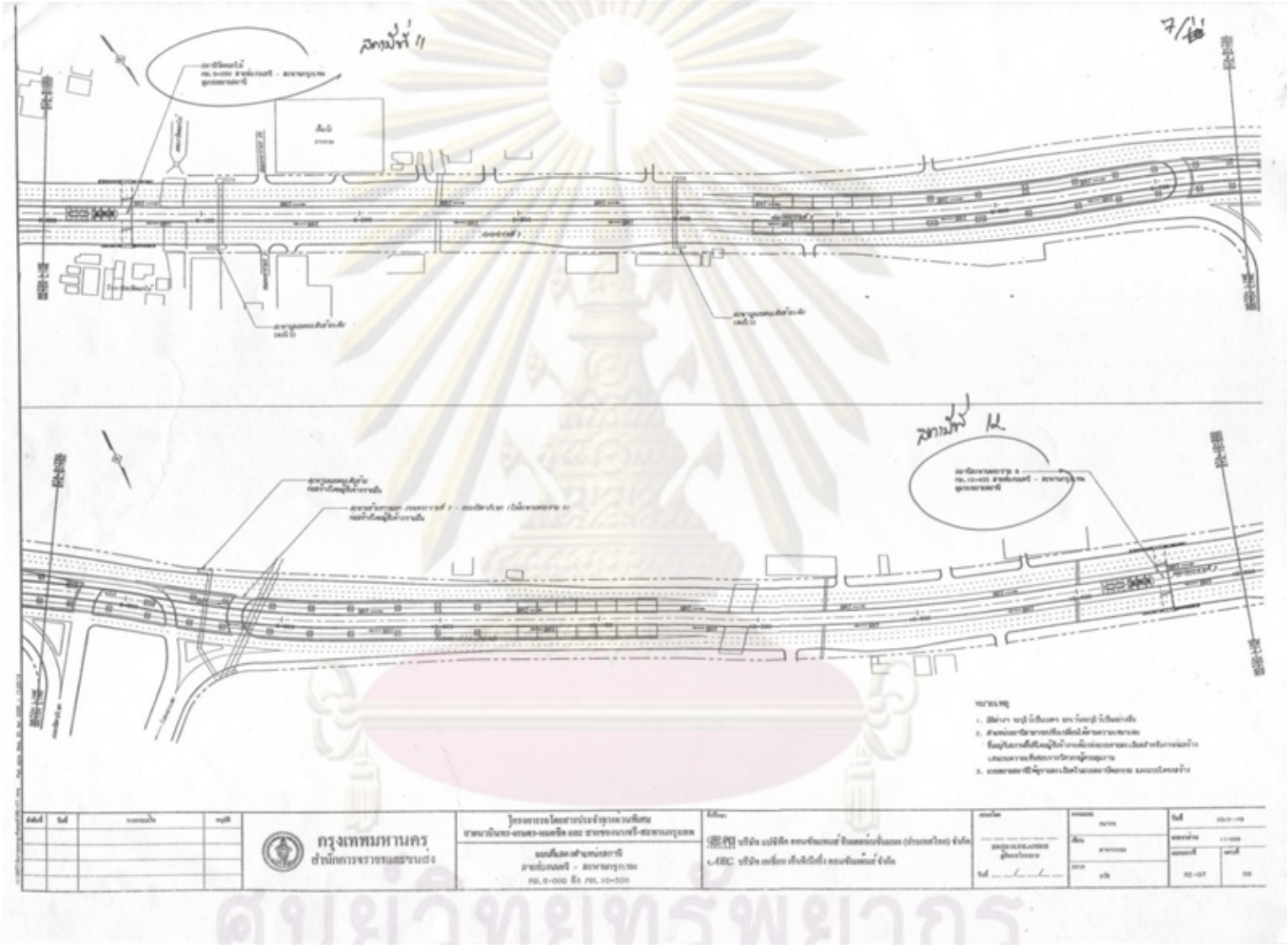
รูป ก-4 แบบโครงข่ายรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (4)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



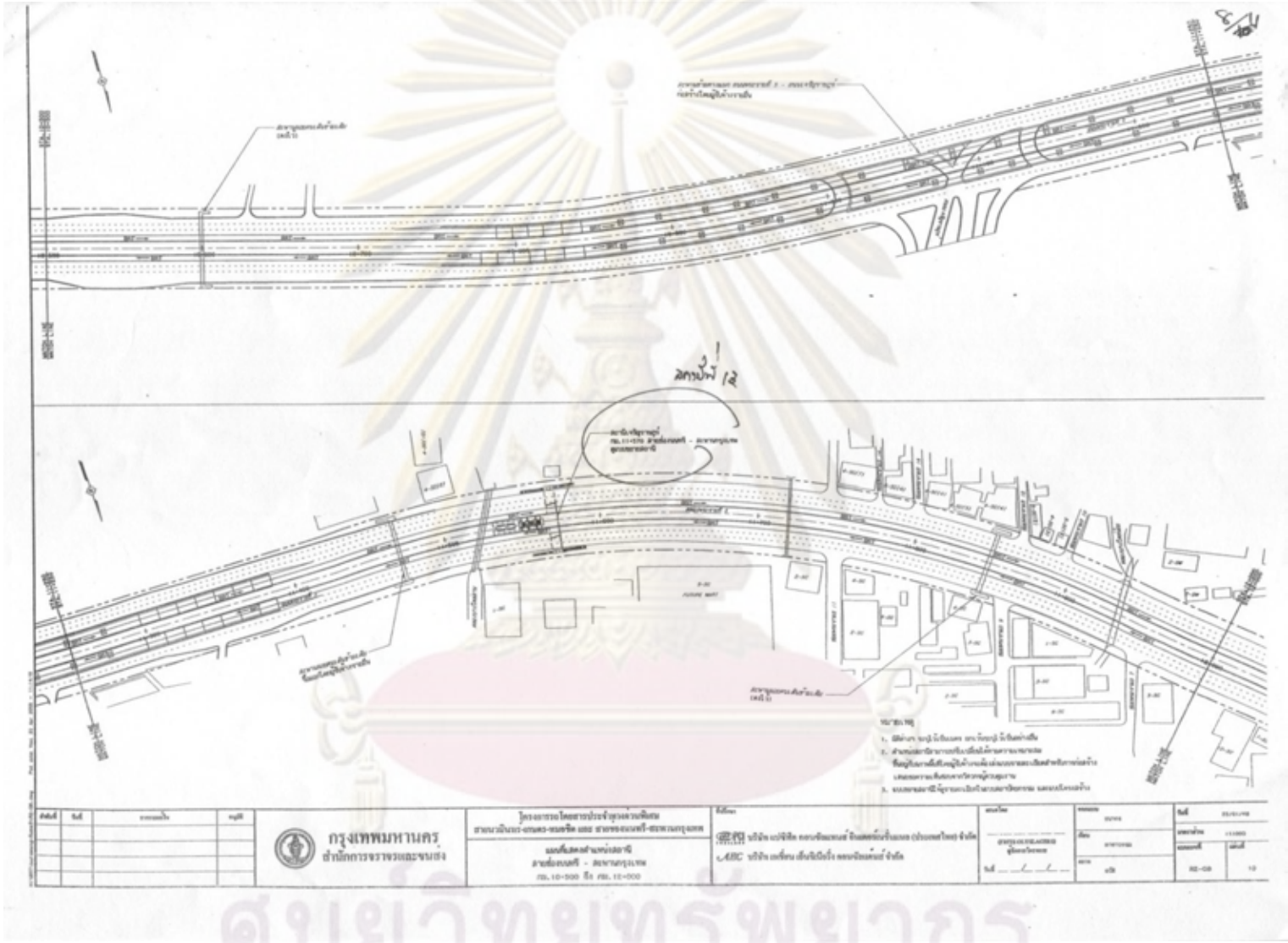
รูป ก-5 แบบโครงข่ายรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (5)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



