ผลกระทบของมาตรการช่องทางพิเศษและการควบคุมทางเข้าต่อการจราจรบนระบบทางพิเศษในเขตกรุงเทพมหานคร

นางสาววิจิตรา วัชสังค์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-53-2870-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

IMPACT OF HIGH OCCUPANCY VEHICLE LANE AND RAMP METERING STRATEGIES ON TRAFFIC FLOW ON BANGKOK EXPRESSWAY SYSTEM

Miss Wichitra Watchasang

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement
for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering

Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2005
ISBN 974-53-2870-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบของมาตรการช่องทางพิเศษและการควบคุมทางเข้าต่อการจราจรบนระบบทางพิเศษในเขตกรุงเทพมหานคร
โดย	นางสาววิจิตรา วัชสังค์
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. เกษม ชูจารุกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. เกษม ชูจารุกุล)

.....กรรมการ
(ดร. ประพนธ์ วงศ์วิเชียร)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิจิตรา วัชสังค์ : ผลกระทบของมาตรการช่องทางพิเศษและการควบคุมทางเข้าต่อการจราจรบนระบบทางพิเศษในเขตกรุงเทพมหานคร. (IMPACT OF HIGH OCCUPANCY VEHICLE LANE AND RAMP METERING STRATEGIES ON TRAFFIC FLOW ON BANGKOK EXPRESSWAY SYSTEM) อ. ที่ปรึกษา : ดร.เกษม ชูจารุกุล, 106 หน้า. ISBN 974-53-2870-7.

ถึงแม้ว่าในช่วงเวลาเร่งด่วนของวัน ความต้องการในการเดินทางบนระบบทางพิเศษในกรุงเทพมหานครจะมีมากกว่าความสามารถในการให้บริการของระบบ แต่ในปัจจุบันยังไม่มีรูปแบบการจัดการการจราจรที่มีประสิทธิภาพ มาตรการการจัดช่องทางพิเศษและการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษจึงเป็นทางเลือกที่อาจเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหาจราจรติดขัดบนระบบทางพิเศษ เนื่องจากมาตรการดังกล่าวมีเป้าหมายเพื่อจัดการและควบคุมปริมาณจราจรในระบบโดยตรง วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอผลการประเมินความเหมาะสมของการจัดช่องทางพิเศษที่จัดเดินรถในทิศทางเดียวกับกระแสจราจรและการจัดการควบคุมทางเข้าบนระบบทางพิเศษโดยใช้สัญญาณไฟจราจรควบคุมที่เปลี่ยนแปลงตามสภาพการจราจรแบบเป็นพื้นที่เดี่ยวโดยประยุกต์ใช้โปรแกรม PARAMICS

ผลการศึกษาพบว่าการจัดช่องทางพิเศษสำหรับยานพาหนะที่มีผู้ร่วมเดินทางอย่างน้อย 2 คน (ยกเว้นรถโดยสารประจำทาง) จะมีประสิทธิภาพการดำเนินการเมื่อมีสัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษในช่วงระหว่างร้อยละ 45 ถึง 55 เทียบกับยานพาหนะทั้งหมด ที่สภาวะความหนาแน่นด้านการจราจรในช่วง 24 ถึง 59 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร สำหรับผลจากการวิเคราะห์มาตรการควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษพบว่าสำหรับระบบที่มีการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแปรเปลี่ยนตามสภาพการจราจร 3 ตำแหน่งคือบนช่วงหลักก่อนเข้าสู่พื้นที่บริเวณติดตั้งสัญญาณไฟ บริเวณจุดร่วมกระแสจราจรและบริเวณทางเข้า จะมีประสิทธิภาพของการดำเนินการที่สภาวะความหนาแน่นด้านการจราจรในช่วง 36 ถึง 40 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาในระดับโครงข่ายระบบทางพิเศษ พบว่าการดำเนินการจัดช่องทางพิเศษการควบคุมบริเวณทางเข้าทางพิเศษและการจัดทั้ง 2 มาตรการร่วมกัน สามารถลดระยะเวลาในการเดินทางโดยรวมลงได้ร้อยละ 0.4,3.7 และ 5.9 ตามลำดับ ผลการศึกษาดังกล่าวสามารถนำไปเป็นพื้นฐานในการปรับปรุงและพัฒนาการจราจรบนระบบทางพิเศษให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2548 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4670492221 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD: BANGKOK EXPRESSWAY/ RAMP METERING / HOV LANE / PARAMICS / MICRO-SIMULATION

WICHITRA WATCHASANG : IMPACT OF HIGH OCCUPANCY VEHICLE LANE AND RAMP METERING STRATEGIES ON TRAFFIC FLOW ON BANGKOK EXPRESSWAY SYSTEM. THESIS ADVISOR : DR.KASEM CHOOCHARUKUL, 106 pp.

ISBN 974-53-2870-7.

Although the traffic demand on Bangkok expressway system during peak periods is generally higher than the capacity of the system, no efficient traffic management measure is currently in place. High-Occupancy-Vehicle (HOV) lane and ramp metering strategies are among the potential measures that could alleviate traffic congestion on the expressway because the measures' main objective is to directly manage and control traffic in the system. This thesis presents evaluation results of concurrent flow HOV lane and traffic responsive ramp metering applications using PARAMICS software.

Findings show that HOV strategy that allows vehicles carrying at least two people (except public transport) to use the HOV lane will be effective when the proportion of these vehicles range from 45 to 55 percent of the total vehicles under traffic density between 24 and 59 vehicles per kilometer per lane. For ramp metering strategy, it was found that the measure will be effective when the density is between 36 and 40 vehicles per kilometer per lane given that loop detectors are located at 3 locations, i.e., upstream mainline before ramp metering area, merge area and queue area.

In addition, results from network-level analysis indicate that HOV lane, ramp-metering, and combined strategies can reduce total travel time in the system by 0.4, 3.7, and 5.9 percent, respectively. Findings from the present study can form a basis to improve traffic conditions on Bangkok expressway system.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Civil Engineering — Student's signature.....

Field of study Civil Engineering — Advisor's signature .....

Academic year 2005 — Co-advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ อ.ดร.เกษม ชูจารุกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษาตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วง นอกจากนี้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ประธานคณะกรรมการและกรรมการ ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. สรวิศ นฤปิติ และ ดร. ประพนธ์ วงศ์วิเชียร ที่ให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ และขอกราบของพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาแก่ผู้เขียนจนสามารถทำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

นอกจากนี้ผู้เขียนขอบพระคุณหน่วยงานทางราชการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การทางพิเศษ แห่งประเทศไทย ที่อนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

และ ณ จุดนี้ไม่ประสบผลได้เลยถ้าหากไม่มีบุคคลเหล่านี้คอยพลักดัน ให้กำลังใจ นั่นก็คือ บิดา มารดา รวมทั้งญาติพี่น้องทุก ๆ คน รวมถึงความตั้งใจอันแน่วแน่ ไม่ออกนอกลู่นอกทางของตัวเอง ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ที่คอยเป็นเพื่อนร่วมทางให้สามารถเดินทางมาถึงจุดนี้ได้ ขอบคุณทุก ๆ สิ่งที่ได้เผชิญมา ให้ได้เก็บรายละเอียดเล็ก ๆ น้อย ๆ เหล่านั้นมาเป็นประสบการณ์ เพื่อให้สามารถเผชิญกับสิ่งที่ไม่คาดคิดในวันข้างหน้า

“การที่มัวแต่เรียนอยู่ในห้องเรียนเพียงอย่างเดียวแม้จะจบการศึกษาสูง ๆ เมื่อต้องออกไปสู่โลกภายนอก กลับใช้ความรู้ที่ได้ร่ำเรียนมาไม่เป็นประโยชน์ หรือทำงานไม่เป็น มีถมเถ” หวังว่าด้วยทุกสิ่งทุกอย่างที่เคยเรียนรู้มา จะสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์แก่สังคมได้สูงสุดอย่างเต็มความสามารถ และสามารถยืดหยัด ณ จุดนั้นด้วยความภาคภูมิใจ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ
สารบัญตาราง ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 จุดประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย 5
1.6 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย 6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8
2.1 ความคับคั่งด้านการจราจร 8
2.2 ระบบทางพิเศษในประเทศไทย 10
2.3 การจัดการบนระบบทางด่วนในต่างประเทศ 15
2.4 การจัดช่องทางพิเศษ 17
2.5 การจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วน 22
2.6 การจำลองสภาพการจราจร 28
2.7 โปรแกรม PARAMICS 30
2.8 สรุป 38
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 39
3.1 ความนำ 39
3.2 การรวบรวมข้อมูลการจราจรเบื้องต้น 39
3.3 การพัฒนาแบบจำลองการจราจร 42
3.4 การจำลองสถานการณ์ 45
3.5 การจัดช่องทางพิเศษ 46
3.6 การจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษ 49

หน้า

3.7 การประเมินผลมาตรการในระดับพื้นที่ทั้งโครงข่ายทางพิเศษ 56
3.8 แบบจำลองระบบทางพิเศษในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร 57
3.9 สรุป 59
บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลข้อมูล 60
4.1 การจัดช่องทางพิเศษ 61
4.2 การจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษ 69
4.3 การวิเคราะห์การจำลองมาตรการในระดับพื้นที่ทั้งโครงข่ายทางพิเศษ 75
4.4 สรุป 80
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผลการวิจัย 81
5.1 การอภิปรายผลการศึกษา 81
5.2 สรุปผลการศึกษา 84
5.3 ข้อเสนอแนะ 86
รายการอ้างอิง 90
ภาคผนวก 92
ภาคผนวก ก 93
ภาคผนวก ข 96
ภาคผนวก ค 99
ภาคผนวก ง 102
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 106

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 ปริมาณการจราจร (คันต่อวัน) ณ ทางขึ้นบนระบบทางพิเศษปี พ.ศ.2540 และ 2548 2
รูปที่ 1.2 ตัวอย่างสภาวะการจราจรคับคั่งบนระบบทางพิเศษ 2
รูปที่ 1.3 พื้นที่ศึกษา..... 4
รูปที่ 1.4 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลงานวิจัย 7
รูปที่ 2.1 การจัดการบนทางด่วน 16
รูปที่ 2.2 การเปรียบเทียบสัดส่วนยานพาหนะต่อจำนวนผู้เดินทางต่อคัน (รวมผู้โดยสารและคนขับ) 17
รูปที่ 2.3 ระบบช่องทางพิเศษภายนอกช่องทางปกติ 19
รูปที่ 2.4 ระบบช่องทางพิเศษภายในช่องทางปกติ 19
รูปที่ 2.5 ช่องทางพิเศษทิศทางเดียวกับการจราจร 20
รูปที่ 2.6 ช่องทางพิเศษทิศทางตรงข้ามกับการจราจร 20
รูปที่ 2.7 การจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ ถนนมอเตอร์เวย์ช่วง M3/M27 ประเทศอังกฤษ . 23
รูปที่ 2.8 กระบวนการพัฒนาและการปรับแก้แบบจำลองโดยโปรแกรม PARAMICS..... 33
รูปที่ 2.9 ตัวอย่างการสร้างโครงข่ายถนนและองค์ประกอบสำคัญ..... 35
รูปที่ 2.10 กระบวนการหาค่าจำนวนครั้งการประมวลผลแบบจำลอง 38
รูปที่ 3.1 สัดส่วนของจำนวนผู้เดินทางต่อคัน (ร้อยละ)..... 41
รูปที่ 3.2 ลักษณะของแบบจำลองการจัดช่องทางพิเศษโดยโปรแกรม PARAMICS..... 47
รูปที่ 3.3 แบบจำลองการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษผ่านโปรแกรม PARAMICS 50
รูปที่ 3.4 กระบวนการการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าทางพิเศษโดยโปรแกรม PARAMICS 51
รูปที่ 3.5 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องตรวจวัดในกระบวนการควบคุมการเข้าใช้ระบบ 52
รูปที่ 3.6 ผังแสดงเงื่อนไขการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าระบบทางพิเศษ..... 54
รูปที่ 3.7 โครงข่ายทางพิเศษจากการพัฒนาแบบจำลอง (ซ้าย) และระบบทางพิเศษจริง (ขวา) ... 59
รูปที่ 4.1 ภาพรวมในกระบวนการประเมินผลแบบจำลอง 60
รูปที่ 4.2 การจัดสถานการณ์จำลองในการจัดช่องทางพิเศษ..... 61
รูปที่ 4.3 จำนวนยานพาหนะในกระบวนการคัดเลือกรูปแบบการจัดช่องทางพิเศษ 62
รูปที่ 4.4 ความเร็วเฉลี่ยในกระบวนการคัดเลือกรูปแบบการจัดช่องทางพิเศษ..... 63
รูปที่ 4.5 เวลาในการเดินทางในกระบวนการคัดเลือกรูปแบบการจัดช่องทางพิเศษ 64