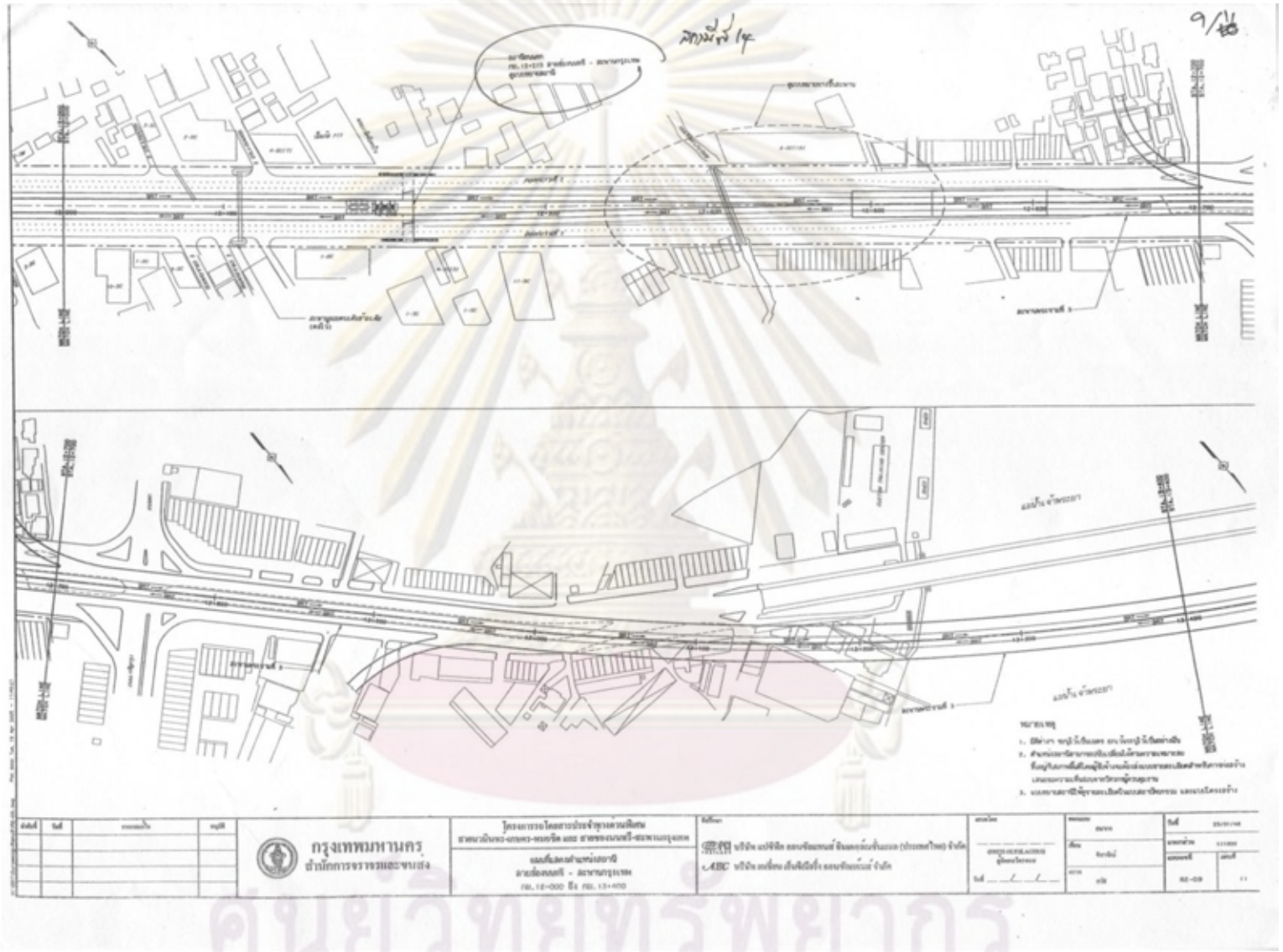
รูป ก-6 แบบโครงข่ายรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (6)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



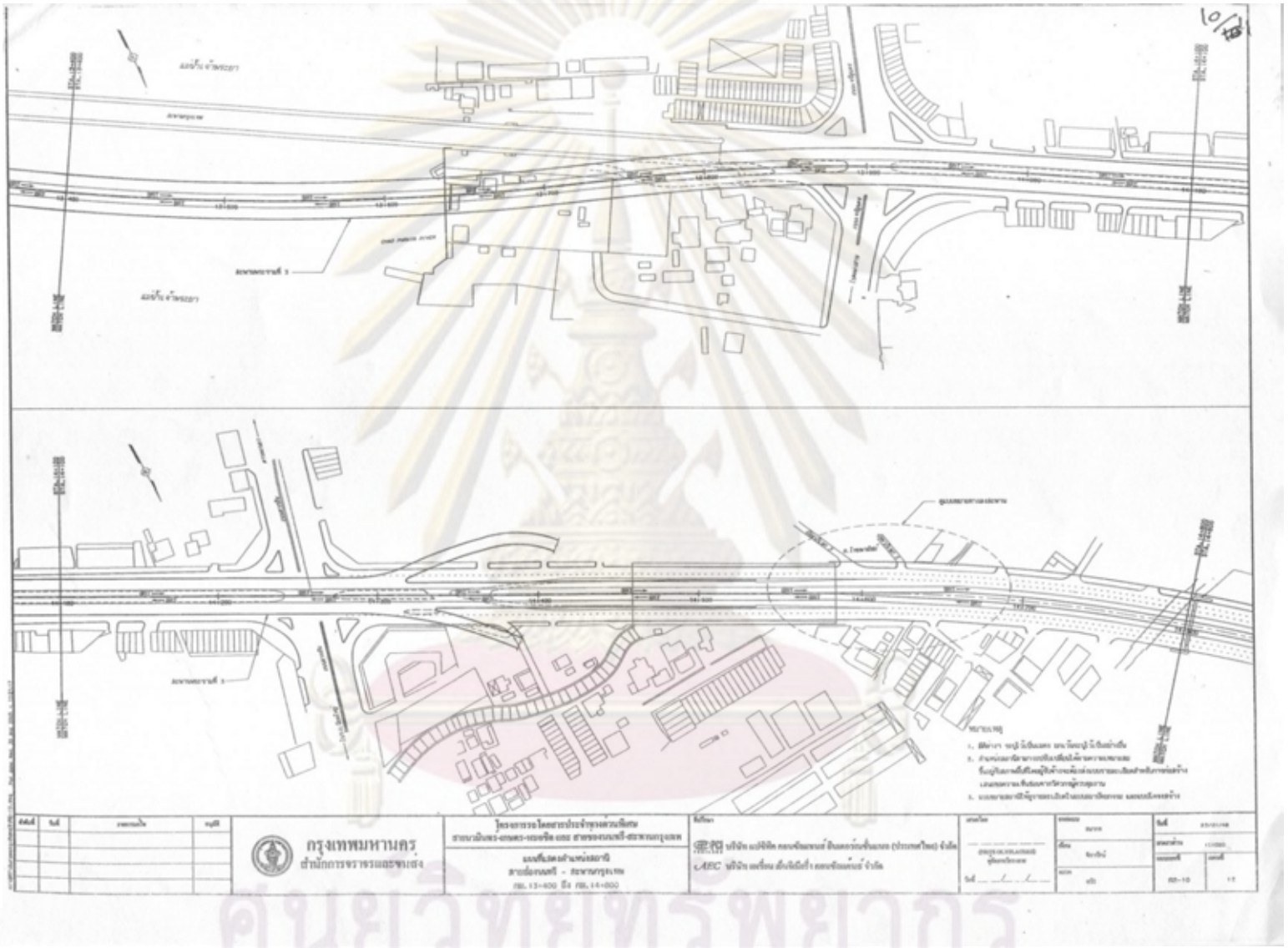
รูป ก-7 แบบโครงข่ายรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (7)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



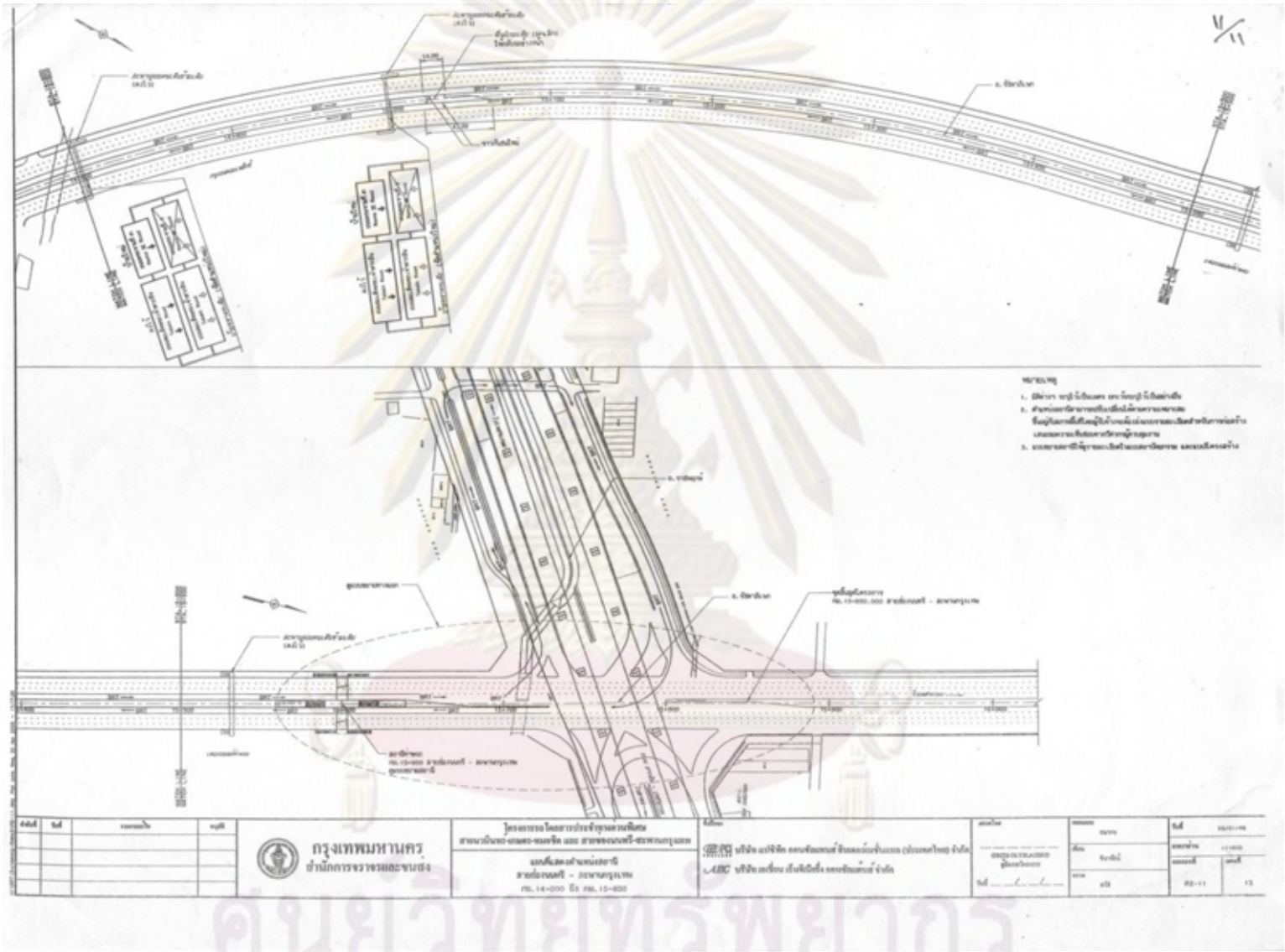
รูป ก-8 แบบโครงข่ายรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (8)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก-9 แบบโครงข่ายรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (9)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

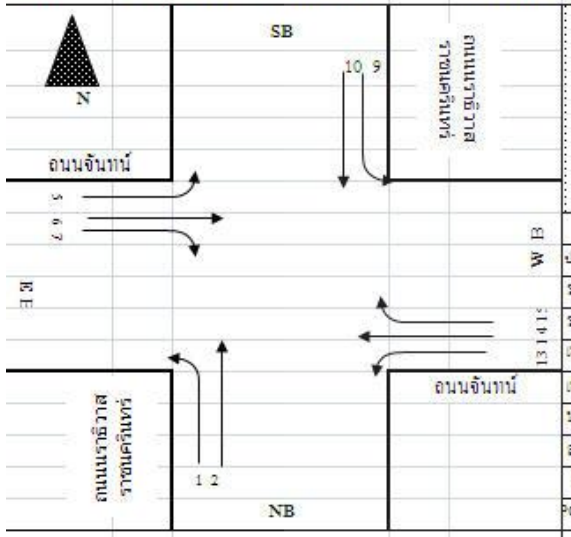


รูป ก-10 แบบโครงข่ายรถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (10)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
ข้อมูลปริมาณจราจร
(จากสำนักวางแผนจราจรและขนส่ง) กรุงเทพมหานคร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก (ปี 2550)

ชื่อทางแยก จันทน์ - นราธิวาส

ถนน จันทน์ - นราธิวาสราชนครินทร์ หมายเลข 243 วันที่ 1 มีนาคม 2550 สภาพอากาศ ปกติ

ปริมาณการจราจรแต่ละช่วงเวลา (คัน/ชม.) รวมทุกทิศทาง (ไม่รวมรถจักรยานยนต์)

เวลา	7.-	8.-	9.-	10.-	11.-	12.-	13.-	14.-	15.-	16.-	17.-	18.-	รวม
15	1178	1235	1261	1147	1202	1293	1400	1377	1442	1402	1515	1366	15818
30	2509	2596	2520	2326	2473	2593	2808	2674	3002	2811	2923	2791	32026
45	3771	3889	3735	3474	3762	3806	4241	4028	4502	4241	4271	4133	47853
ชม.	5084	5281	4954	4674	4981	5114	5636	5446	5849	5649	5758	5422	63848

ปริมาณการจราจรแยกประเภทใน-นอกช่วงเวลาเร่งด่วน

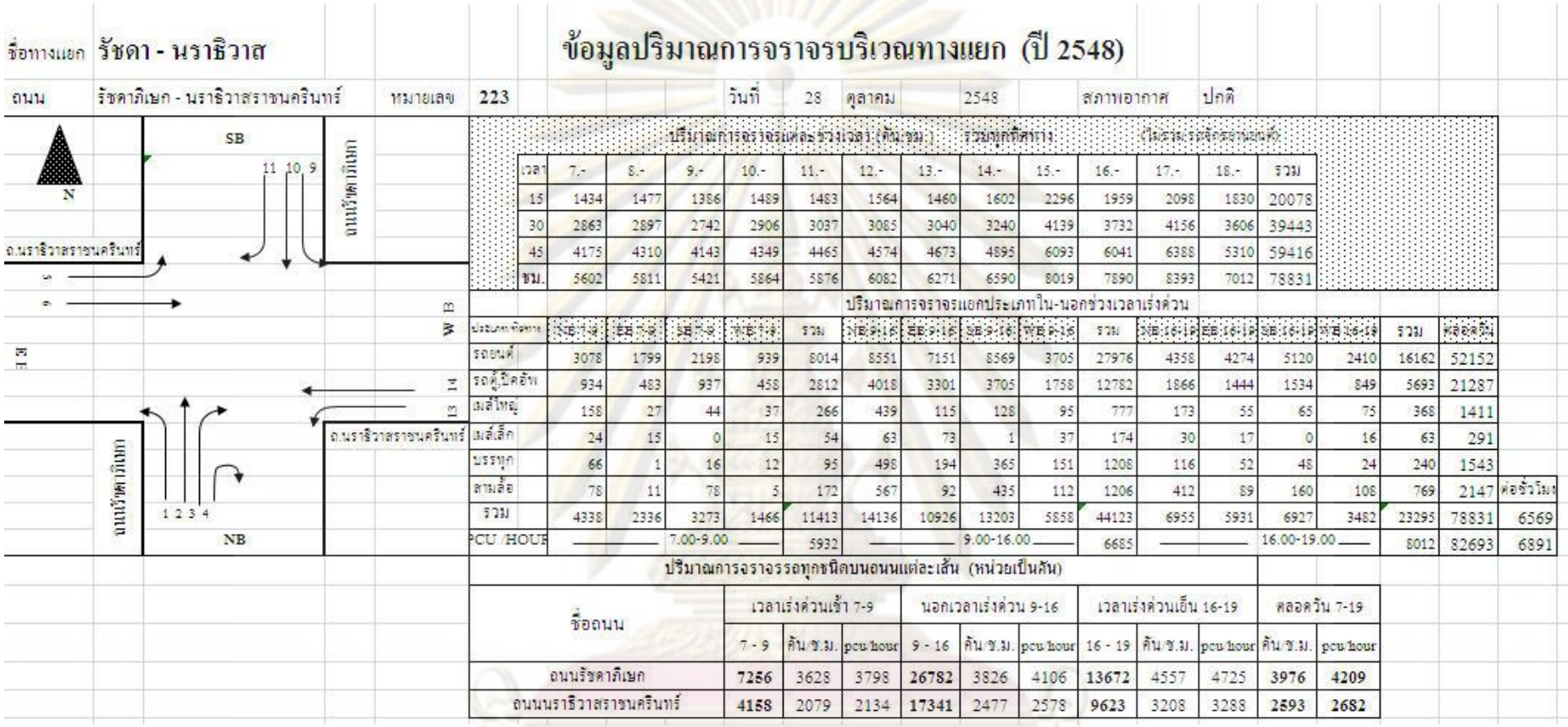
ประเภทพาหนะ	WB 7-9	EB 7-9	SB 7-9	NB 7-9	รวม	NB 9-16	EB 9-16	SB 9-16	WB 9-16	รวม	NB 16-19	EB 16-19	SB 16-19	WB 16-19	รวม	ตลอดวัน	
รถยนต์	2896	1848	2487	612	7843	9760	3767	8859	2479	24865	4723	1399	5002	1365	12489	45197	
รถตู้,ปิคอัพ	740	505	593	239	2077	3112	2213	3092	934	9351	1141	616	1404	333	3494	14922	
เมล์ใหญ่	24	30	16	26	96	97	85	90	92	364	40	38	26	34	138	598	
เมล์เล็ก	2	0	9	0	11	29	0	31	0	60	13	0	6	1	20	91	
บรรทุก	20	36	15	31	102	201	184	265	132	782	35	34	22	40	131	1015	
สามล้อ	89	103	16	28	236	338	504	147	243	1232	145	181	88	143	557	2025	ต่อชั่วโมง
รวม	3771	2522	3136	936	10365	13537	6753	12484	3880	36654	6097	2268	6548	1916	16829	63848	5321
PCU /HOUR			7.00-9.00		5306			9.00-16.00		5453			16.00-19.00		5716	65932	5494