หน้า

รูปที่ 4.6 จำนวนยานพาหนะในกระบวนการปรับเปลี่ยนสัดส่วนยานพาหนะในการจัดช่องทางพิเศษ 65
รูปที่ 4.7 ความเร็วเฉลี่ยในกระบวนการปรับเปลี่ยนสัดส่วนยานพาหนะในการจัดช่องทางพิเศษ 65
รูปที่ 4.8 เวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวมในกระบวนการปรับเปลี่ยนสัดส่วนยานพาหนะในการจัดช่องทางพิเศษ 66
รูปที่ 4.9 จำนวนยานพาหนะในกระบวนการปรับเปลี่ยนปริมาณจราจรในการจัดช่องทางพิเศษ 67
รูปที่ 4.10 ความเร็วเฉลี่ยในกระบวนการปรับเปลี่ยนปริมาณจราจรในการจัดช่องทางพิเศษ 68
รูปที่ 4.11 ผลด้านเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวมในกระบวนการปรับเปลี่ยนปริมาณจราจรในการจัดช่องทางพิเศษ 69
รูปที่ 4.12 รูปแบบการจัดสถานการณ์จำลองในการควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ 70
รูปที่ 4.13 จำนวนยานพาหนะในกระบวนการคัดเลือกรูปแบบการควบคุมการเข้าใช้ระบบ 70
รูปที่ 4.14 ความเร็วและเวลาที่ใช้ในการเดินทางในกระบวนการคัดเลือกรูปแบบการควบคุมการเข้าใช้ระบบ 71
รูปที่ 4.15 ผลกระทบจราจรในด้านความเร็วในบริเวณพื้นที่ติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าทางพิเศษ 72
รูปที่ 4.16 การตรวจสอบปริมาณจราจรในการจัดการควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ 74
รูปที่ 4.17 ความเร็วเฉลี่ย ณ ระดับปริมาณจราจรต่าง ๆ ในการจัดการควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ 74
รูปที่ 4.18 เวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวม ณ ระดับปริมาณจราจรต่าง ๆ ในการจัดการควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ 75
รูปที่ 4.19 สถานการณ์จำลองในระดับโครงข่าย 76
รูปที่ 4.20 ความเร็วเฉลี่ยจากการจัดสถานการณ์ต่าง ๆ ในระดับโครงข่ายทางพิเศษ 77
รูปที่ 4.21 ระยะทางการเดินทางจากการจัดสถานการณ์ต่าง ๆ ในระดับโครงข่ายทางพิเศษ 78
รูปที่ 4.22 เวลาในการเดินทางจากการจัดสถานการณ์ต่าง ๆ ในระดับโครงข่ายทางพิเศษ 78
รูปที่ 4.23 ผลด้านจราจรจากการควบคุมทางเข้าตามลักษณะพื้นที่ 78
รูปที่ 4.24 เวลาในการเดินทางโดยรวมบนระบบทางพิเศษ 79
รูปที่ 4.25 ระยะทางที่ยานพาหนะในระบบสามารถเดินทางได้บนระบบทางพิเศษ 80
รูปที่ 5.1 สรุปผลการศึกษา 86

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 อัตราค่าผ่านทางระบบทางพิเศษในประเทศไทย 12
ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างประโยชน์จากการดำเนินการควบคุมการจราจรที่ทางเข้า- ออกระบบ..... 27
ตารางที่ 2.3 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในด้านการจราจรและขนส่งของ
โปรแกรมต่างๆ 29
ตารางที่ 2.4 การจำลองวัตถุและปรากฏการณ์ (Objects and Phenomena Modeled)..... 30
ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยและความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางบนระบบทางพิเศษ 41
ตารางที่ 3.2 ประเภท ลักษณะ และสัดส่วนของยานพาหนะที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง..... 43
ตารางที่ 3.3 สถานการณ์จำลองการคัดเลือกรูปแบบการจัดยานพาหนะเข้าใช้ช่องทางพิเศษ..... 48
ตารางที่ 3.4 ร้อยละสัดส่วนยานพาหนะในการใช้ช่องทาง 48
ตารางที่ 3.5 สถานการณ์การจำลองการควบคุมทางเข้าทางพิเศษด้วยสัญญาณไฟจราจร 55
ตารางที่ 3.6 การจำลองสถานการณ์ทางเลือกในระดับพื้นที่โครงข่ายทางพิเศษ 57

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

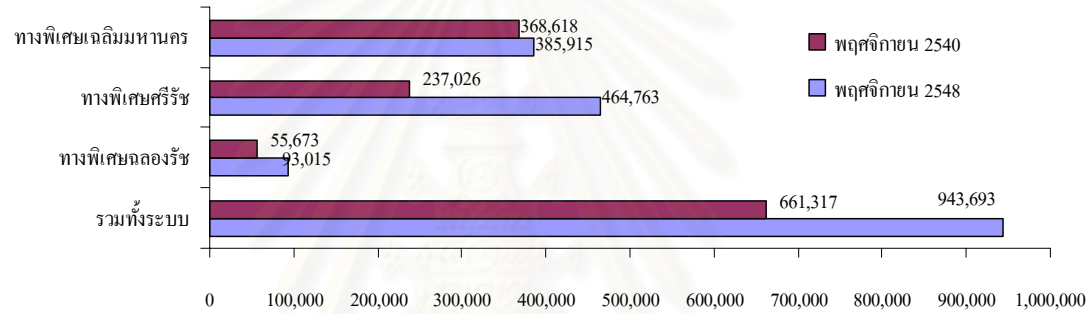
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาการจราจรคับคั่งเป็นปัญหาสำคัญที่นับวันยิ่งทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นซึ่งส่งผลกระทบต่อการพัฒนาความเจริญเติบโตทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ไม่ว่าจะเป็นการลดปริมาณผลิตผล การเพิ่มต้นทุนในการขนส่งสินค้า หรือการสิ้นเปลืองพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ นอกจากนั้นยังก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม ปัญหาความยากลำบากในการเข้าออกพื้นที่ รวมทั้งอันตรายต่อคนเดินเท้า ปัญหาอุบัติเหตุ คุณภาพชีวิต สุขภาพ และความเป็นอยู่ของประชาชน เป็นต้น ทั้งนี้เมื่อพิจารณาภาพรวมทางด้านการจราจรในประเทศไทยจะพบว่าประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีปัญหาด้านการจราจรสะสมมาเป็นระยะเวลาที่ยาวนานโดยเฉพาะในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครนั้นเรียกได้ว่าอยู่ในขั้นวิกฤติเนื่องจากเป็นเมืองหลวงของประเทศ เป็นศูนย์กลางของสถานที่ราชการ แหล่งการค้า การศึกษาที่สำคัญซึ่งที่ผ่านมารัฐบาลและหน่วยงานที่รับผิดชอบได้ให้ความสำคัญในการจัดมาตรการต่างๆ เพื่อจัดการกับสภาวะความคับคั่งที่เกิดขึ้นบนท้องถนน เช่นการจัดการความต้องการในการเดินทาง (Travel Demand Management) การจัดระบบการจราจร (Traffic Management System) แม้กระทั่งการปรับปรุงระบบขนส่งมวลชนสาธารณะทั้งระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส ระบบรถไฟฟ้าใต้ดินและการก่อสร้างสายทางเพิ่ม เช่นระบบโครงข่ายทางพิเศษ แต่จะพบว่าการนำมาตรการต่าง ๆ เหล่านี้มาใช้ยังไม่สามารถบรรเทาสภาวะการจราจรคับคั่งให้ทุเลาลงได้

ในปัจจุบันมีการขยายโครงข่ายระบบทางพิเศษครอบคลุมทั่วพื้นที่เขตเมืองเพื่อช่วยบรรเทาปัญหาการจราจรในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล แต่ทั้งนี้พบว่าในปัจจุบันมีการเติบโตขึ้นของปริมาณการจราจรค่อนข้างสูงในบางพื้นที่บนระบบทางพิเศษ เช่นระบบทางพิเศษศรีรัชมีปริมาณการจราจรสูงถึง 464,763 คันต่อวัน (การทางพิเศษแห่งประเทศไทย, 2549) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณการจราจรเมื่อปี พ.ศ. 2540 บนระบบทางพิเศษขั้นเดียวกันมีปริมาณจราจรเพียง 237,026 คันต่อวันหรือเมื่อพิจารณาทั่วทั้งระบบโครงข่ายพบว่ามีอัตราการเพิ่มขึ้นของความต้องการเข้าใช้ระบบค่อนข้างสูง ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบปริมาณการจราจรที่ทางขึ้นบนระบบทางพิเศษทั้ง 3 ขั้นในปี พ.ศ.2540 และปี พ.ศ.2548 เมื่อพิจารณาผลในด้านความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางพบว่าในปี 2540 มีความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางมีค่ามากที่สุด 134.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมงในช่วงสุขุมวิท 62 ถึงต่างระดับอาจณรงค์ และมีค่าน้อยที่สุด 6.9

กิโลเมตรต่อชั่วโมงในช่วงอโศก 2 ถึงอโศก 1 หรือมีความเร็วในการเดินทางโดยเฉลี่ยทั้งระบบประมาณ 66.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (จริยา ทองจันทึก, 2543) ซึ่งหากย้อนกลับมาพิจารณาสภาวะการจราจรในปัจจุบันย่อมสะท้อนให้เห็นว่าประสิทธิภาพการให้บริการของระบบมีค่าน้อยลง โดยเฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วนที่บางพื้นที่ต้องเผชิญกับสภาวะการจราจรคับคั่งเป็นพื้นที่กว้าง เช่น พื้นที่บนโครงข่ายระบบทางพิเศษบริเวณต่างระดับท่าเรือที่ต้องเผชิญสภาวะการจราจรคับคั่งเนื่องจากปริมาณความต้องการในการเข้าใช้ระบบค่อนข้างสูงโดยเฉพาะในช่วงเร่งด่วนของวันและบริเวณขาเข้าเมืองในช่วงเร่งด่วนบริเวณสะพานพระราม 9 เนื่องจากสภาวะคอขวดดังแสดงในรูปที่ 1.2 ด้วยเหตุที่ได้กล่าวมาทั้งหมดร่วมกับการคำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นในระยะยาว การศึกษาถึงมาตรการการจัดการบนระบบทางพิเศษจึงเป็นจุดเริ่มที่เป็นสิ่งที่จำเป็นและต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง



รูปที่ 1.1 ปริมาณการจราจร (คันต่อวัน) ณ ทางขึ้นบนระบบทางพิเศษปี พ.ศ.2540 (จริยา ทองจันทึก, 2543) และ 2548 (การทางพิเศษแห่งประเทศไทย, 2549)

รูปที่ 1.2 ตัวอย่างสภาวะการจราจรคับคั่งบนระบบทางพิเศษ

ทั้งนี้การให้ความสำคัญกับปัญหาและกระบวนการคัดเลือกใช้มาตรการที่เหมาะสมเพื่อนำมาบังคับใช้นั้น เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากกระบวนการคัดเลือกมาตรการที่เหมาะสมในการจัดการกับระบบการจราจรจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อพฤติกรรมการเดินทางและต่อสภาวะการจราจรเป็นอย่างมาก การศึกษานี้จึงได้มีการคัดเลือกเครื่องมือในการประเมินผลและคัดเลือกมาตรการการจัดการบนระบบทางพิเศษที่เป็นไปได้ที่จะนำมาจัดการกับสภาพการจราจรบนระบบทางพิเศษในประเทศไทย เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนจัดระบบการจราจรบนระบบทางพิเศษให้มีประสิทธิภาพและช่วยลดปัญหาการจราจรคับคั่งที่เกิดขึ้นต่อไป

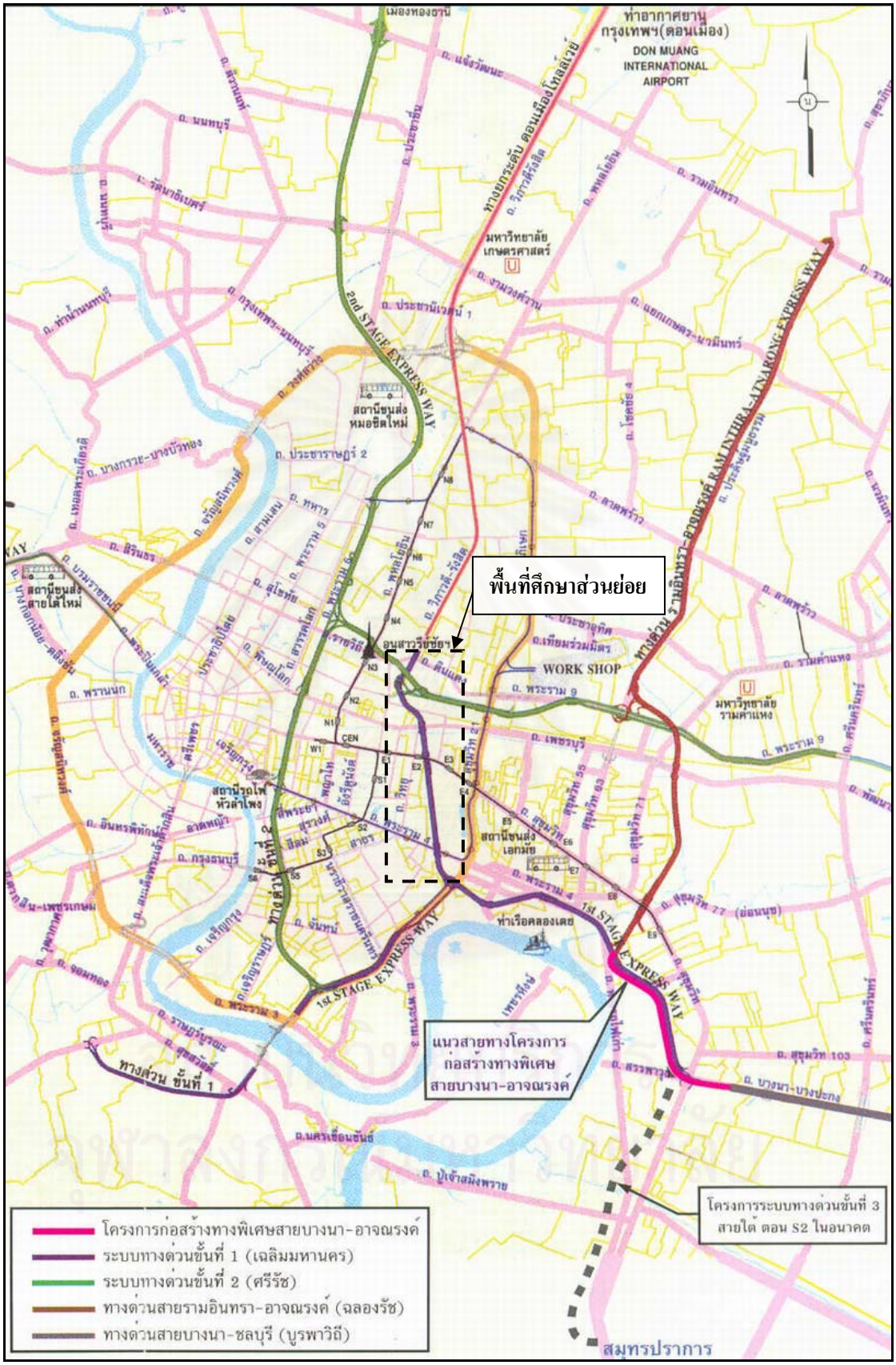
1.2 จุดประสงค์ของการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 3 ประการ ได้แก่