ปริมาณการจราจรรถทุกชนิดบนถนนแต่ละเส้น (หน่วยเป็นคัน)

ชื่อถนน	เวลาเร่งด่วนเช้า 7-9			นอกเวลาเร่งด่วน 9-16			เวลาเร่งด่วนเย็น 16-19			ตลอดวัน 7-19	
	7 - 9	คัน/ช.ม.	pcu/hour	9 - 16	คัน/ช.ม.	pcu/hour	16 - 19	คัน/ช.ม.	pcu/hour	คัน/ช.ม.	pcu/hour
ถนนนราธิวาสราชนครินทร์	**6920**	3460	3518	**26469**	3781	3917	**12624**	4208	4261	**3834**	**3936**
ถนนจันทน์	**3446**	1723	1788	**10186**	1455	1536	**4206**	1402	1455	**1486**	**1558**

รูปที่ ข-1 ข้อมูลปริมาณจราจรที่แยก จันทร์ - นราธิวาส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ชื่อทางแยก รัชดา - นราธิวาส

ข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก (ปี 2548)

ถนน รัชดาภิเษก - นราธิวาสราชนครินทร์ หมายเลข 223 วันที่ 28 ตุลาคม 2548 สภาพอากาศ ปกติ

SB 11 10 9 ถนนรัชดาภิเษก

N

ถ.นราธิวาสราชนครินทร์ 5 6

W E 14 13

ถ.นราธิวาสราชนครินทร์

ถนนรัชดาภิเษก 1 2 3 4

NB

ปริมาณการจราจรแต่ละช่วงเวลา (คัน/ชม.) รวมทุกทิศทาง (ไม่รวมรถจักรยานยนต์)

เวลา	7.-	8.-	9.-	10.-	11.-	12.-	13.-	14.-	15.-	16.-	17.-	18.-	รวม
15	1434	1477	1386	1489	1483	1564	1460	1602	2296	1959	2098	1830	20078
30	2863	2897	2742	2906	3037	3085	3040	3240	4139	3732	4156	3606	39443
45	4175	4310	4143	4349	4465	4574	4673	4895	6093	6041	6388	5310	59416
ชม.	5602	5811	5421	5864	5876	6082	6271	6590	8019	7890	8393	7012	78831

ปริมาณการจราจรแยกประเภทใน-นอกช่วงเวลาเร่งด่วน

ประเภทพาหนะ	WB 7-9	EB 7-9	SB 7-9	NB 7-9	รวม	WB 9-16	EB 9-16	SB 9-16	NB 9-16	รวม	WB 16-19	EB 16-19	SB 16-19	NB 16-19	รวม	ตลอดวัน
รถยนต์	3078	1799	2198	939	8014	8551	7151	8569	3705	27976	4358	4274	5120	2410	16162	52152
รถตู้/พิคอัพ	934	483	937	458	2812	4018	3301	3705	1758	12782	1866	1444	1534	849	5693	21287
เมล์ใหญ่	158	27	44	37	266	439	115	128	95	777	173	55	65	75	368	1411
เมล์เล็ก	24	15	0	15	54	63	73	1	37	174	30	17	0	16	63	291
บรรทุก	66	1	16	12	95	498	194	365	151	1208	116	52	48	24	240	1543
สามล้อ	78	11	78	5	172	567	92	435	112	1206	412	89	160	108	769	2147
รวม	4338	2336	3273	1466	11413	14136	10926	13203	5858	44123	6955	5931	6927	3482	23295	78831
PCU /HOUR			7.00-9.00		5932			9.00-16.00		6685			16.00-19.00		8012	82693

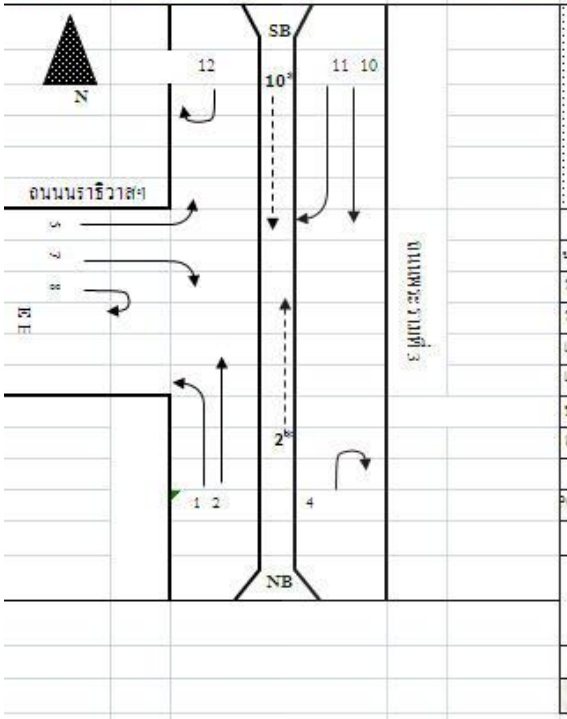
ต่อชั่วโมง 6569 6891

ปริมาณการจราจรรถทุกชนิดบนถนนแต่ละเส้น (หน่วยเป็นคัน)

ชื่อถนน	เวลาเร่งด่วนเช้า 7-9			นอกเวลาเร่งด่วน 9-16			เวลาเร่งด่วนเย็น 16-19			ตลอดวัน 7-19	
	7 - 9	คัน/ช.ม.	pcu/hour	9 - 16	คัน/ช.ม.	pcu/hour	16 - 19	คัน/ช.ม.	pcu/hour	คัน/ช.ม.	pcu/hour
ถนนรัชดาภิเษก	**7256**	3628	3798	**26782**	3826	4106	**13672**	4557	4725	**3976**	**4209**
ถนนนราธิวาสราชนครินทร์	**4158**	2079	2134	**17341**	2477	2578	**9623**	3208	3288	**2593**	**2682**

รูปที่ ข-2 ข้อมูลปริมาณจราจรที่แยก รัชดาภิเษก – นราธิวาสราชนครินทร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ชื่อทางแยก พระรามที่ 3 - นราธิวาสฯ

ข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก (ปี 2550)

ถนน พระรามที่ 3 - นราธิวาสฯ หมายเลข 378 วันที่ 30 พฤษภาคม 2550 สภาพอากาศ ปกติ

ปริมาณการจราจรแต่ละช่วงเวลา (คัน/ชม.) รวมทุกทิศทาง (ไม่รวมรถจักรยานยนต์)

เวลา	7.-	8.-	9.-	10.-	11.-	12.-	13.-	14.-	15.-	16.-	17.-	18.-	รวม
15	1968	2066	1845	1945	1968	2062	1994	1919	1861	1971	2270	2304	24173
30	3943	4037	3754	3855	4011	4075	3987	3899	3765	3928	4578	4574	48406
45	5876	5689	5629	5731	6004	6059	5963	5860	5675	6041	6978	6717	72222
ชม.	7745	7444	7618	7660	7925	8063	8002	7879	8600	8107	9407	8767	97217

ปริมาณการจราจรแยกประเภทใน-นอกช่วงเวลาเร่งด่วน

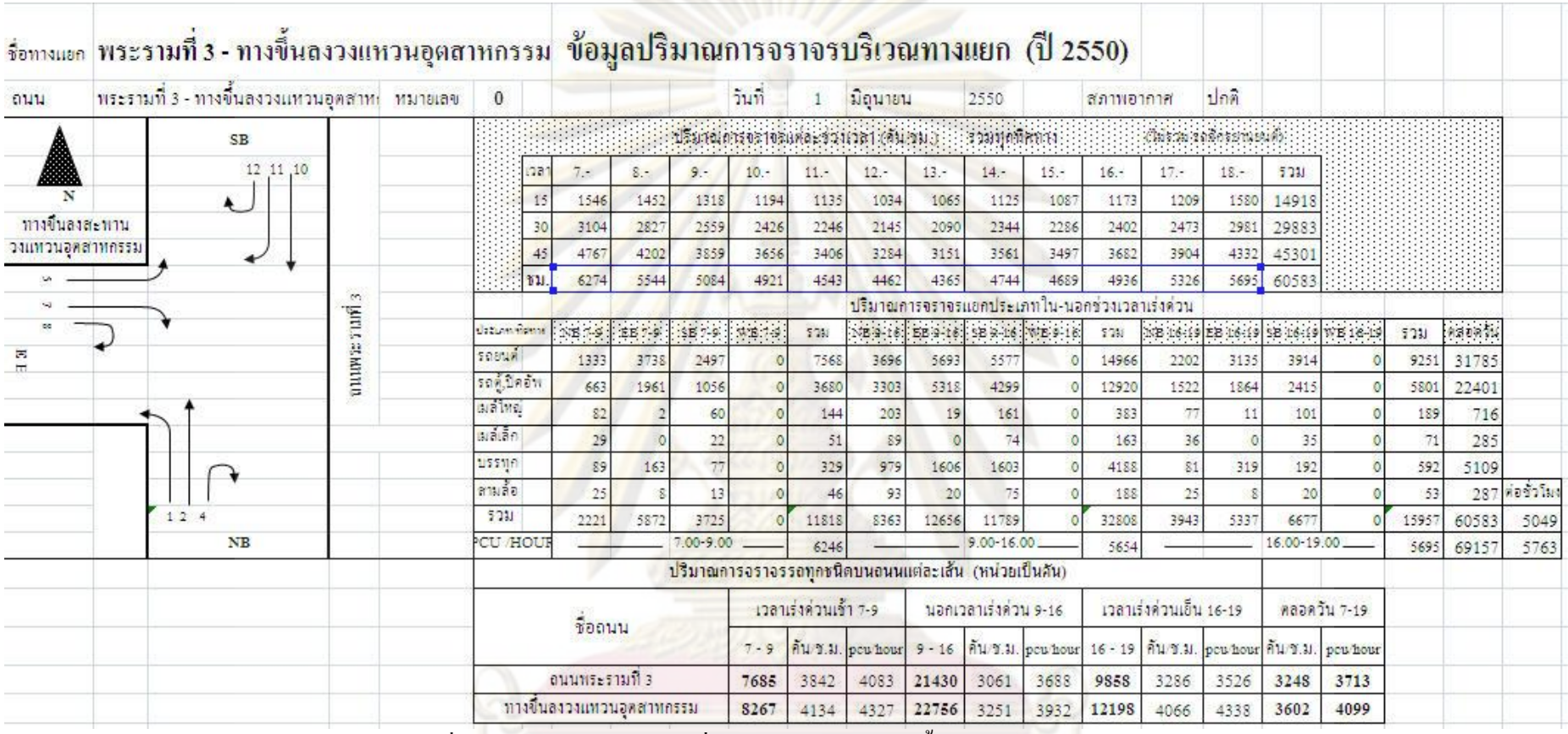
ประเภทพาหนะ	WB 7-9	EB 7-9	SB 7-9	NB 7-9	รวม	WB 9-16	EB 9-16	SB 9-16	NB 9-16	รวม	WB 16-19	EB 16-19	SB 16-19	NB 16-19	รวม	ตลอดวัน	
รถยนต์	5214	1547	3478	0	10239	13077	5192	8465	0	26734	7832	3098	4642	0	15572	52545	
รถตู้/pickup	2157	487	1758	0	4402	11963	2185	8560	0	22708	4430	1222	3738	0	9390	36500	
เมล์ใหญ่	60	42	98	0	200	357	100	262	0	719	125	52	87	0	264	1183	
เมล์เล็ก	24	19	28	0	71	62	45	79	0	186	36	21	28	0	85	342	
บรรทุก	110	39	65	0	214	2880	293	1910	0	5083	319	47	454	0	820	6117	
สามล้อ	18	10	35	0	63	98	59	160	0	317	54	52	44	0	150	530	ต่อชั่วโมง
รวม	7583	2144	5462	0	15189	28437	7874	19436	0	55747	12796	4492	8993	0	26281	97217	8101
PCU /HOUR			7.00-9.00		7881			9.00-16.00		9176			16.00-19.00		9278	#####	8986

ปริมาณการจราจรรอทุกชนิดบนถนนแต่ละเส้น (หน่วยเป็นคัน)

ชื่อถนน	เวลาเร่งด่วนเช้า 7-9			นอกเวลาเร่งด่วน 9-16			เวลาเร่งด่วนเย็น 16-19			ตลอดวัน 7-19	
	7 - 9	คัน/ช.ม.	pcu/hour	9 - 16	คัน/ช.ม.	pcu/hour	16 - 19	คัน/ช.ม.	pcu/hour	คัน/ช.ม.	pcu/hour
ถนนพระรามที่ 3	**12546**	6273	6506	**47111**	6730	7859	**21649**	7216	7692	**6775**	**7591**
ถนนนราธิวาสราชนครินทร์	**5287**	2644	2750	**17273**	2468	2635	**9264**	3088	3171	**2652**	**2788**

รูปที่ ข-3 ข้อมูลปริมาณจราจรที่แยก พระราม 3 – นราธิวาส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ชื่อทางแยก พระรามที่ 3 - ทางขึ้นลงวงแหวนอุตสาหกรรม ข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก (ปี 2550)

ถนน พระรามที่ 3 - ทางขึ้นลงวงแหวนอุตสาห หมายเลข 0 วันที่ 1 มิถุนายน 2550 สภาพอากาศ ปกติ

ปริมาณการจราจรแต่ละช่วงเวลา (คัน/ชม.) รวมทุกทิศทาง (ไม่รวมรถจักรยานยนต์)

เวลา	7.-	8.-	9.-	10.-	11.-	12.-	13.-	14.-	15.-	16.-	17.-	18.-	รวม
15	1546	1452	1318	1194	1135	1034	1065	1125	1087	1173	1209	1580	14918
30	3104	2827	2559	2426	2246	2145	2090	2344	2286	2402	2473	2981	29883
45	4767	4202	3859	3656	3406	3284	3151	3561	3497	3682	3904	4332	45301
ชม.	6274	5544	5084	4921	4543	4462	4365	4744	4689	4936	5326	5695	60583

ปริมาณการจราจรแยกประเภทใน-นอกช่วงเวลาเร่งด่วน

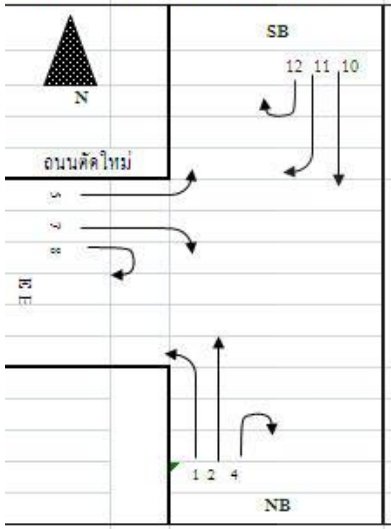
ประเภทรถ	WB 7-9	EB 7-9	SB 7-9	NB 7-9	รวม	WB 9-16	EB 9-16	SB 9-16	NB 9-16	รวม	WB 16-19	EB 16-19	SB 16-19	NB 16-19	รวม	ตลอดวัน	
รถยนต์	1333	3738	2497	0	7568	3696	5693	5577	0	14966	2202	3135	3914	0	9251	31785	
รถตู้,ปิคอัพ	663	1961	1056	0	3680	3303	5318	4299	0	12920	1522	1864	2415	0	5801	22401	
เมล์ใหญ่	82	2	60	0	144	203	19	161	0	383	77	11	101	0	189	716	
เมล์เล็ก	29	0	22	0	51	89	0	74	0	163	36	0	35	0	71	285	
บรรทุก	89	163	77	0	329	979	1606	1603	0	4188	81	319	192	0	592	5109	
สามล้อ	25	8	13	0	46	93	20	75	0	188	25	8	20	0	53	287	ต่อชั่วโมง
รวม	2221	5872	3725	0	11818	8363	12656	11789	0	32808	3943	5337	6677	0	15957	60583	5049
PCU /HOUR			7.00-9.00		6246			9.00-16.00		5654			16.00-19.00		5695	69157	5763

ปริมาณการจราจรรถทุกชนิดบนถนนแต่ละเส้น (หน่วยเป็นคัน)