1. เพื่อพัฒนาแบบจำลองการจราจรในระดับจุลภาคบนระบบทางพิเศษเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์สภาวะการจราจรคับคั่งในช่วงเร่งด่วนของวัน
2. เพื่อพัฒนาแบบจำลองและประเมินทางเลือกที่เหมาะสมในการจัดช่องทางพิเศษ (High Occupancy Vehicle Lane) และการควบคุมทางเข้าทางพิเศษ (Ramp Metering)
3. เพื่อใช้ผลการศึกษาที่ได้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการหามาตรการที่เหมาะสมมาแก้ไขปรับปรุงปัญหาของระบบการขนส่งและจราจรให้มีประสิทธิภาพและถูกต้องยิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งศึกษาการพัฒนาแบบจำลองคอมพิวเตอร์ในระดับจุลภาคเพื่อจำลองการจราจรบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) เฉพาะส่วน A B และ C และทางพิเศษฉลองรัช (ระบบทางด่วนสายรามอินทรา-อาจณรงค์) ดังแสดงในรูปที่ 1.3 ทั้งนี้ในขั้นต้นของการประเมินผลได้คัดเลือกพื้นที่ส่วนย่อย คือระบบทางพิเศษขั้นที่ 1 ช่วงดินแดง-ต่างระดับท่าเรือในการประยุกต์ใช้แบบจำลองในด้านการจัดช่องทาง และการควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษโดยการใช้งานโปรแกรม PARAMICS เพื่อประเมินทางเลือกของมาตรการที่เหมาะสมในการจัดการกับระบบการจราจรที่มีอยู่โดยการวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าของวันบนระบบโครงข่ายทางพิเศษ



รูปที่ 1.3 พื้นที่ศึกษา

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้แก่

1. ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินหามาตรการที่มีความเหมาะสมเพื่อนำมาปรับปรุง แก้ไขปัญหาของระบบการขนส่งและการจราจรให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
2. แบบจำลองที่พัฒนาในการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ทดสอบมาตรการด้านการจราจรต่าง ๆ และทราบถึงแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยแบบจำลองอันเป็นการไม่กระทบกระเทือนต่อสภาพการจราจร อีกทั้งยังสามารถหาตัวชี้วัดสภาพการจราจรซึ่งสามารถใช้ในการตัดสินใจและกำหนดนโยบายต่อไปได้
3. แบบจำลองสามารถใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดงบประมาณเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสมกับระดับความรุนแรงของปัญหาหรือผลกระทบที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องเหมาะสมยิ่งขึ้น

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยสามารถจัดแบ่งกระบวนการการศึกษาได้ 5 ขั้นตอน ได้แก่

1. ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขต ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและการออกแบบงานวิจัย
2. ทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านความคับคั่งด้านจราจร การจัดการระบบทางด่วนทั้งในและต่างประเทศ การจัดช่องทางพิเศษ การจัดการควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ และการจำลองสภาพจราจรโดยการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษารูปแบบทางเลือกในมาตรการทั้งสองประเภท
3. พัฒนาแบบจำลองคอมพิวเตอร์ในมาตรการช่องทางพิเศษและการควบคุมทางเข้าซึ่งเริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง พัฒนาแบบจำลองโครงข่ายทางพิเศษ รวมทั้งการปรับแก้แบบจำลองเพื่อให้มีลักษณะเสมือนจริงมากที่สุด และประยุกต์ใช้แบบจำลองในการจัดช่องทางพิเศษและการควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ

4. วิเคราะห์ผลการศึกษาทางเลือกต่าง ๆ ที่ได้กำหนดขึ้นจากการประมวลผลแบบจำลอง อภิปรายผลรวมทั้งสรุปผลทางเลือกที่ดีที่สุด
5. จัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.6 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

โครงสร้างของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย 5 ส่วนตามกระบวนการศึกษาซึ่งส่วนแรกเป็นส่วนของบทนำประกอบด้วยความเป็นมา สภาพปัญหา เป้าหมาย ขอบเขตและผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้ ส่วนที่ 2 เป็นทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งจะแสดงรายละเอียดในด้านการจัดการบนระบบทางพิเศษทั้งในและต่างประเทศโดยเฉพาะการจัดช่องทางพิเศษและการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษ แบบจำลองคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้รวมไปถึงการนำเข้าข้อมูล องค์ประกอบของโปรแกรม การแสดงผล ข้อจำกัด การปรับแก้และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองและจะทำการพัฒนาแบบจำลองในส่วนที่ 3 ซึ่งมีกระบวนการคือเริ่มสร้างโครงข่ายถนน การประมวลผลแบบจำลอง รวมไปถึงแสดงการปรับแก้และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองพร้อมกับการประยุกต์ใช้ซึ่งในการศึกษานี้จะประยุกต์ใช้แบบจำลองในการจัดช่องทางพิเศษและการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษ ส่วนที่ 4 จะแสดงผลของการศึกษาที่ได้จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองดังที่ได้กล่าวมาและส่วนที่ 5 จะทำการวิเคราะห์ผลแบบจำลองและสรุปผลการศึกษาดังแสดงผลในภาพรวม ในรูปที่ 1.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 1.4 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลงานวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประเมินผลกระทบด้านจราจรของมาตรการช่องทางพิเศษและการควบคุมทางเข้าบนระบบทางพิเศษโดยการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ทำการศึกษาประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบด้วยการศึกษาถึงลักษณะของความคับคั่งด้านการจราจร ลักษณะของระบบทางพิเศษ การดำเนินการ การจัดการทั้งในและต่างประเทศ การจัดการช่องทางเพื่อจัดสิทธิพิเศษให้กับยานพาหนะบางประเภท (High Occupancy Vehicle Lane) การจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษ (Ramp Metering) การจำลองสภาพการจราจรโดยการคัดเลือกเครื่องมือที่มีความเหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้งานโปรแกรมการจำลองนั้น ๆ

2.1 ความคับคั่งด้านการจราจร

ปัญหาการจราจรคับคั่งเป็นปัญหาที่เผชิญกันในหลาย ๆ ประเทศและวิธีปฏิบัติแบบดั้งเดิมในการสร้างสายทางเพิ่มเพื่อแก้ปัญหาไม่ใช่ทางออกของการแก้ปัญหาเสมอไป ด้วยเหตุผลทางการเมือง การเงินและสิ่งแวดล้อม ยิ่งไปกว่านั้นในบางครั้งการสร้างสายทางเพิ่มเติมกลับเป็นการสร้างปัญหาสะสมในด้านการจราจรคับคั่งเนื่องจากเป็นการดึงดูดให้เกิดความต้องการในการเดินทางเพิ่มขึ้น หลายประเทศพิจารณาว่าการก่อสร้างสายทางใช้ค่าก่อสร้างมหาศาลและส่งผลต่อการเพิ่มมลภาวะและในที่สุดจะนำไปสู่การแก้ปัญหาการจราจรคับคั่งโดยใช้มาตรการที่ดีกว่าการสร้างสายทางเพิ่มเติม

ปัญหาการจราจรคับคั่งไม่ใช่ปัญหาที่เกิดเฉพาะแก่ผู้เดินทางในเมืองใหญ่หรือในพื้นที่เขตเมืองเท่านั้นแต่ความคับคั่งยังส่งผลกระทบแก่ผู้ที่เดินทางไปทำงานและการเดินทางเพื่อกิจกรรมอื่นๆ และส่งผลกระทบต่อการเคลื่อนย้ายคนและสินค้าซึ่งในพื้นที่เขตเมืองมักเผชิญกับปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการจราจรส่งผลต่อการลดลงของคุณภาพของอากาศเป็นอย่างมากและการจราจรในพื้นที่นอกเมืองรวมทั้งแนวสายทางเดินรถระหว่างเมืองมักจะถูกรบกวนโดยอุบัติการณ์ เช่น อุบัติเหตุ รถจอดเสีย กิจกรรมบำรุงรักษาทาง เป็นต้น

สาเหตุของความคับคั่งนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 องค์ประกอบได้แก่ความคับคั่งที่เกิดขึ้นประจำและความคับคั่งที่ไม่ได้เกิดขึ้นเป็นประจำ (สมประสงค์ สัตยมัลลี, 2542)

- ความคับคั่งที่เกิดขึ้นประจำ (Recurrent Congestion) เป็นเหตุการณ์ที่สามารถคาดการณ์การเกิดได้ก่อนล่วงหน้า ได้แก่ ปัญหาการจราจรคับคั่งในช่วงเวลาเร่งด่วนโดยมีสาเหตุจากความต้องการในการเดินทางมีปริมาณมากกกว่าความสามารถในการให้บริการของระบบถนนในช่วงเวลานั้น ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่ผู้เดินทางสามารถรู้ถึงระยะเวลาของการเกิดและผลที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าได้ ความคับคั่งดังกล่าวนี้อาจจะกล่าวได้ว่าเป็นความคับคั่งในช่วงเวลาเร่งด่วนซึ่งเกิดขึ้นเป็นประจำทุกวันที่เกิดจากปริมาณยวดยานสูงเข้ามาใช้สายทางในระหว่างช่วงเวลาเดียวกัน เช่น การจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น

ความคับคั่งที่ไม่ได้เกิดขึ้นเป็นประจำ (Non-Recurrent Congestion) เป็นเหตุการณ์ที่ไม่สามารถคาดการณ์การเกิดล่วงหน้าได้ซึ่งโดยปกติแล้วเป็นการเกิดอย่างทันทีทันใดไม่มีการวางแผนล่วงหน้า เช่น อุบัติเหตุทางถนนและอุบัติการณ์ เช่นรถเสีย สภาพทัศนวิสัย สภาพความเสียหาย เช่นสะพานหัก ถนนขาด วัสดุตกหล่นบนสายทางเป็นต้น หรือการบำรุงรักษาทางแบบเร่งด่วน สภาพการจราจรติดขัดแบบนี้ยังแบ่งออกได้เป็น

1) เหตุการณ์ที่สามารถทำนายการเกิดและผลกระทบได้ล่วงหน้า การเกิดความคับคั่งที่คาดการณ์ได้แบบนี้ประกอบไปด้วย กิจกรรมการบำรุงรักษาทาง การก่อสร้าง เหตุการณ์พิเศษต่าง ๆ เช่นงานเทศกาล งานวัด งานพาเหรด คอนเสิร์ต กีฬา ฯลฯ ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้สามารถวางแผนรับมือกับการจราจรที่คาดว่าจะคับคั่งได้ อีกทั้งยังรวมบริเวณซึ่งเป็นตำแหน่งวิกฤต เช่น ทางแยก ทางต่างระดับที่มีการแลกเปลี่ยนการจราจร พื้นที่ก่อสร้างทางเป็นระยะเวลานาน เป็นต้น
2) เหตุการณ์ที่ไม่สามารถทำนายการเกิดล่วงหน้าได้ ในหลายประเทศสภาพอากาศก็ส่งผลให้เกิดปัญหาความคับคั่งแบบที่เกิดไม่แน่นอนได้อย่างมาก อุบัติเหตุทางการจราจรที่ไม่ได้คาดคิดเช่น อุบัติเหตุทางรถยนต์ เมื่อมีทัศนวิสัยที่ไม่ดี เป็นต้น

เนื่องจากปัญหาการจราจรในเขตกรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑลเป็นปัญหาที่มีแนวโน้มที่ทวีความรุนแรงขึ้น รัฐบาลได้ตระหนักถึงปัญหาและหาแนวทางแก้ไขมาโดยตลอด รวมทั้งการจัดตั้งการทางพิเศษแห่งประเทศไทยเพื่อก่อสร้าง ดำเนินและจัดการระบบทางพิเศษที่ครอบคลุมพื้นที่ที่ประสบกับสภาวะการจราจรคับคั่งโดยรอบ แต่ทว่าด้วยเงื่อนไขจำกัดในด้านความสามารถในการให้บริการของระบบทางพิเศษร่วมกับความต้องการในการเดินทางโดยใช้บริการระบบทางพิเศษ ในปัจจุบันนี้พบว่าปัญหาความคับคั่งได้แผ่ขยายขึ้นบนระบบทางพิเศษในบางพื้นที่ในลักษณะต่าง ๆ เช่นความคับคั่งที่เกิดในช่วงเวลาเร่งด่วนของวัน ความคับคั่งจากภาวะอุบัติการณ์ ความคับคั่งเนื่องจากสภาพคอขวด เป็นต้น ส่งผลให้ความเร็วในการเดินทางของ

ยวดยานลดลง เพิ่มเวลาการเดินทางหรือเกิดความไม่แน่นอนในการเดินทางขึ้น เพิ่มโอกาสการเกิดการเฉี่ยวชนหรือทำให้เกิดความไม่พึงพอใจในการใช้ระบบขึ้น เป็นต้น ดังนั้นการศึกษามาตรการการจัดการบนระบบทางพิเศษที่มีความเหมาะสมเพื่อจัดการกับระบบการจราจรที่มีอยู่ย่อมเป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อเป็นส่วนเพิ่มสมรรถนะการให้บริการของระบบ ช่วยลดผลกระทบที่เกิดจากภาวะความคับคั่งที่เกิดขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพการจัดการด้านความปลอดภัย การจัดระบบสิ่งอำนวยความสะดวกแก่ผู้เดินทาง เป็นต้น

2.2 ระบบทางพิเศษในประเทศไทย

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) เป็นรัฐวิสาหกิจที่ก่อตั้งขึ้นตามประกาศของคณะปฏิวัติฉบับที่ 290 ลงวันที่ 27 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2515 ให้ดำเนินการในรูปของรัฐวิสาหกิจ สังกัดกระทรวงคมนาคม โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะดำเนินการก่อสร้างหรือจัดให้มีทางพิเศษ บำรุงรักษาทางพิเศษ จัดดำเนินการหรือควบคุมธุรกิจเกี่ยวกับระบบการขนส่งมวลชน ตลอดจนดำเนินงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับทางพิเศษ เพื่ออำนวยความสะดวกและความรวดเร็วในการจราจรและการขนส่งเป็นพิเศษ ช่วยขจัดปัญหาและอุปสรรคในส่วนที่เกี่ยวกับเส้นทางคมนาคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีทางพิเศษที่เปิดให้บริการแล้วและมีการดำเนินการในด้านต่าง ๆ ดังนี้ (การทางพิเศษแห่งประเทศไทย, 2549)