ชื่อถนน	เวลาเร่งด่วนเช้า 7-9			นอกเวลาเร่งด่วน 9-16			เวลาเร่งด่วนเย็น 16-19			ตลอดวัน 7-19	
	7 - 9	คัน/ช.ม.	pcu/hour	9 - 16	คัน/ช.ม.	pcu/hour	16 - 19	คัน/ช.ม.	pcu/hour	คัน/ช.ม.	pcu/hour
ถนนพระรามที่ 3	**7685**	3842	4083	**21430**	3061	3688	**9858**	3286	3526	**3248**	**3713**
ทางขึ้นลงวงแหวนอุตสาหกรรม	**8267**	4134	4327	**22756**	3251	3932	**12198**	4066	4338	**3602**	**4099**

รูปที่ ข-4 ข้อมูลปริมาณจราจรที่แยก พระราม 3 – ทางขึ้นวงแหวนอุตสาหกรรม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ชื่อทางแยก พระรามที่ 3 - ถนนตัดใหม่

ข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก (ปี 2550)

ถนน พระรามที่ 3 - ถนนตัดใหม่ หมายเลข 0 วันที่ 22 พฤษภาคม 2550 สภาพอากาศ ปกติ

ปริมาณการจราจรแต่ละช่วงเวลา (คัน/ชม.) รวมทุกทิศทาง (ไม่รวมรถจักรยานยนต์)

เวลา	7.-	8.-	9.-	10.-	11.-	12.-	13.-	14.-	15.-	16.-	17.-	18.-	รวม
15	931	929	798	618	561	619	619	682	648	634	676	680	8395
30	1868	1782	1483	1242	1177	1244	1272	1272	1273	1257	1362	1375	16607
45	2790	2705	2160	1860	1807	1873	1941	1963	1875	1916	2093	1987	24970
ชม.	3775	3514	2775	2474	2416	2482	2599	2573	2549	2565	2763	2541	33026

ปริมาณการจราจรแยกประเภทใน-นอกช่วงเวลาเร่งด่วน

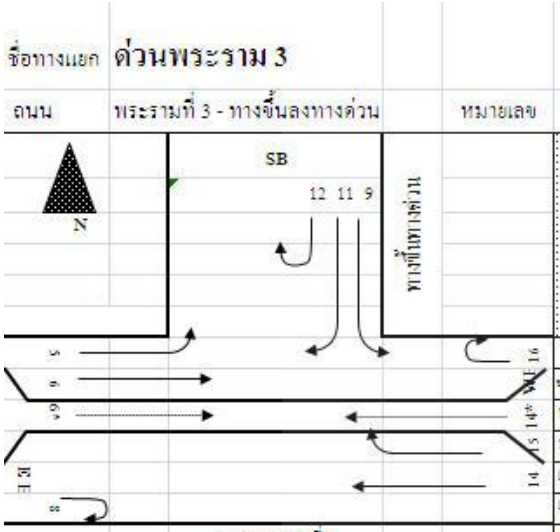
ประเภทพาหนะ	WB 7-9	EB 7-9	SB 7-9	WB 7-9	รวม	NB 9-16	EB 9-16	SB 9-16	WB 9-16	รวม	NB 16-19	EB 16-19	SB 16-19	WB 16-19	รวม	ตลอดวัน	
รถยนต์	2217	382	2059	0	4658	4033	870	3745	0	8648	2384	350	1767	0	4501	17807	
รถตู้ปิคอัพ	1124	224	840	0	2188	3091	837	2814	0	6742	1354	311	1124	0	2789	11719	
เมล์ใหญ่	80	1	53	0	134	179	5	150	0	334	91	4	69	0	164	632	
เมล์เล็ก	45	0	26	0	71	95	0	69	0	164	36	0	24	0	60	295	
บรรทุก	62	27	92	0	181	783	137	932	0	1852	135	10	129	0	274	2307	
สามล้อ	36	1	20	0	57	45	21	62	0	128	42	4	35	0	81	266	ต่อชั่วโม
รวม	3564	635	3090	0	7289	8226	1870	7772	0	17868	4042	679	3148	0	7869	33026	2752
PCU /HOUR			7.00-9.00		3870			9.00-16.00		3012			16.00-19.00		2828	37311	3109

ปริมาณการจราจรรถทุกชนิดบนถนนแต่ละเส้น (หน่วยเป็นคัน)

ชื่อถนน	เวลาเร่งด่วนเช้า 7-9			นอกเวลาเร่งด่วน 9-16			เวลาเร่งด่วนเย็น 16-19			ตลอดวัน 7-19	
	7 - 9	คัน/ช.ม.	pcu/hour	9 - 16	คัน/ช.ม.	pcu/hour	16 - 19	คัน/ช.ม.	pcu/hour	คัน/ช.ม.	pcu/hour
ถนนพระรามที่ 3	**6754**	3377	3586	**16145**	2306	2732	**7074**	2358	2551	**2498**	**2829**
ถนนตัดใหม่	**1070**	535	568	**3447**	492	562	**1591**	530	555	**509**	**561**

รูปที่ ข-5 ข้อมูลปริมาณจราจรที่แยก พระราม 3 – ถนนตัดใหม่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก (ปี 2550)

ชื่อทางแยก ด่วนพระราม 3

ถนน พระรามที่ 3 - ทางขึ้นลงทางด่วน หมายเลข 239 วันที่ 5 มิถุนายน 2550 สภาพอากาศ ปกติ

ปริมาณการจราจรแต่ละช่วงเวลา (คัน/ชม.) รวมทุกทิศทาง (ไม่รวมรถจักรยานยนต์)

เวลา	7.-	8.-	9.-	10.-	11.-	12.-	13.-	14.-	15.-	16.-	17.-	18.-	รวม
15	2547	2506	2244	2048	2075	2008	2440	2423	2250	2480	3398	2609	29028
30	5130	4884	4458	4076	4146	4172	4873	4786	4488	4859	5999	5243	57114
45	7499	7396	6632	6100	6184	6066	7335	6968	6979	7168	8637	7784	84748
ชม.	10110	9710	8649	8154	8159	8176	9714	9210	9486	9718	11060	10247	#####

ปริมาณการจราจรแยกประเภทใน-นอกช่วงเวลาเร่งด่วน

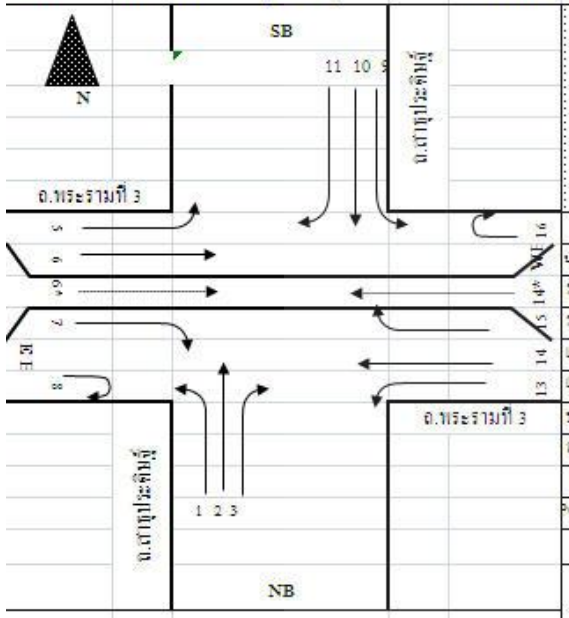
ประเภทพาหนะ	WB 7-9	EB 7-9	SB 7-9	NB 7-9	รวม	NB 9-16	EB 9-16	SB 9-16	WB 9-16	รวม	NB 16-19	EB 16-19	SB 16-19	WB 16-19	รวม	ตลอดวัน	
รถยนต์	0	7908	2785	2761	13454	0	14795	8407	7987	31189	0	6984	6656	6022	19662	64305	
รถตู้,ปิคอัพ	0	2875	1291	1518	5684	0	11300	5710	8126	25136	0	4057	2778	3590	10425	41245	
เมล์ใหญ่	0	100	12	50	162	0	269	26	158	453	0	97	51	118	266	881	
เมล์เล็ก	0	9	0	37	46	0	14	2	111	127	0	9	1	46	56	229	
บรรทุก	0	90	97	109	296	0	2047	689	1401	4137	0	135	120	163	418	4851	
สามล้อ	0	65	75	38	178	0	173	203	130	506	0	62	112	24	198	882	ต่อชั่วโมง
รวม	0	11047	4260	4513	19820	0	28598	15037	17913	61548	0	11344	9718	9963	31025	#####	9366
PCU /HOUR			7.00-9.00		10226			9.00-16.00		9754			16.00-19.00		10653	#####	10058

ปริมาณการจราจรรถทุกชนิดบนถนนแต่ละเส้น (หน่วยเป็นคัน)

ชื่อถนน	เวลาเร่งด่วนเช้า 7-9			นอกเวลาเร่งด่วน 9-16			เวลาเร่งด่วนเย็น 16-19			ตลอดวัน 7-19	
	7 - 9	คัน/ช.ม.	pcu/hour	9 - 16	คัน/ช.ม.	pcu/hour	16 - 19	คัน/ช.ม.	pcu/hour	คัน/ช.ม.	pcu/hour
ทางขึ้นทางด่วน	**11547**	5774	5924	**31901**	4557	4917	**18135**	6045	6174	**5132**	**5399**
ถนนพระรามที่ 3	**14047**	7023	7265	**45598**	6514	7296	**21958**	7319	7566	**6800**	**7358**

รูปที่ ข-6 ข้อมูลปริมาณจราจรที่แยก พระราม 3 – ทางขึ้นลงทางด่วนพระราม 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก (ปี 2550)

ชื่อทางแยก สาธุประดิษฐ์

ถนน พระรามที่ 3 - สาธุประดิษฐ์ หมายเลข 167 วันที่ 7 มิถุนายน 2550 สภาพอากาศ ปกติ

ปริมาณการจราจรแต่ละช่วงเวลา (คัน/ชม.) รวมทุกทิศทาง (ไม่รวมรถจักรยานยนต์)

เวลา	7.-	8.-	9.-	10.-	11.-	12.-	13.-	14.-	15.-	16.-	17.-	18.-	รวม
15	1410	1398	1380	1458	1483	1453	1441	1461	1442	1473	1526	1515	17440
30	2849	2771	2705	2916	2932	2898	2911	2955	2839	2968	3065	2882	34691
45	4346	4163	4137	4239	4402	4379	4371	4420	4268	4431	4660	4209	52025
ชม.	5793	5501	5558	5654	5890	5849	5832	5822	5664	5925	6256	5417	69161

ปริมาณการจราจรแยกประเภทใน-นอกช่วงเวลาเร่งด่วน

ประเภท/ทิศทาง	NB 7-9	EB 7-9	SB 7-9	WB 7-9	รวม	NB 9-16	EB 9-16	SB 9-16	WB 9-16	รวม	NB 16-19	EB 16-19	SB 16-19	WB 16-19	รวม	ตลอดวัน
รถยนต์	34	3669	719	2602	7024	140	8880	2024	8096	19140	35	4601	727	4646	10009	36173
รถตู้/พิคอัพ	29	1873	320	1515	3737	112	7865	1331	7380	16688	39	3147	410	3216	6812	27237
เมล์ใหญ่	19	90	20	50	179	35	188	80	177	480	22	92	36	119	269	928
เมล์เล็ก	0	34	0	35	69	0	84	0	66	150	1	44	0	51	96	315
บรรทุก	16	99	8	93	216	113	1811	157	1486	3567	7	161	16	167	351	4134
สามล้อ	1	46	16	6	69	8	116	68	52	244	2	41	9	9	61	374
รวม	99	5811	1083	4301	11294	408	18944	3660	17257	40269	106	8086	1198	8208	17598	69161
PCU /HOUR	7.00-9.00				5922	9.00-16.00				6601	16.00-19.00				6155	76514

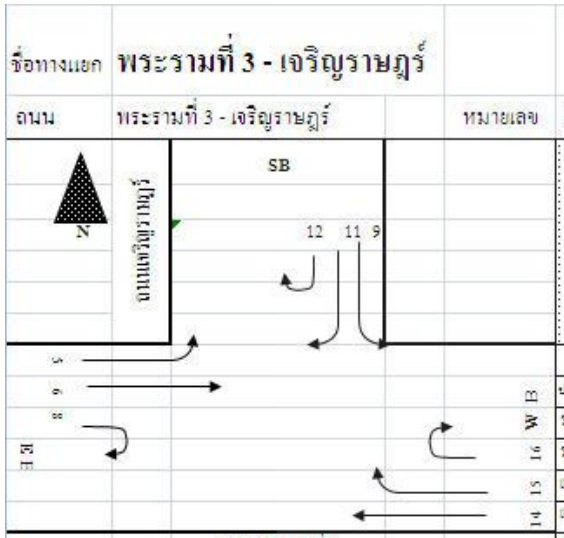
ค่อชั่วโมง: 5763, 6376

ปริมาณการจราจรรถทุกชนิดบนถนนแต่ละเส้น (หน่วยเป็นคัน)

ชื่อถนน	เวลาเร่งด่วนเช้า 7-9			นอกเวลาเร่งด่วน 9-16			เวลาเร่งด่วนเย็น 16-19			ตลอดวัน 7-19	
	7 - 9	คัน/ช.ม.	pcu/hour	9 - 16	คัน/ช.ม.	pcu/hour	16 - 19	คัน/ช.ม.	pcu/hour	คัน/ช.ม.	pcu/hour
ถนนสาธุประดิษฐ์	**1248**	624	673	**4241**	606	686	**1537**	512	555	**585**	**651**
ถนนพระรามที่ 3	**10046**	5023	5249	**36029**	5147	5915	**16062**	5354	5600	**5178**	**5725**

รูปที่ ข-7 ข้อมูลปริมาณจราจรที่แยก พระราม 3 – สาธุประดิษฐ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก (ปี 2550)

ชื่อทางแยก พระรามที่ 3 - เจริญราษฎร์

ถนน พระรามที่ 3 - เจริญราษฎร์ หมายเลข 406 วันที่ 4 มิถุนายน 2550 สภาพอากาศ ปกติ

ปริมาณการจราจรแต่ละช่วงเวลา (คัน/ชม.) รวมทุกทิศทาง (ไม่รวมรถจักรยานยนต์)

เวลา	7.-	8.-	9.-	10.-	11.-	12.-	13.-	14.-	15.-	16.-	17.-	18.-	รวม
15	1219	1020	946	958	945	957	1060	1073	1024	1064	1040	1505	12811
30	2604	2188	1965	1924	1843	1845	2106	2139	2121	2094	2211	2925	25965
45	3877	3241	3056	2867	2820	2751	3119	3206	3118	3094	3573	4270	38992
ชม.	5069	4209	4008	3669	3769	3688	4240	4263	4273	4216	5085	5644	52133

ปริมาณการจราจรแยกประเภทใน-นอกช่วงเวลาเร่งด่วน

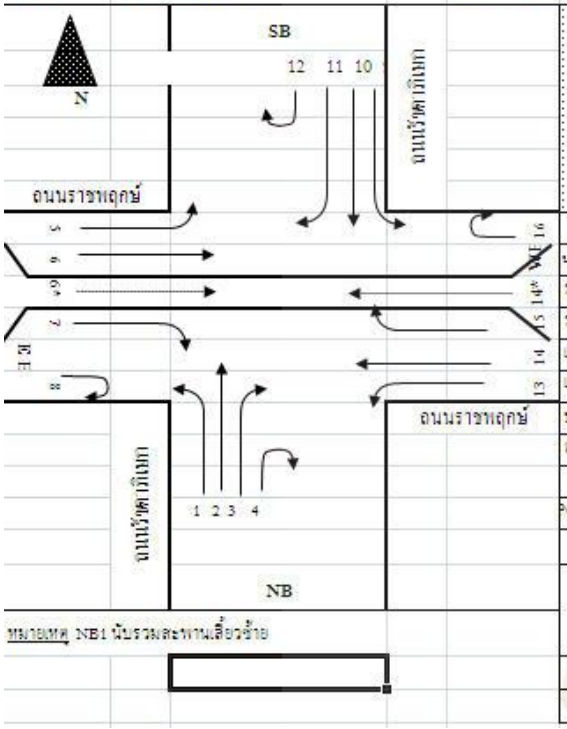
ประเภทพาหนะ	SB 7-9	EB 7-9	NB 7-9	WB 7-9	รวม	NB 9-16	SB 9-16	EB 9-16	WB 9-16	รวม	NB 16-19	EB 16-19	SB 16-19	WB 16-19	รวม	ตลอดวัน	
รถยนต์	0	2921	2275	1163	6359	0	5963	5221	3366	14550	0	2571	3911	3207	9689	30598	
รถตู้/ปิคอัพ	0	710	1152	411	2273	0	3224	4628	2057	9909	0	1274	1738	1456	4468	16650	
เมล์ใหญ่	0	117	2	66	185	0	299	5	237	541	0	103	12	155	270	996	
เมล์เล็ก	0	2	0	27	29	0	8	0	37	45	0	3	0	7	10	84	
บรรทุก	0	47	101	28	176	0	1144	584	469	2197	0	71	113	50	234	2607	
ลากเลื่อ	0	77	150	29	256	0	206	326	136	668	0	62	154	58	274	1198	พ่อชั่วโมง
รวม	0	3874	3680	1724	9278	0	10844	10764	6302	27910	0	4084	5928	4933	14945	52133	4344
PCU /HOUR			7.00-9.00		4871			9.00-16.00		4539			16.00-19.00		5193	57097	4758