- ทางพิเศษ ที่เปิดบริการแล้วมี 5 สายทาง รวมระยะทาง 175.9 กิโลเมตร ดังนี้
  1) ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) ระยะทางรวม 27.1 กิโลเมตร ประกอบด้วย
     - สายดินแดง - ท่าเรือ ระยะทาง 8.9 กิโลเมตร
     - สายบางนา - ท่าเรือ ระยะทาง 7.9 กิโลเมตร
     - สายดาวคะนอง - ท่าเรือ ระยะทาง 10.3 กิโลเมตร
  2) ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ระยะทางรวม 38.4 กิโลเมตร ประกอบด้วย
     - ส่วน A เริ่มจากถนนรัชดาภิเษกผ่านทางแยกต่างระดับพญาไทถึงถนนพระราม 9 ระยะทาง 12.4 กิโลเมตร
     - ส่วน B สายหลัก มีแนวเชื่อมต่อกับส่วน A ที่บริเวณทางแยกต่างระดับพญาไทแล้วไปเชื่อมต่อกับทางพิเศษเฉลิมมหานครที่บริเวณบางโคล่ ระยะทาง 9.4 กิโลเมตร

- ส่วน C เชื่อมกับทางพิเศษส่วน A โดยเริ่มจากถนนรัชดาภิเษกถึงถนนแจ้งวัฒนะ ระยะทาง 8.0 กิโลเมตร
- ส่วน D เริ่มจากถนนพระราม 9 ถึงถนนศรีนครินทร์ ระยะทาง 8.6 กิโลเมตร

3) ทางพิเศษฉลองรัช (ทางด่วนสายรามอินทรา - อาจณรงค์) มีจุดเริ่มต้นจากถนนรามอินทรา กิโลเมตรที่ 5.5 ถึงอาจณรงค์ ระยะทาง 18.7 กิโลเมตร โดยมีถนนประดิษฐ์มนูธรรมขนานขนาบจากรามอินทราไปถึงเอกมัย

4) ทางพิเศษบูรพาวิถี (ทางด่วนสายบางนา - ชลบุรี) ระยะทาง 55.0 กิโลเมตร มีจุดเริ่มต้นที่บริเวณบางนา - ตราด (กม. 2 + 500) ไปถึงชลบุรี (กม. 55 + 350)

5) ทางพิเศษอุดรรัถยา (ทางด่วนสายบางปะอิน - ปากเกร็ด) ระยะทางรวม 32 กิโลเมตรมีจุดเริ่มต้นจากถนนแจ้งวัฒนะ - บางไทร โดยระยะที่ 1 จากถนนแจ้งวัฒนะ - เชียงราก และต่อเชื่อมกับถนนทางเข้ามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ระยะทาง 22 กิโลเมตร และระยะที่ 2 จากเชียงราก - บางไทร ระยะทาง 10 กิโลเมตร

- ระบบเก็บค่าผ่านทางและอัตราค่าผ่านทาง

1) ระบบเก็บค่าผ่านทาง มีลักษณะเป็นด่านเก็บเงินค่าผ่านทาง (Toll Plazas) และในแต่ละด่านจะมีช่องเก็บเงิน (Booths) ใช้ระบบเก็บค่าผ่านทางแบบใช้พนักงานเก็บเงิน (Manual Toll Collection) ร่วมกับระบบเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ (Automatic Toll Collection) ที่ใช้บัตรทางด่วน (TAG)

2) อัตราค่าผ่านทางและการปรับอัตราค่าผ่านทาง การคิดอัตราค่าผ่านทางจะแบ่งเป็น 3 ระดับตามประเภทของรถ ได้แก่ รถ 4 ล้อ รถ 6-10 ล้อ และรถมากกว่า 10 ล้อ (การทางพิเศษแห่งประเทศไทย, 2549) ซึ่งมีอัตราการเก็บดังแสดงในตารางที่ 2.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 อัตราค่าผ่านทางระบบทางพิเศษในประเทศไทย

ทางพิเศษ	ค่าผ่านทาง (บาท) แยกตามประเภทรถ		
	4 ล้อ	6 - 10 ล้อ	มากกว่า 10 ล้อ
ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) ยกเว้น ด่านอาจณรงค์ 1 (ไปบางนา)	40	60	85
- ด่านอาจณรงค์ 1 (ไปบางนา)	30	50	75
- ด่านบางจาก	10	10	15
ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ยกเว้นด่าน	40	60	85
- ด่านศรีนครินทร์ ด่านรามคำแหง ด่านพระราม 9 ด่านอโศก 3	25	45	60
- ด่านพระราม 9-1 (ศรีรัช)	15	35	50
- ด่านประชาชื่น (ขาเข้า)	50	75	110
- ด่านประชาชื่น (ขาออก)	10	15	25
- ด่านประชาชื่น 1 (ขึ้นจากถนนประชาชื่น) ด่านประชาชื่น 2 (ลงสู่ถนนประชาชื่น)	15	20	30
- ด่านงามวงศ์วาน 1 (ขาออก) ด่านงามวงศ์วาน 2 (ขาเข้า)	15	20	30
ทางพิเศษฉลองรัช (ทางด่วนสายรามอินทรา-อาจณรงค์) ยกเว้นด่าน	30	50	70
- ด่านลาดพร้าว ด่านพระราม 9-1 (ฉลองรัช) ด่านพระราม 9-2	20	40	60
ทางพิเศษอุดรรัถยา (ทางด่วนสายบางปะอิน-ปากเกร็ด)			
- ด่านเมืองทองธานี	20	40	60
- ด่านศรีสมาน	25	50	75
- ด่านบางพูน (เข้า-ออก)	30	60	90
- ด่านเชียงราก (เข้า-ออก)	35	70	105
- ด่านบางปะอิน (เข้า-ออก)	40	80	120
ทางพิเศษบูรพาวิถี (ทางด่วนสายบางนา- ชลบุรี) สำหรับ 20 กิโลเมตรแรก	20	40	60
- ยกเว้น ด่านบางนา กม.6 (ขาเข้า) (เชื่อมเข้าทางพิเศษเฉลิมมหานคร, ฉลองรัช) สำหรับ 20 กิโลเมตรแรก	50	90	130
- กิโลเมตรต่อไป เพิ่มกิโลเมตรละ	+ 1 บาท / กม.	+ 2 บาท / กม.	+ 3 บาท / กม.

- สิ่งอำนวยความสะดวกที่ให้บริการบนทางพิเศษ

1) โทรศัพท์ฉุกเฉิน เป็นโทรศัพท์ที่ติดตั้งอยู่บนขอบทางด้านซ้ายของทางพิเศษที่เปิดให้บริการทุกระบบ ดังนี้

ช่วงทางพิเศษ	ระยะการติดตั้ง (กิโลเมตร)	จำนวน (จุด)
ทางพิเศษเฉลิมมหานคร	1	51
ทางพิเศษศรีรัช	1	58
ทางพิเศษฉลองรัช	0.5	72
ทางพิเศษบูรพาวิถี	0.5	216
ทางพิเศษอุดรรัถยา	1	70

กรณีผู้ใช้บริการมีความประสงค์จะขอความช่วยเหลือ เพียงแค่ยกหูหรือกดปุ่มโทรศัพท์ สัญญาณจะปรากฏที่ศูนย์ควบคุมทางพิเศษ ซึ่งพนักงานจะทราบได้ทันทีว่ามีเหตุฉุกเฉินหรือเกิดอุบัติเหตุที่จุดใด

2) ป้ายสัญญาณปรับได้ (Matrix Sign) เป็นป้ายสัญญาณที่ติดตั้งบริเวณเกาะกลางของทางพิเศษเป็นระยะ ๆ ข้อมูลส่วนใหญ่ที่ปรากฏบนป้ายสัญญาณดังกล่าวจะเป็นตัวเลขแสดงความเร็วที่ควรใช้บนทางพิเศษกรณีฝนตกหรือมีหมอกหนาแน่น เป็นต้น นอกจากนี้ยังแสดงสัญลักษณ์บอกสภาพของช่องทางวิ่ง ว่าเปิดหรือปิด เช่น รูปตัวไอ (I) แสดงว่าเปิด ถ้าเป็นรูปตัวที (T) แสดงว่าปิด ทั้งนี้เพื่อเป็นการแจ้งหรือเตือนให้ผู้ใช้ทางทราบล่วงหน้า

3) ป้ายปรับเปลี่ยนข้อความ (Variable Message Sign; VMS) เป็นป้ายอิเล็กทรอนิกส์ที่บอกข้อมูลต่าง ๆ ให้ผู้ใช้บริการสามารถทราบสภาพการจราจรได้ล่วงหน้าซึ่งส่วนใหญ่จะบอกสภาพการจราจรที่มีปัญหาหรือคำแนะนำต่าง ๆ

4) ป้ายบอกทาง (Overhead Sign) เป็นป้ายสีเขียวสำหรับบอกทางบนทางพิเศษเป็นระยะ ๆ เพื่อให้ผู้ใช้บริการได้เตรียมตัวและสามารถเข้าช่องทางไปสู่จุดหมายปลายทางได้ถูกต้อง

5) ป้ายทางออกที่ (Exit No.) คือป้ายบอกลำดับทางลงของทางพิเศษบูรพาวิถี ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ด้านซ้ายของป้ายบอกทางโดยจัดลำดับทางลงจากจุดทางลงแรกของแต่ละทิศทางเป็นทางลงที่ 1 แล้วไล่เรียงตามลำดับตัวเลขจนถึงลำดับที่ 5 สำหรับขาเข้าเมือง และลำดับที่ 8 สำหรับขาออก

เมือง วัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นสื่อข้อความบอกทางลงที่ชัดเจนและเข้าใจง่าย เพื่อให้ผู้ใช้บริการสามารถเตรียมตัวเข้าช่องทางให้ถูกต้องได้ล่วงหน้าก่อนถึงทางลงโดยจะมีคู่มือกำกับเลขทางลงและชื่อสถานที่ของจุดลงแจกผู้ใช้บริการที่ตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษซึ่งในขณะนี้อยู่ในช่วงการศึกษาการดำเนินการ

6) โทรทัศน์วงจรปิด (CCTV) จะถูกติดตั้งบนทางพิเศษเป็นระยะ ๆ ตลอดแนวเส้นทางบนทางพิเศษทุกสาย เพื่อให้เห็นสภาพการจราจรบนทางพิเศษตลอด 24 ชั่วโมง

7) พนักงานกู้ภัย มีหน้าที่ในการตรวจตราดูแลความเรียบร้อยบนทางด่วน เพื่อให้เกิดความปลอดภัย แก่ผู้ใช้บริการ และให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ

8) พนักงานจัดการจราจร มีหน้าที่ในการจัดการจราจรในเขตทางพิเศษ เพื่อให้เกิดความเรียบร้อย สะดวก รวดเร็ว และปลอดภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในบริเวณทางขึ้น-ลง และบริเวณที่มีการจราจรคับคั่ง หรือจุดที่อาจมีอันตราย

- ศูนย์ควบคุมการจราจรบนระบบทางพิเศษ มี 5 แห่งได้แก่
  - ศูนย์ควบคุมระบบทางพิเศษขั้นที่ 1 (CCB1)
  - ศูนย์ควบคุมทางพิเศษศรีรัช (CCB2)
  - ศูนย์ควบคุมทางพิเศษฉลองรัช (CCB3)
  - ศูนย์ควบคุมทางพิเศษบูรพาวิถี (CCB4)
  - ศูนย์ควบคุมทางพิเศษอุดรรัถยา (CCB5)

ปัจจุบันทางพิเศษได้เปิดให้บริการไปแล้วระยะทางรวม 175.9 กิโลเมตรซึ่งเป็นโครงข่ายในเขตเมืองร่วมกับโครงข่ายทางพิเศษวงแหวนในเมืองระหว่างทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษศรีรัช ประกอบกับมีทางพิเศษฉลองรัชรองรับการจราจรแนวเหนือ-ใต้ ทางพิเศษอุดรรัถยา รองรับการจราจรด้านทิศเหนือ และทางพิเศษบูรพาวิถีรองรับการจราจรด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร และในปัจจุบันได้มีโครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 3 ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรด้านเหนือและด้านใต้ของกรุงเทพมหานคร โดยเป็นการเพิ่มเส้นทางจราจรระหว่างระหว่างจังหวัดนนทบุรีและสมุทรปราการที่เชื่อมกับกรุงเทพมหานครจึงทำให้การไหลเวียนของจราจรบนทางพิเศษและโครงข่ายถนนของกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีความคล่องตัวยิ่งขึ้น

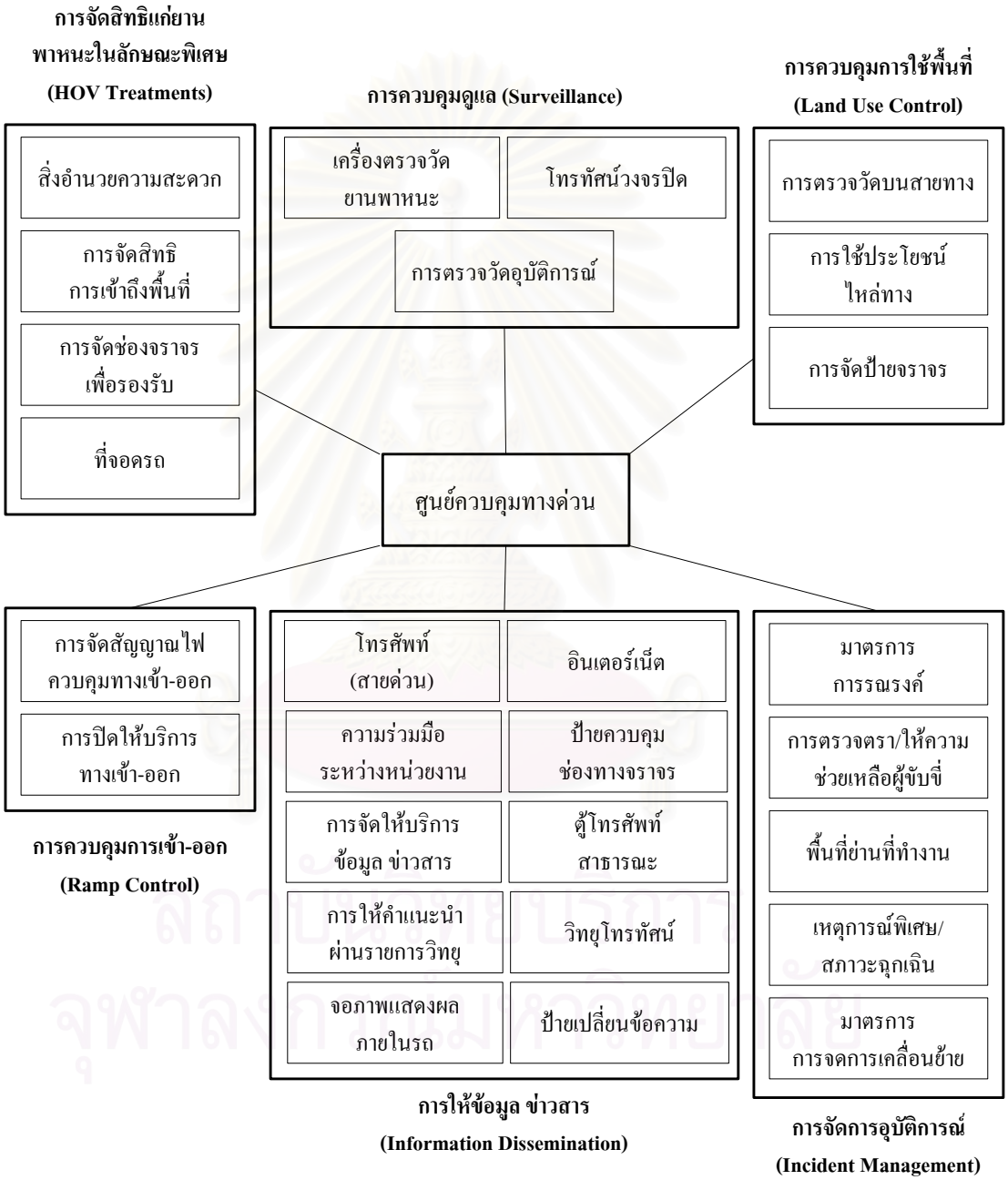
2.3 การจัดการบนระบบทางด่วนในต่างประเทศ

การจัดการบนระบบทางด่วน (Freeway Management) จะมีลักษณะเป็นการจัดการควบคุม การให้คำแนะนำ การเตือนรวมไปถึงกิจกรรมทุกอย่างที่อยู่ภายใต้การดำเนินการบนระบบ มีเป้าหมายเพื่อให้คงสภาพหรือปรับปรุงสภาพความคล่องตัวของกระแสการจราจร การขนส่งผู้คนหรือสินค้าภายใต้ความสามารถในการให้บริการของระบบ ทั้งนี้การจัดการทางด่วนจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบในด้านบุคคล มาตรการการดำเนินการ และเทคโนโลยีร่วมกันเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดแก่ระบบ

รูปที่ 2.1 จัดเป็นรูปแบบการจัดการบนระบบทางด่วนซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุมโดยศูนย์กลางควบคุมทางด่วนที่มีระบบการจัดการในลักษณะต่าง ๆ ประกอบด้วย การตรวจวัดอุบัติการณ์และการควบคุมดูแล (Surveillance and Incident Detection) การควบคุมการใช้พื้นที่ (Land Use Control) การควบคุมการเข้า-ออกระบบทางด่วน (Ramp Control) การให้สิทธิพิเศษสำหรับยานพาหนะที่ได้รับสิทธิพิเศษ (Priority for High-Occupancy Vehicles) การให้ข้อมูลข่าวสาร (Information Dissemination) และการจัดการอุบัติการณ์ (Incident Management) ซึ่งในแต่ละระบบมีลักษณะการจัดการที่แยกย่อย การเลือกใช้ก็ต้องคำนึงถึงสภาพพื้นที่ดำเนินการ ลักษณะของปัญหาที่ต้องการแก้ไข ปรับปรุง เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดที่จะได้รับ (James et al., 1997)

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าระบบทางพิเศษของประเทศไทยมีการดำเนินการ มีสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อให้บริการในลักษณะต่าง ๆ แต่ทั้งนี้ด้วยรูปแบบการจัดการที่หลากหลายนั้นยังไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ทางด่วนที่สูงพอ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะต้องมีการศึกษาถึงความเหมาะสมของมาตรการที่หลากหลายนั้น เพื่อเข้ามาจัดดำเนินการโดยเหมาะสมกับสภาพปัญหาในพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งในการศึกษานี้ได้เล็งเห็นปัญหาในด้านความคับคั่งด้านการจราจรที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเร่งด่วนของวันเนื่องมาจากความต้องการการเดินทางที่มีมากกว่าความสามารถในการให้บริการของระบบทางพิเศษที่เกิดขึ้นในบางพื้นที่บนระบบทางพิเศษ อีกทั้งในปัจจุบันมีความก้าวหน้า ความหลากหลายในระบบการจัดการบนทางด่วนและการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาใช้ การศึกษานี้จึงได้สนใจด้านการจัดมาตรการควบคุมปริมาณการจราจรกับการจัดสิทธิพิเศษให้แก่ผู้ใช้ยานพาหนะบางประเภท เช่นการดำเนินการจัดช่องทางพิเศษ (High Occupancy Vehicle Lanes; HOV Lanes) สำหรับยานพาหนะที่มีผู้ร่วมเดินทางมากกว่า 1 คน (Carpool) และรถโดยสารสาธารณะ (Public Transport) และการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางพิเศษ (Ramp Metering) เนื่องจากได้เล็งเห็นว่า การจัดการทั้งสองประเภทดังที่ได้กล่าวมา สามารถปรับปรุงสภาพการจราจรได้จริงจากประสบการณ์จากต่างประเทศ อีกทั้งการจัดช่องทางพิเศษเป็นการจัดการที่มีเป้าหมายหลักในการส่งเสริมการเดินทางร่วมกัน หรือช่วยเพิ่ม

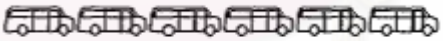
ประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายคนในการเดินทางบนระบบได้สูงขึ้นโดยที่ระบบยังคงประสิทธิภาพในการให้บริการอยู่ และในมาตรการการควบคุมบริเวณทางเข้าที่มีเป้าหมายหลักเพื่อจัดการกับสภาพการจราจรบริเวณทางเข้าระบบ ปรับปรุงสภาพการจราจรบริเวณทางหลักให้มีความคล่องตัวขึ้น ซึ่งมาตรการเหล่านี้คาดว่าสามารถอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ระบบหรือสามารถจัดการกับสภาพปัญหาที่เผชิญอยู่ในปัจจุบันได้



รูปที่ 2.1 การจัดการบนทางด่วน (Turnbull, 1992)

2.4 การจัดช่องทางพิเศษ

ระบบช่องทางพิเศษ (HOV Facility) คือองค์ประกอบต่าง ๆ ที่จัดขึ้นเพื่อให้สิทธิพิเศษแก่ยานพาหนะที่มีผู้ร่วมเดินทางอย่างน้อย 2 คน (2+) 3 คน (3+) หรือ 4 คน (4+) ขึ้นไปซึ่งยานพาหนะอาจมีลักษณะเป็นรถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่มีผู้ร่วมโดยสาร (Carpools) รถตู้โดยสาร (Vanpools) หรือรถโดยสารประจำทาง (Buses) เป็นต้น การจัดการในลักษณะนี้มีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูงโดยเฉพาะพื้นที่ที่เผชิญกับสภาวะการจราจรคับคั่ง เนื่องจากสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ที่จัดให้มีขึ้นสำหรับการจัดช่องทางพิเศษเป็นมาตรการที่มีเป้าหมายเพื่อเน้นการเคลื่อนย้ายคนหรือเพิ่มจำนวนผู้ใช้ยวดยานต่อคันในการเดินทางได้สูงโดยยังคงระดับความสามารถในการให้บริการเดิมอยู่ ผู้ใช้เส้นทางสามารถตัดสินใจเลือกใช้ช่องทางพิเศษที่จัดขึ้นเพื่อเพิ่มความรวดเร็วในการเดินทางหรือช่วยประหยัดระยะเวลาการเดินทางโดยเฉลี่ยลงและช่วยให้ผู้เดินทางสามารถคาดการณ์เวลาการเดินทางที่แน่นอนได้ อีกทั้งมาตรการนี้ยังมีส่วนช่วยโน้มน้าวให้ผู้ใช้ยานพาหนะที่มักเดินทางคนเดียวเลือกการเดินทางในลักษณะที่ใช้ยานพาหนะร่วมกันได้อีกด้วย (James et al., 1997) รูปที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบประเภทของยานพาหนะในลักษณะต่าง ๆ ที่ใช้ในการเดินทาง คือ รถโดยสารประจำทาง รถตู้โดยสาร รถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่มีผู้ร่วมโดยสารอย่างน้อย 2 คนและการใช้รถส่วนบุคคล ที่สามารถให้บริการผู้เดินทางจำนวน 45 คนซึ่งให้ปริมาณรถที่เข้าใช้ระบบในระดับที่แตกต่างกัน (Turnbull, 1992)

ลักษณะของรถ		จำนวนรถ
รถโดยสารประจำทาง (Bus)		1
รถตู้โดยสาร 8 คนต่อคัน (Vanpool 8 people per van)		6
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่มีผู้ร่วมโดยสาร 3 คนต่อคัน (Carpool 3 people per car)		15
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่มีผู้ร่วมโดยสาร 2 คนต่อคัน (Carpool 2 people per car)		22
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Single occupant cars)		45

รูปที่ 2.2 การเปรียบเทียบสัดส่วนยานพาหนะต่อจำนวนผู้เดินทางต่อคัน (รวมผู้โดยสารและคนขับ)

กระบวนการวางแผนการดำเนินการการจัดช่องทางพิเศษ เป็นกระบวนการที่สำคัญ เนื่องจากความสำเร็จในการดำเนินการใด ๆ ย่อมเกิดจากการวางแผนที่ดี มีประสิทธิภาพ เช่นเดียวกับการจัดระบบการจัดช่องทางพิเศษ ซึ่งการวางแผนที่ดีควรเป็นไปในทิศทางที่ให้ทางเลือกที่หลากหลายและต้องผ่านการประเมินผลดี ผลเสียก่อนที่จะนำมาตรการที่เหมาะสมมาบังคับใช้ต่อไป ประเด็นที่ต้องคำนึงถึงสำหรับการวางแผนในด้านนี้ประกอบด้วย ทางเลือกในการดำเนินการการจัดช่องทางพิเศษ (Operational Alternatives) ยานพาหนะที่มีสิทธิในการใช้ช่องทางพิเศษ (Vehicle Eligibility Requirements) จำนวนผู้เดินทางต่อคัน (Vehicle Occupancy) ชั่วโมงปฏิบัติการ (Hours of Operation) (Neudorff et al., 2003) ดังนี้

2.4.1 ทางเลือกในการดำเนินการการจัดช่องทางพิเศษ

การประเมินทางเลือกการดำเนินการในแต่ละประเภทของการจัดช่องทางพิเศษ เป็นประเด็นหลักที่ต้องให้ความสำคัญเนื่องจากในแต่ละประเภทของการจัดช่องทางพิเศษสามารถตอบสนองต่อเป้าหมายได้ต่างกัน ต้องคำนึงถึงความสามารถในการนำมาใช้ให้เข้ากับสภาพพื้นที่ ร่วมกับความสามารถในการนำสาธารณูปโภคต่าง ๆ เข้ามาร่วมจัดการด้วย เช่นการจัดการควบคุมการเข้าใช้ช่องทางพิเศษ การติดตั้งป้ายเตือน ป้ายเปลี่ยนข้อความเพื่อให้คำแนะนำ บอกข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ หรือบอกสถานะสภาวะการจราจรของระบบในขณะนั้นแก่ผู้ใช้ช่องทาง

โดยทั่วไปการดำเนินการจัดช่องจราจรพิเศษ สามารถจำแนกได้ 4 ประเภท ตามกระบวนการการดำเนินการ คือ

1. ระบบช่องทางพิเศษภายนอกช่องทางปกติ (Exclusive HOV Facility – Separate Right-of-way) จะมีการจัดช่องทางแยกจากช่องทางปกติ ซึ่งอยู่ภายในเขตทางโดยใช้แผงกันคอนกรีตซึ่งจะควบคุมให้ยานพาหนะที่ยอมให้เข้าใช้ช่องทางพิเศษได้เท่านั้นและมีการจัดดำเนินการตลอด 24 ชั่วโมงทั้งสองทิศทางของกระแสการจราจรดังแสดงในรูปที่ 2.3 ในปัจจุบันการจัดช่องทางในลักษณะนี้จัดเพื่อรถโดยสารประจำทางเท่านั้น

2. ระบบช่องทางพิเศษภายในช่องทางปกติ (Exclusive HOV Facility-Freeway Right-of-Way) มีการจัดช่องทางอยู่ภายในช่องทางปกติซึ่งอยู่ภายในเขตทางของระบบทางด่วน ลักษณะทางกายภาพจะถูกจัดช่องจราจรแยกออกจากช่องทางปกติโดยทั่วไปจะใช้แผงกั้นคอนกรีตเป็นตัวกั้นช่องทางหรืออาจจะใช้การตีเส้นโดยการทาสีทึบและเปิดให้บริการได้ทั้งสองทิศทาง (Reversible) ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ช่องทางพิเศษนี้จะรองรับเฉพาะยานพาหนะในประเภทพิเศษ (HOV) เท่านั้น โดยอาจจะเปิดให้บริการตลอด 24 ชั่วโมงหรือบางช่วงเวลาโดยเฉพาะพื้นที่ในเขตย่านธุรกิจเพื่อให้ระบบรองรับกับปริมาณการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนของวันที่เปิดให้บริการในทิศทางขาเข้าเมือง (Inbound)ในช่วงเร่งด่วนเช้าและกลับทิศทางเป็นขาออกเมือง (Outbound) ในช่วงเร่งด่วนบ่าย

3. ช่องทางพิเศษทิศทางเดียวกับการจราจร (Concurrent Flow HOV Lanes) การจัดช่องทางในลักษณะนี้จะดำเนินการโดยใช้ช่องทางของระบบทางด่วนที่เปิดใช้งานซึ่งจะเปลี่ยนการดำเนินการโดยจัดให้เป็นช่องทางพิเศษเฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วนเท่านั้น โดยมีกระแสจราจรอยู่ในทิศทางเดียวกับการจราจรโดยปกติโดยทั่วไปจะเลือกใช้ช่องทางที่อยู่ด้านในสุดชิดเกาะกลาง ซึ่งอาจจะใช้อุปกรณ์กั้น (Cone Pylons) หรืออาจจะใช้กำแพงคอนกรีตที่สามารถเคลื่อนย้ายได้เป็นตัวกั้นช่องทาง ดังแสดงในรูปที่ 2.5

4. ช่องทางพิเศษทิศทางตรงข้ามกับการจราจร (Contraflow HOV Lanes) เป็นการจัดช่องจราจรพิเศษในทิศทางตรงข้ามกับการจราจร ซึ่งมักจะอยู่ในช่องทางด้านในสุดชิดเกาะกลางหรืออาจจะใช้ไหล่ทาง โดยลักษณะทางกายภาพแล้วช่องทางไม่ได้แบ่งแยกออกจากช่องทางปกติอย่างชัดเจนซึ่งจะใช้สัญลักษณ์ที่สื่อบอกการใช้ช่องทางอย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 2.6 และจะถูกจัดสรรให้ใช้งานได้เฉพาะยานพาหนะประเภทพิเศษ (HOV) เท่านั้น อาจจะใช้งานตลอดทั้ง 24 ชั่วโมงหรือเฉพาะช่วงเวลา

รูปที่ 2.3 ระบบช่องทางพิเศษภายนอกช่องทางปกติ (James et al., 1997)

รูปที่ 2.4 ระบบช่องทางพิเศษภายในช่องทางปกติ (James et al., 1997)

รูปที่ 2.5 ช่องทางพิเศษทิศทางเดียวกับการจราจร (James et al., 1997)

รูปที่ 2.6 ช่องทางพิเศษทิศทางตรงข้ามกับการจราจร (James et al., 1997)

2.4.2 ยานพาหนะที่มีสิทธิในการใช้ช่องทางพิเศษ

ในการวางแผนการจัดการระบบช่องทางพิเศษจะต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านการอนุญาตให้ยานพาหนะบางประเภทสามารถเข้าใช้ช่องทางพิเศษที่จัดขึ้นโดยการพิจารณาจำนวนผู้เดินทางต่อคันเป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องให้ความสำคัญ โดยทั่วไปแล้วประเภทของยานพาหนะที่ยอมให้ช่องทางพิเศษได้ เช่น รถโดยสารประจำทาง รถตู้โดยสาร รถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่มีผู้ร่วมโดยสาร รถแท็กซี่ ยานพาหนะที่ให้บริการฉุกเฉิน หรือยานพาหนะที่ใช้ในกิจการ ธุรกิจต่าง ๆ เป็นต้น

2.4.3 จำนวนผู้เดินทางต่อคัน

ปัจจัยการดำเนินการการจัดการช่องทางพิเศษในด้านจำนวนผู้เดินทางต่อคันเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อประสิทธิภาพการให้บริการของระบบ กระบวนการคือต้องทำการตรวจสอบปริมาณผู้เดินทางที่น้อยที่สุด (Minimum Vehicle Occupancy) ที่ยอมให้เข้าใช้ช่องทางพิเศษร่วมกับการประเมินประสิทธิภาพของระบบเพื่อหาระดับที่ให้ความเหมาะสม ให้ความยืดหยุ่นสามารถรองรับกับปริมาณจราจรที่อาจจะเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการเติบโตขึ้นของปริมาณจราจร ที่จะเข้าใช้ระบบเพื่อผลประโยชน์ในหลาย ๆ ด้านที่จะได้รับจากมาตรการการจัดช่องทางพิเศษ เช่นการประหยัดเวลาในการเดินทาง ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง รวมทั้งการตอบสนองจากผู้ใช้ยานพาหนะต่อระบบนี้ด้วย ทั้งนี้ค่าปริมาณผู้เดินทางต่อคันที่น้อยสุดที่ยอมให้ใช้ระบบจะต้องเป็นไปในทิศทางที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด

หน่วยงานด้านการจัดการการขนส่งของ Federal Highway Administration (FHWA) ได้นำเสนอประสบการณ์ในการดำเนินการจัดช่องทางพิเศษที่ผ่านมาว่าในช่วงเวลาเร่งด่วนของวันจะเป็นช่วงที่ดึงดูดความต้องการการเดินทางในการเข้าใช้ช่องทางพิเศษค่อนข้างสูงซึ่งอาจจะก่อให้เกิดผลเสียต่อระบบในภาพรวมได้ เพื่อให้คงประสิทธิภาพในการให้บริการของระบบจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยในด้านจำนวนผู้เดินทางต่อคัน โดยทั่วไปจำนวนผู้เดินทางต่อคันน้อยสุดจะอยู่ที่ 2+ และ 3+ ซึ่งค่าที่เหมาะสมในการดำเนินการจะต้องทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับปริมาณความต้องการที่จะเกิดขึ้นในปีอนาคต (Future Demand) โดยใช้หลักการถ่วงน้ำหนัก และจากตัวอย่างที่มีการดำเนินการพบว่าผลจากการเปลี่ยนการดำเนินการในรูปแบบช่องทางสำหรับจำนวนผู้เดินทางต่อคันจาก 2+ เป็น 3+ จะส่งผลให้ปริมาณความต้องการในการเดินทางลดลง 75 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่งผลให้ช่องจราจรปกติต้องแบกรับกับปริมาณจราจรที่สูงขึ้น อาจก่อให้เกิดผลเสียต่อระบบ ซึ่งการจัดการโดยทั่วไปจะยอมให้ปริมาณความต้องการในการเดินทางลดลงเพียง 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นหรือจะเปลี่ยนลักษณะการดำเนินการก็ต่อเมื่อระดับการให้บริการ (Level of Service) ของช่องทางพิเศษนั้น ๆ อยู่ในระดับ D แต่ทั้งนี้การดำเนินการที่จะก่อให้เกิดประสิทธิภาพที่สุดต่อระบบยังคงต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ อีกมาก ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประเภทของการดำเนินการและสภาพลักษณะของแต่ละพื้นที่ด้วย (James et al., 1997)

2.4.4 ชั่วโมงปฏิบัติการ

ชั่วโมงปฏิบัติการสำหรับการจัดช่องทางพิเศษจะมีลักษณะ เช่นการเปิดให้บริการช่องทางพิเศษตลอด 24 ชั่วโมง เปิดให้บริการเฉพาะช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็นเนื่องจากมีช่องทางถูกใช้เป็นจำนวนมากในช่วงเวลานี้ และเปิดให้บริการในลักษณะที่การดำเนินการมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาโดยใช้การตรวจสอบสภาวะการจราจร นอกจากนี้ชั่วโมงปฏิบัติการในการให้บริการช่องทางพิเศษยังจะต้องคำนึงถึงปัจจัยทางด้านลักษณะทางเรขาคณิตของถนน ปริมาณ

การจราจรสำหรับยานพาหนะที่ได้รับสิทธิพิเศษในการเข้าใช้ช่องทางและการรวมกันของยวดยานแต่ละประเภท (Mixed-Flow Traffic) จำนวนชั่วโมงที่ต้องเผชิญกับสภาพการจราจรคับคั่ง รวมทั้งสภาพพื้นที่ด้วย เช่นช่องทางพิเศษที่เปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมงเหมาะกับสภาพพื้นที่ที่มีสภาพการจราจรที่ค่อนข้างคงตัว ซึ่งเป็นการช่วยลดความสับสนแก่ผู้ใช้ช่องทางที่ไม่คุ้นเคยกับพื้นที่ แต่สำหรับระบบช่องทางที่สามารถจัดการจราจรแบบสวนกลับได้ (Reversible Lane) จะถูกนำมาดำเนินการเฉพาะช่วงเวลาซึ่งมักจะเป็นช่วงเวลาเร่งด่วนของวันและจะยกเลิกการดำเนินการในช่วงนอกเวลาเร่งด่วน

นอกจากประเด็นที่กล่าวมาแล้วการวางแผนการพัฒนาระบบยังต้องคำนึงถึงประเด็นทางด้านการตอบรับของสังคม สภาวะเศรษฐกิจ การบังคับใช้ทางกฎหมาย รวมทั้งการจัดสิ่งอำนวยความสะดวกประเภทอื่นเพื่อสนับสนุนการให้บริการการใช้ช่องทางพิเศษได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นด้วย

2.5 การจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วน

การจัดการควบคุมการจราจรบริเวณทางเข้า-ออกจากระบบทางด่วน (Ramp Control) เป็นการจัดการบนระบบทางด่วนอีกลักษณะหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและมีการดำเนินการอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ ลักษณะการดำเนินการอาจใช้การจัดสัญญาณไฟจราจร การใช้ป้ายเตือนหรือการยกเลิกการให้บริการทางเข้า- ออกจากระบบซึ่ง เป้าหมายหลักในการควบคุมบริเวณทางเข้า - ออกก็เพื่อควบคุมการจราจร จำกัดปริมาณยวดยานที่จะเข้าใช้ระบบเพื่อให้คงความสามารถในการให้บริการของระบบได้ หรือเพื่อช่วยบรรเทาปัญหาความคับคั่งทางด้านการจราจร ปรับปรุงสภาวะการจราจรให้มีความคล่องตัวขึ้น เป็นการช่วยลดระยะเวลาการเดินทางแก่ผู้ที่เข้าใช้ระบบ เพิ่มระดับความปลอดภัยและยังช่วยลดมลภาวะทางอากาศได้อีกด้วย

การควบคุมการจราจรบริเวณทางเข้า-ออกจากระบบทางด่วนได้เปิดดำเนินการครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1963 ที่นครชิคาโก ประเทศสหรัฐอเมริกา บนทางพิเศษ Eisenhower ซึ่งมีการควบคุมแบบจัดรอบสัญญาณไฟจราจรแบบคงที่ (Fixed Time) และต่อมาได้พัฒนาการจัดการในด้านการควบคุมโดยการขยายการดำเนินการครอบคลุมพื้นที่ที่กว้างขึ้นเนื่องจากความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี โดยการใช้ระบบคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมในระดับโครงข่าย (System-Wide Ramp Metering) (Neudorff et al., 2003)

รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมบริเวณทางเข้าทางด่วนซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุมของหน่วยงาน Highway Agency ซึ่งเป็นโครงการนำร่องบนทางถนนมอเตอร์เวย์ช่วง M3/M27 ทางตอนใต้ของประเทศอังกฤษ (Kenis และ Tegenbos, 2001)

รูปที่ 2.7 การจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ ถนนมอเตอร์เวย์ช่วง M3/M27 ประเทศอังกฤษ

การจัดการในด้านการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ระบบนั้น จะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการอย่างครบถ้วน ในส่วนต่อไปจะนำเสนอประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ ประเภทของการควบคุมบริเวณทางเข้า-ออกทางด่วน มาตรการในการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วน (Ramp Metering Strategies) และกระบวนการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วน (Ramp Metering Algorithm) และในส่วนสุดท้ายได้นำเสนอผลจากการจัดมาตรการในต่างประเทศ

2.5.1 ประเภทของการควบคุมบริเวณทางเข้า-ออกทางด่วน

การควบคุมการจราจรบริเวณทางเข้า-ออกจากระบบทางด่วนประกอบด้วย 3 ประเภท (Neudorff et al., 2003) ได้แก่

1. การตรวจวัดบริเวณทางเข้า (Entrance Ramp Metering) เป็นการควบคุมที่มีกระบวนโดยใช้หลักการตรวจวัด การเข้าใช้ระบบ ณ บริเวณทางเข้า ซึ่งโดยทั่วไปมักจะจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมโดยกำหนดอัตราไฟสัญญาณต่ำสุด-สูงสุดอยู่ในช่วง 4-15 คันต่อนาที สำหรับ 1 ช่องจราจร การควบคุมไฟสัญญาณจราจรอาจจะมีลักษณะแบบคงที่ (Pre-Timed) ในช่วงเวลาที่มีปริมาณการจราจรค่อนข้างคงตัวหรืออาจจะกำหนดอัตราการควบคุมที่ให้สัญญาณไฟจราจรแปรเปลี่ยนไปตามสภาวะการจราจร (Traffic Responsive)

2. การปิดให้บริการช่องทางเข้า (Entrance Ramp Closure) ลักษณะการดำเนินการค่อนข้างจะเหมือนกับการตรวจวัดบริเวณทางเข้า แต่การกำหนดอัตราการตรวจวัดจะอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 2-4 คันต่อนาทีต่อช่องทาง เนื่องจากอัตราการให้บริการของระบบในบางช่วงเวลามีค่าน้อยมากส่งผลให้ผู้ใช้เส้นทางไม่เกิดการยอมรับในกระบวนการควบคุมลักษณะนี้ ทำให้ต้องปิดการให้บริการทางเข้านั้น ๆ แต่โดยทั่วไปมักจะไม่เกิดเหตุการณ์ในลักษณะนี้นอกจากจะมี

เหตุการณ์ที่ไม่ปกติเกิดขึ้น เช่น มีการก่อสร้าง ปรับปรุงช่องทาง มีอุบัติเหตุหรือเหตุการณ์พิเศษต่างๆ เป็นต้น

3. การควบคุมบริเวณทางออก (Exit Ramp Control) เป็นการควบคุมการจราจรบริเวณทางออกจากระบบทางด่วน อาจจะมีลักษณะการปิดให้บริการ เพื่อต้องการปรับปรุงการเคลื่อนตัวของกระแสการจราจรบริเวณช่วงหลักหรือใกล้ทางออกซึ่งมีผลจากสภาวะการรบกวนการจราจรบริเวณทางออกหรือปรับปรุงสภาพการจราจรบริเวณโครงข่ายถนนที่อยู่ใกล้เคียง

2.5.2 มาตรการในการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วน

มาตรการหรือกระบวนการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วนในปัจจุบันมีความหลากหลายค่อนข้างสูงเนื่องจากมีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงค่อนข้างหลากหลายเช่น สภาพพื้นที่ ความสามารถในการนำระบบการจัดการที่มีประสิทธิภาพเข้ามาใช้ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ซึ่งมาตรการที่มีการใช้งานกันโดยทั่วไปประกอบด้วย (Neudorff et al., 2003)

1. การจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วนแบบมีและไม่มีข้อจำกัด (Restrictive and Non-Restrictive Ramp Metering)

การจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วนแบบมีข้อจำกัดจะมีการกำหนดค่าอัตราการตรวจวัดการจราจรในระดับที่ต่ำกว่าสภาวะที่ไม่มีการควบคุมในบริเวณนั้นเพื่อปรับปรุงสภาวะความคับคั่งด้านการจราจรบนระบบทางด่วนเนื่องจากช่วยลดปริมาณยานพาหนะที่ต้องการเข้าใช้ระบบทางด่วนที่เผชิญกับสภาวะความคับคั่งด้านปริมาณจราจรโดยเฉพาะบริเวณต้นทาง (Upstream) ซึ่งส่งผลให้ผู้ที่ต้องการเข้าใช้ระบบจำนวนหนึ่งเปลี่ยนทางเลือกในการเดินทางโดยหันไปใช้โครงข่ายถนนแทน ในขณะที่การจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วนแบบไม่มีข้อจำกัด ควบคุมระบบโดยการกำหนดค่าอัตราการตรวจวัดที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าเฉลี่ยการมาถึงของยวดยานเพื่อควบคุมปริมาณแถวคอยที่เกิดบริเวณทางเข้าให้มีค่าน้อยกว่าสภาวะที่มีการควบคุมแบบมีข้อจำกัดโดยการยอมให้กลุ่มของยานพาหนะสามารถเข้าใช้ช่องทางหลักได้ครั้งละหนึ่งถึงสองคัน การควบคุมลักษณะนี้สามารถลดปัญหาการเฉี่ยวชน ขัดแย้งกัน และมักจะใช้เมื่อระบบทางด่วนยังคงประสิทธิภาพในการให้บริการอยู่ แต่ถ้าหากเกิดสภาวะวิกฤติเนื่องจากการจราจรคับคั่งทั่วทั้งพื้นที่โครงข่ายการดำเนินการควบคุมแบบมีข้อกำจัดก็ไม่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพเช่นกันเนื่องจากผู้ใช้ยานพาหนะไม่สามารถเลือกเส้นทางการเดินทางได้

2. การจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วนแบบเป็นพื้นที่ย่อยและแบบระบบโดยรวม (Local and System-Wide Ramp Metering)

- การจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วนแบบเป็นพื้นที่ย่อยเป็นการควบคุมการจราจรที่ถูกนำมาใช้เฉพาะพื้นที่ที่เผชิญกับปัญหาทางด้านการจราจรโดยใช้อัตราการตรวจวัดสามารถจัดดำเนินการได้ทั้งบริเวณทางเข้าและออกแบบมีและไม่มีข้อจำกัดหรือสามารถจัดการควบคุมแบบเดี่ยวหรือแบบกลุ่มในแต่ละทางเข้า-ออก โดยทั่วไปการพิจารณาการดำเนินการมักจะพิจารณาตามลักษณะการควบคุมแบบมีและไม่มีข้อจำกัด เนื่องจากการควบคุมแบบไม่มีข้อจำกัด การตรวจวัดทางเข้า-ออกแบบพื้นที่เดี่ยวจะถูกนำมาใช้เมื่อเกิดสภาวะจราจรติดขัดในบางพื้นที่ที่สามารถใช้การความคุมทางเข้า-ออกเดี่ยวได้ซึ่งจะไม่เหมาะสำหรับนำมาใช้จัดการกับสภาวะการจราจรคับคั่งที่เกิดขึ้นทั่วทั้งระบบโครงข่ายถนนและสำหรับการควบคุมแบบมีข้อจำกัด การตรวจวัดทางเข้า-ออกแบบพื้นที่จะถูกนำมาใช้ในการกำหนดอัตราการตรวจวัดในระดับที่ต่ำกว่าอัตราการเข้ามาถึงบริเวณการควบคุมของยวดยานและจะขึ้นอยู่กับความยาวของแถวคอยบริเวณทางเข้าและความสามารถในการให้บริการได้ของระบบโครงข่ายถนนที่อยู่ใกล้เคียงด้วย

- การจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วนแบบเป็นระบบโดยรวม การควบคุมในลักษณะนี้มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายซึ่งการควบคุมจะครอบคลุมพื้นที่เป็นช่วงบนทางด่วนหรือเป็นกลุ่มของตัวควบคุมหรือกลุ่มของทางเข้าที่สนใจโดยทั่วไปมักจะใช้จัดการกับปัญหาทางด้านการจราจรที่เผชิญอยู่แล้วในระดับโครงข่าย เช่นสภาวะคอขวดหรือความคับคั่งที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเร่งด่วนที่เกิดขึ้นในหลาย ๆ พื้นที่ เป็นต้น

3. การคัดเลือกประเภทอัตราการตรวจวัด

- สัญญาณไฟจราจรแบบคงที่ (Fixed-Time/Pre-Timed/Time-of-Day) จะมีค่าอัตราการตรวจวัดที่แน่นอนในแต่ละช่วงเวลาและเหมาะสมกับการควบคุมการจราจรในสภาวะจราจรที่ไม่เกิดความคับคั่ง หรือไม่มีเหตุการณ์ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณจราจรเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน อัตราการตรวจวัดจะขึ้นกับสภาวะจราจรที่เป็นปกติแน่นอนซึ่งได้จากข้อมูลในอดีตที่ได้วิเคราะห์ไว้แล้ว

- สัญญาณไฟจราจรแบบแปรเปลี่ยนตามสภาพการจราจร (Traffic Responsive) ค่าอัตราการตรวจวัดจะมีค่าแปรเปลี่ยนตามเวลาขึ้นอยู่กับสภาวะการจราจรในพื้นที่นั้น ๆ โดยจะใช้เครื่องตรวจวัดเพื่อตรวจวัดสภาพการจราจรแบบทันกาลและส่งข้อมูลมายังศูนย์ควบคุมเพื่อทำการกำหนดอัตราการควบคุมที่มีความเหมาะสมต่อไป

2.5.3 กระบวนการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วน (Ramp Metering Algorithm)

ในปัจจุบันมีความหลากหลายในการวางแผนและการดำเนินการด้านการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วนซึ่งสามารถแบ่งประเภทตามกระบวนการ

ควบคุมเป็น 2 ประเภทหลักคือกระบวนการควบคุมแบบเป็นพื้นที่เดี่ยว (Isolate Ramp Metering Algorithms) และกระบวนการควบคุมแบบเป็นพื้นที่ประสานกัน (Coordinate Ramp Metering Algorithms) ซึ่งสามารถแบ่งย่อยรายละเอียดเป็น 4 ประเภท ได้แก่ (Zhang et al., 2001)

1. กระบวนการควบคุมแบบเป็นพื้นที่เดี่ยว (Isolate Ramp Metering Algorithms) เป็นกระบวนการที่ได้จัดอัตราการควบคุมบริเวณทางเข้าออกจากทางด่วนสำหรับทางเข้าเดี่ยวซึ่งการควบคุมจะเป็นอิสระจากทางเข้าทางด่วนอื่น ๆ และอัตราการควบคุมจะขึ้นกับสภาวะการจราจรในพื้นที่นั้น ๆ เช่น ปริมาณการจราจรต่อชั่วโมง อัตราการครอบครองพื้นที่ ความเร็วในการเดินทางหรือแถวคอยที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราวบริเวณทางเข้าออกนั้น ๆ ตัวอย่างการควบคุมในลักษณะนี้ เช่น กระบวนการควบคุมในโซนพื้นที่ (Zone Algorithm) และกระบวนการแบบ Asservissement Linéaire d'Entrée Autoroutière (ALINEA) เป็นต้น

2. กระบวนการควบคุมแบบเป็นพื้นที่แบบสัมพันธ์กัน (Cooperative Ramp Metering Algorithms) เป็นกระบวนการที่มีระบบการควบคุมครอบคลุมทั่วพื้นที่ทั้งระบบลักษณะการทำงานประสานกันซึ่งจะพิจารณาสภาวะการจราจรทั่วทั้งระบบโดยมีศูนย์กลางซึ่งคอยรับข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์หาอัตราการควบคุมตามสภาวะการจราจรในแต่ละทางเข้าออก และจะทำการปรับแก้ข้อมูลก่อนที่จะส่งอัตราการควบคุมที่เหมาะสมไปทำการดำเนินการจริง ซึ่งกระบวนการควบคุมนี้ได้พัฒนามาจากกระบวนการควบคุมแบบเป็นพื้นที่เดี่ยวเพื่อจัดการกับความคับคั่งด้านการจราจรเนื่องจากสภาวะคอขวดและข้อจำกัดทางด้านความยาวแถวคอยโดยเฉพาะบริเวณทางเข้าออกที่มีสภาวะการจราจรค่อนข้างวิกฤตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างการควบคุมในลักษณะนี้ เช่น กระบวนการควบคุมแบบ Helper การควบคุมแบบ Link-Ramp Algorithm เป็นต้น

3. กระบวนการควบคุมแบบแข่งขัน (Competitive Algorithms) จัดเป็นกระบวนการควบคุมพื้นที่ของทางเข้าซึ่งอาจจะมีมากกว่าหนึ่งทางในรูปแบบการทำงานประสานกันซึ่งเป็นลักษณะหนึ่งของการควบคุมแบบพื้นที่ประสานกันแต่การควบคุมแบบนี้จะพิจารณาค่าอัตราการตรวจวัดสองกลุ่มด้วยกัน ซึ่งค่าหนึ่งมาจากการพิจารณาสภาวะจราจรแบบพื้นที่ย่อย (Local Traffic Condition) และอีกค่ามาจากการพิจารณาพื้นที่กว้าง (Global Traffic Condition) ซึ่งจะเปรียบเทียบค่าที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้งานจริง ตัวอย่างการควบคุมในลักษณะนี้ เช่น กระบวนการควบคุมสภาวะคอขวด (Bottleneck Algorithm) ระบบการควบคุมแบบเป็นพื้นที่กว้าง (System-Wide Adaptive Ramp Metering; SWARM)

4. กระบวนการควบคุมแบบรวมกลุ่ม (Integral Ramp Metering Algorithms) เป็นกระบวนการควบคุมครอบคลุมพื้นที่ทั้งระบบและเป็นลักษณะหนึ่งของกระบวนการควบคุมแบบเป็นพื้นที่ประสานกัน มีหลักในการควบคุมเพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายหลักในการดำเนินการซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะคำนึงถึงเป้าหมายในด้านเวลาการเดินทาง การวิเคราะห์

ต้องคำนึงถึงข้อจำกัดของระบบ เช่นค่าความยาวแถวคอยสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ในบริเวณทางเข้า ค่าความสามารถในการให้บริการในสภาวะคอขวด และปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ประเมินรูปแบบมาตรการที่มีความเหมาะสมกับเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ ตัวอย่างการควบคุมลักษณะนี้ เช่นการควบคุมแบบ Fuzzy Logic Algorithm การควบคุมโดยการใช้วิธี Linear Programming Algorithm หรือการควบคุมแบบ Dynamic Metering Control Algorithm เป็นต้น

ทั้งนี้การใช้สัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าทางด่วนในต่างประเทศมีเป้าหมายหลัก เพื่อจำกัดปริมาณจราจรในสายทางหลักหรือรักษาระดับความจุของระบบและเพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดปัญหาความคับคั่งนั่นเอง แต่ทั้งนี้ ผลกระทบที่เกิดจากการควบคุมบริเวณทางเข้าสู่ระบบจะมีผลต่อพฤติกรรมของผู้ขับขี่ในด้านการเลือกใช้เส้นทางเดินทางและอาจจะต้องใช้เครื่องมือในด้านการแจกแจงการเดินทางในลักษณะที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (Dynamic Assignment Tool) เพื่อทำการส่งเสริมการเข้าใช้พื้นที่โครงข่ายทางด่วนด้วย (Zhang et al., 2001)

2.5.4 ตัวอย่างประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้การควบคุมการเข้าใช้ทางด่วน

จากการดำเนินการจัดการควบคุมบริเวณทางเข้า-ออกจากทางด่วนในต่างประเทศที่ผ่านมาสามารถประเมินประโยชน์จากการดำเนินการในด้านสภาพการจราจรและด้านความปลอดภัย ในที่พื้นที่ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างประโยชน์จากการดำเนินการควบคุมการจราจรที่ทางเข้า- ออกระบบ (Federal Highway Administration , 2004)

เมือง	ประโยชน์ด้านสภาพการจราจร	ประโยชน์ด้านความปลอดภัย	ช่วงเวลาดำเนินการ
Portland, Oregon	เพิ่มความเร็วจาก 24 เป็น 66 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	ลดการเกิดอุบัติเหตุในช่วงเร่งด่วนได้ 43%	1981
Minneapolis/St. Paul, Minnesota	ในช่วงเร่งด่วนความเร็วเพิ่มขึ้นจาก 64 เป็น 69 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้น 25%	ลดการเกิดอุบัติเหตุในช่วงเร่งด่วนได้ 38%	1989
Seattle, Washington	ในช่วงเร่งด่วนเวลาการเดินทางลดลงจาก 22 นาทีเป็น 11.5 นาทีและปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้น 74%	ลดการเกิดอุบัติเหตุได้ 34%	1981-1987
Denver, Colorado	ในช่วงเร่งด่วนเช้าความเร็วเพิ่มขึ้นจาก 69 เป็น 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้น 18.5%	ลดการเกิดอุบัติเหตุได้ 50%	1981-1989
Detroit, Michigan	ความเร็วเพิ่มขึ้น 8% และปริมาณจราจรเพิ่มขึ้น 14%	ลดการเกิดอุบัติเหตุได้ 50%	1984
Long Island, N.Y.	ความเร็วเพิ่มขึ้น 9%	ลดาการเกิดอุบัติเหตุได้ 15%	1991

นอกจากประเด็นดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น การวางแผนการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าระบบจะต้องคำนึงถึงประเด็นในด้านการตอบรับจากผู้ใช้ระบบ การบังคับใช้ทางกฎหมาย รวมถึงการจัดสิ่งอำนวยความสะดวกประเภทอื่นที่สนับสนุนการจัดการในระบบนี้ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น

2.6 การจำลองสภาพการจราจร

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นว่าปัญหาการจราจรคับคั่งเป็นปัญหาใหญ่ที่สำคัญและส่งผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจ สังคมและสภาพแวดล้อม การแก้ปัญหาการจราจรที่แท้จริงนั้นควรจะเริ่มจากการศึกษาสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นอย่างถ่องแท้และครอบคลุมพื้นที่ที่ประสบปัญหา แต่เนื่องจากข้อจำกัดในด้านของขนาดและความสลับซับซ้อนของโครงข่ายการจราจรซึ่งเป็นโครงข่ายขนาดใหญ่และมีองค์ประกอบมากมายจึงเป็นการยากที่จะทำการวิเคราะห์ลักษณะทางด้านการจราจรให้มีความถูกต้องที่สุด แต่เนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในปัจจุบันที่สามารถใช้คอมพิวเตอร์เข้ามามีส่วนช่วยในการจัดการกับสภาพการจราจรโดยการจำลองสภาพการจราจร (Traffic Simulation) ที่สามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนของลักษณะสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นจริงบนท้องถนนหนึ่ง ๆ ได้หรืออาจจะทำการประยุกต์แบบจำลองในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อประเมินทางเลือกซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาด้านต่าง ๆ ต่อไปได้ ทั้งนี้ในปัจจุบันมีหลายหน่วยงานที่ได้มีการพัฒนาแบบจำลองด้านจราจรขึ้น ไม่ว่าจะทำการจำลองในระดับจุลภาค (Micro-Simulation) กึ่งจุลภาคกับมหาภาค (Meso-Simulation) และในระดับมหาภาค (Macro-Simulation) ที่ขึ้นอยู่กับเป้าหมายของการนำไปใช้งานที่มีรูปแบบค่อนข้างหลากหลาย

แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคเป็นการจำลองโดยการใช้งานคอมพิวเตอร์ที่แสดงลักษณะการเคลื่อนตัวของยวดยานแต่ละคันในระบบโครงข่ายถนนซึ่งมีพื้นฐานการจำลองมาจากทฤษฎีการเคลื่อนตัวตามกันของรถ (Car Following) การเปลี่ยนช่องทาง (Lane Changing) และระยะระหว่างรถที่ยอมรับได้ (Gap Acceptance) มีความสามารถจำลองระบบทางแยกที่มีความซับซ้อน โครงข่ายที่มีความคับคั่งทางด้านจราจรและการนำระบบความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้ได้อีกด้วย ทั้งนี้การจำลองการจราจรในระดับจุลภาคมีข้อดีคือสามารถเลียนแบบพฤติกรรมที่แท้จริงของผู้ขับขี่และสมรรถนะของระบบได้สูงสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาระบบให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ง่ายและสะดวกในการประเมินผลกระทบจากโครงการใหม่ ๆ อีกทั้งในปัจจุบันมีการพัฒนาแบบจำลองทางด้านการจราจรในระดับจุลภาคให้เลือกใช้งานอย่างแพร่หลาย ซึ่งแต่ละแบบจำลองมีสมรรถนะในการจำลองเหตุการณ์ได้แตกต่างกัน การเลือกใช้งานก็จำเป็นที่จะต้องทำการประเมินถึงความเหมาะสม สามารถพัฒนาแบบจำลองได้ในระดับที่น่าเชื่อถือ มีความยืดหยุ่นและให้ความถูกต้องเที่ยงตรงมาก

ที่สุด ซึ่งโปรแกรมที่นิยมใช้งานกัน เช่น CORSIM, PARAMICS, VISSIM, Integration, SimTraffic และโปรแกรมอื่น ๆ อีกมากซึ่งมีสมรรถนะในการใช้งานที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถของโปรแกรมต่าง ๆ ในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศกับการจราจร ขนส่งและตารางที่ 2.4 ได้เปรียบเทียบความสามารถในการจำลองวัตถุและปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของโปรแกรมต่าง ๆ การคำนึงถึงความสามารถของโปรแกรมใช้งานและเป้าหมายของการศึกษาจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ตัดสินใจเลือกใช้โปรแกรมที่มีประสิทธิภาพในการจำลองสภาวะการต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลตามเป้าหมายได้ (University of Leeds (GB), 2000)

ตารางที่ 2.3 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในด้านการจราจรและขนส่งของโปรแกรมต่างๆ

การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศกับการขนส่ง (Transport Telematics Functions)	CORSIM	FRESIM	NETSIM	PARAMICS	VISSIM
ระบบไฟสัญญาณจราจรสัมพันธ์ (Co-Ordinated Traffic Signals)	X	-	X	X	X
สัญญาณไฟจราจรแบบปรับได้ (Adaptive Traffic Signals)	X	-	X	X	X
การจัดสิทธิพิเศษแก่รถในระบบขนส่งสาธารณะ (Public Transport Vehicles)	X	-	X	X	X
การควบคุมทางเข้า ออกทางด่วน (Ramp Metering)	X	X	-	X	X
การควบคุมปริมาณการจราจรบนมอเตอร์เวย์ (Motorway Flow Control)	X	X	-	X	X
การจัดการอุบัติการณ์ (Incident Management)	X	X	X	X	-
การควบคุมการเข้าถึงพื้นที่ (Zone Access Control)	-	-	-	X	-
ป้ายปรับเปลี่ยนข้อความ (Variable Message Signs)	-	-	-	X	-
การให้ข้อมูลการจราจร (Regional Traffic Information)	-	-	-	X	-
การแนะนำเส้นทางแบบสถิต (Static Route Guidance)	-	-	-	X	-
การแนะนำเส้นทางแบบไดนามิกส์ (Dynamic Route Guidance)	-	-	-	X	-
การแนะนำที่จอดรถ (Parking Guidance)	-	-	-	-	-
การให้ข้อมูลการขนส่งสาธารณะ (Public Transport Information)	-	-	-	-	X
ระบบเก็บเงินแบบอัตโนมัติและด่านเก็บค่าผ่านทาง (Automatic Debiting and Toll Plazas)	-	-	-	X	-
ค่าการจราจรติดขัด (Congestion Pricing)	-	-	-	X	-
การสนับสนุนคนเดินเท้าและขี่จักรยาน (Pedestrians and Cyclists)	-	-	-	-	X
รถตรวจสอบการจราจร (Probe Vehicles)	-	-	-	X	X
เครื่องมือตรวจวัดการจราจร (Vehicle Detectors)	-	X	X	X	X

ตารางที่ 2.4 การจำลองวัตถุและปรากฏการณ์ (Objects and Phenomena Modeled)

ระดับของวัตถุและปรากฏการณ์ที่ถูกจำลองขึ้น (Index of Objects and Phenomena)	CORSIM	FRESIM	NETSIM	PARAMICS	VISSIM
สภาวะอากาศ (Weather Conditions)	-	-	-	X	-
การตรวจสอบพื้นที่จอดรถ (Search for a Parking Space)	X	-	X	X	-
ยานพาหนะในที่จอดรถ (Parked Vehicles)	X	-	X	-	X
ยานพาหนะที่ใช้ในกิจการ ธุรกิจต่าง ๆ (Commercial Vehicles)	X	X	X	X	X
รถจักรยานและจักรยานยนต์ (Bicycles / Motorbikes)	-	-	-	-	-
คนเดินเท้า (Pedestrians)	X	-	X	-	X
อุบัติการณ์ (Incidents)	X	X	X	X	X
การขนส่งสาธารณะ (Public Transports)	X	X	X	X	X
การยับยั้งการจราจร (Traffic Calming Measures)	-	-	-	X	X
การสะสมของแถวคอย (Queue Spill Back)	X	X	X	X	X
การตัดกันของกระแสการจราจร (Weaving)	X	X	X	X	X
วงเวียน (Roundabouts)	X	-	-	X	X

การคัดเลือกแบบจำลองจะต้องคำนึงถึงเป้าหมายในสิ่งที่ต้องการศึกษา ซึ่งในการศึกษานี้มุ่งประเด็นด้านการประเมินแนวทางการจัดการระบบทางพิเศษเพื่อจัดการกับสภาวะการจราจรคับคั่งในช่วงเวลาเร่งด่วนโดยการจำลองมาตรการการจัดการช่องทางพิเศษ เพื่อให้สิทธิแก่ยานพาหนะบางประเภทและการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมทางเข้า-ออกจากระบบทางพิเศษ โดยการพิจารณาความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในด้านการจราจรและขนส่งร่วมกับความสามารถในการเลียนแบบพฤติกรรมการจราจรของแบบจำลองจึงได้เลือกใช้ PARAMICS เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในการจำลองสถานการณ์ในการศึกษานี้

2.7 โปรแกรม PARAMICS

2.7.1 องค์ประกอบของโปรแกรม PARAMICS

โปรแกรม PARAMICS (PARAllel MICroscopic Simulation) เป็นโปรแกรมที่ได้มีการพัฒนาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1992โดยบริษัท Quadstone Limited ประเทศสก็อตแลนด์ โดยมีรากฐานจากทฤษฎีการเคลื่อนตัวของรถ ปัจจุบันสมรรถนะของโปรแกรมได้มีการพัฒนาไปอาทิ สามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะทางด้านพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับขี่ให้สอดคล้องกับพฤติกรรมที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ สามารถจำลองการจัดการทางด้านการจราจร เช่นเส้นทางเดินรถประจำทาง ที่จอดรถ การกำหนดอุบัติการณ์ ถนนคนข้าม กฎข้อบังคับบนถนน และระบบ

ขนส่งอัจฉริยะเป็นต้น ซึ่งสามารถแบ่งองค์ประกอบหลักตามลักษณะการใช้งานโปรแกรม PARAMICS เวอร์ชั่น 5.1.0 ได้ 9 ส่วน (Quadstone Ltd , 2003) ดังนี้

1) Modeller เป็นส่วนหลักที่ใช้ในการจำลองสภาพจราจรและแสดงผลสภาพจราจรที่เกิดขึ้นผ่านทางกราฟิก ซึ่งมีส่วนการทำงานที่สำคัญ 3 ส่วนคือ ส่วนพัฒนาแบบจำลอง ส่วนการประมวลผลแบบจำลองร่วมกับการแสดงผลใน 3 มิติ และส่วนแสดงผลจากการประมวลผลแบบจำลองทางด้านสถิติแบบทันกาล (Real Time) ร่วมกับแสดงผลทางด้านกราฟิกด้วย
2) Processor เป็นเครื่องมือในส่วนที่ใช้ปรับค่าองค์ประกอบต่าง ๆ ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดคุณสมบัติของแบบจำลองที่แตกต่างกันออกไปในชุด (Batch Mode) ของการประมวลผลแบบจำลองแต่ละครั้ง โดยที่เครื่องมือนี้มีส่วนแสดงผลที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าไปกำหนดค่าพารามิเตอร์ใด ๆ เลือกผลการประมวลผลต่าง ๆ กันและสามารถปรับเปลี่ยนค่าองค์ประกอบใด ๆ ซึ่งจะให้ผลการประมวลผลเหมือนส่วน Modeller แต่จะใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่ามาก
3) Analyser เป็นเครื่องมือในส่วนที่ใช้วิเคราะห์ผลและแสดงผลจากการทดสอบแบบจำลองซึ่งมีความยืดหยุ่นและให้ความสะดวกในการใช้งานสูง ผู้ใช้งานสามารถเปรียบเทียบผลความแตกต่างจากการประมวลผลจากผลที่ได้จากส่วน Modeller ได้ซึ่งให้ความรวดเร็วและเที่ยงตรงในการประมวลผลสูง
4) Converter เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการแปลงข้อมูลดิบ เช่น ตำแหน่ง Node ให้เป็นโครงข่ายถนนบนโปรแกรม ซึ่งสามารถปรับแก้รายละเอียดต่าง ๆ ผ่านหน้าจอโปรแกรมได้ อีกทั้งในส่วนนี้สามารถใช้งานร่วมกับโปรแกรมอื่นๆ ประกอบด้วย EMME/2, Mapinfo, ESRI, Synchro, Corsim, Cube/TP+/Viper, Flat Ascii, และ CSV
5) Designer เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบองค์ประกอบต่าง ๆ ในลักษณะ 3 มิติ ให้มีลักษณะเสมือนจริง
6) Viewer เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการแสดงผล เป็นประโยชน์ในการนำเสนอผลงานต่อสาธารณะ
7) Programmer เป็นส่วนที่ใช้ประยุกต์การจำลองมีลักษณะค่อนข้างซับซ้อน ช่วยปรับการจำลองสภาพจราจร โดยการเขียนแก้ไขโปรแกรมเพิ่มเติมซึ่งผู้ใช้งานส่วนใหญ่จะทำการปรับแบบจำลองของ ผู้ขับขี่ ยวดยานและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อให้แบบจำลองที่มีความซับซ้อนมีสภาพเสมือนจริงมากที่สุด
8) Monitor เป็นส่วนที่ใช้วิเคราะห์ระดับมลภาวะที่เกิดจากการจราจร ซึ่งสามารถวัดผลได้ในแต่ละช่วงของเส้นทาง (Link) ของถนน โดยวัดรวมยวดยานทั้งหมดที่อยู่ในเส้นทางนั้น ๆ
9) Estimator เป็นเครื่องมือสำหรับการประมาณค่าจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการเดินทาง (Origin-Destination Trip) ที่จะนำไปใช้ในส่วน Modeller ต่อไป

2.7.2 ความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของ PARAMICS