ปริมาณการจราจรรอทุกชนิดบนถนนแต่ละเส้น (หน่วยเป็นคัน)

ชื่อถนน	เวลาเร่งด่วนเช้า 7-9			นอกเวลาเร่งด่วน 9-16			เวลาเร่งด่วนเย็น 16-19			ตลอดวัน 7-19	
	7 - 9	คัน/ช.ม.	pcu/hour	9 - 16	คัน/ช.ม.	pcu/hour	16 - 19	คัน/ช.ม.	pcu/hour	คัน/ช.ม.	pcu/hour
ถนนเจริญราษฎร์	**6561**	3281	3404	**22406**	3201	3501	**10901**	3634	3747	**3322**	**3546**
ถนนพระรามที่ 3	**5998**	2999	3169	**16707**	2387	2789	**9495**	3165	3320	**2683**	**2985**

รูปที่ ข-8 ข้อมูลปริมาณจราจรที่แยก พระราม 3 – เจริญราษฎร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก (ปี 2549)

ชื่อทางแยก รัชดา-ราชพฤกษ์

ถนน รัชดา-ราชพฤกษ์ หมายเลข 0 วันที่ 19 กรกฎาคม 2549 สภาพอากาศ ปกติ

ปริมาณการจราจรแต่ละช่วงเวลา (คัน.ชม.) รวมทุกทิศทาง (ไม่รวมรถจักรยานยนต์)

เวลา	7.-	8.-	9.-	10.-	11.-	12.-	13.-	14.-	15.-	16.-	17.-	18.-	รวม
15	2685	2704	2351	2555	2761	2832	2842	2708	2667	2739	2995	2751	32590
30	5203	5323	5227	5195	5458	5627	5582	5436	5397	5501	5979	5444	65372
45	7824	7858	7828	7977	8328	8484	8389	8201	8070	8336	8941	7940	98176
ชม.	10395	10285	10293	10496	11105	11369	11068	10964	10707	11189	11689	10489	#####

ปริมาณการจราจรแยกประเภทใน-นอกช่วงเวลาเร่งด่วน

ประเภทพาหนะ	NB 7-9	EB 7-9	SB 7-9	WB 7-9	รวม	NB 9-16	EB 9-16	SB 9-16	WB 9-16	รวม	NB 16-19	EB 16-19	SB 16-19	WB 16-19	รวม	ตลอดวัน	
รถยนต์	2654	5204	2685	3017	13560	9997	11343	7950	10116	39406	6528	4687	4097	5038	20350	73316	
รถตู้,ปิคอัพ	1486	2331	1007	1180	6004	7085	10762	4790	6783	29420	2724	3903	1834	2657	11118	46542	
เมล์ใหญ่	206	48	216	30	500	677	149	602	77	1505	287	80	259	32	658	2663	
เมล์เล็ก	1	0	0	3	4	0	1	2	10	13	0	1	1	0	2	19	
บรรทุก	40	62	16	31	149	1012	1780	177	1039	4008	73	142	35	160	410	4567	
สามล้อ	156	49	203	55	463	568	163	734	185	1650	301	67	339	122	829	2942	ต่อชั่วโมง
รวม	4543	7694	4127	4316	20680	19339	24198	14255	18210	76002	9913	8880	6565	8009	33367	#####	10837
PCU /HOUR			7.00-9.00		10712			9.00-16.00		11937			16.00-19.00		11550	#####	11636

ปริมาณการจราจรรถทุกชนิดบนถนนแต่ละเส้น (หน่วยเป็นคัน)

ชื่อถนน	เวลาเร่งด่วนเช้า 7-9			นอกเวลาเร่งด่วน 9-16			เวลาเร่งด่วนเย็น 16-19			ตลอดวัน 7-19	
	7 - 9	คัน/ช.ม.	pcu/hour	9 - 16	คัน/ช.ม.	pcu/hour	16 - 19	คัน/ช.ม.	pcu/hour	คัน/ช.ม.	pcu/hour
ถนนรัชดาภิเษก	**9666**	4833	5095	**35570**	5081	5586	**16954**	5651	5905	**5182**	**5584**
ถนนราชพฤกษ์	**11014**	5507	5616	**40433**	5776	6218	**16414**	5471	5645	**5655**	**5975**

รูปที่ ข-9 ข้อมูลปริมาณจราจรที่แยก รัชดา – ราชพฤกษ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค
ผลการปรับแก้แบบจำลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค-1 ชุดค่าพฤติกรรมผู้ขับขี่ที่ใช้ปรับแก้แบบจำลอง

ชุดค่าตัวแปรพฤติกรรมผู้ขับขี่ที่	Reaction time	Queue leaving Speed
	sec.	m/s
1	1.0	2.0
2	1.0	6.0
3	2.0	4.0
4	1.5	8.0
5	1.5	3.0
6	1.8	6.0
7	1.9	7.5
8	1.9	9.0
9	2.0	8.0
10	1.8	7.0

ตาราง ค-2 ผลการปรับแก้ความสามารถในการรองรับปริมาณจราจรของทางแยก ในการรองรับปริมาณจราจรของทางแยก

ทางแยก	ความสามารถในการรองรับการจราจร (Capacity) ในภาคสนาม (คัน/ชม.)	ความสามารถในการรองรับการจราจร (Capacity) คัน/ชม. ในแบบจำลอง									
		ชุดค่าตัวแปรพฤติกรรมผู้ขับขี่ที่									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
นราธิวาส-จันทร์	1600	2385	2475	1424	1787	2027	1759	1632	1653	1678	1763
นราธิวาส-รัชดา	1728	2394	2476	1564	1725	2089	1525	1727	1579	1657	1694
นราธิวาส-พระราม 3	1650	2552	2491	1494	1961	2000	1733	1674	1804	1813	1864
	MSE	590894.7	639883.0	36760.3	37119.4	127473.7	18854.0	600.6	15394.6	10611.2	18773.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค-3 ผลการปรับแก้ตัววัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง

Queue up Speed = 0m/s	แถวคอยเฉลี่ยจากภาคสนาม(คัน)	แถวคอยเฉลี่ยจากภาคสนาม(คัน)						Square Error (SE)						MSE
จันทร์	9.49	9.04	8.80	8.29	8.20	9.00	9.20	0.20	0.48	1.44	1.67	0.23	0.08	
รัชดา	9.41	10.06	9.77	12.12	12.70	9.75	10.66	0.42	0.13	7.33	10.83	0.11	1.56	
พระราม 3	5.11	5.64	5.75	6.33	5.54	5.66	5.891	0.28	0.40	1.50	0.18	0.30	0.60	
														1.54
Queue up Speed = 1m/s	แถวคอยเฉลี่ยจากภาคสนาม(คัน)	แถวคอยเฉลี่ยจากภาคสนาม(คัน)						Square Error (SE)						MSE
จันทร์	9.49	9.28	9.28	8.95	8.53	9.38	9.8	0.04	0.04	0.20	0.91	0.01	0.09	
รัชดา	9.41	10.76	9.48	12.59	11.54	12.33	11.68	1.81	0.00	10.11	4.51	8.50	5.12	
พระราม 3	5.11	5.80	6.01	6.64	5.75	6.01	6.28	0.48	0.82	2.35	0.41	0.81	1.38	
														2.09
Queue up Speed = 2m/s	แถวคอยเฉลี่ยจากภาคสนาม(คัน)	แถวคอยเฉลี่ยจากภาคสนาม(คัน)						Square Error (SE)						MSE
จันทร์	9.49	8.96	9.21	8.79	8.50	9.36	9.91	0.27	0.07	0.49	0.98	0.01	0.17	
รัชดา	9.41	9.97	10.75	14.40	12.05	11.76	9.76	0.30	1.77	24.8	6.96	5.50	0.12	
พระราม 3	5.11	5.84	6.18	6.65	5.95	6.10	6.17	0.54	1.15	2.37	0.70	0.90	1.14	
														2.69

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายจงสฤษฎิ์ จงอุ ดมการณ์ เกิดเมื่อวันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2529 ที่จังหวัดขอนแก่น เป็นบุตรคนแรกจากพี่น้อง 2 คน ของ นายสุพร จงอุดมการณ์ และนางดารุณี จงอุดมการณ์ จบการศึกษาในระดับประถมและมัธยมที่ รร.สาธิตศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และได้เข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปี พ.ศ. 2547 และจบการศึกษาในปี พ.ศ. 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย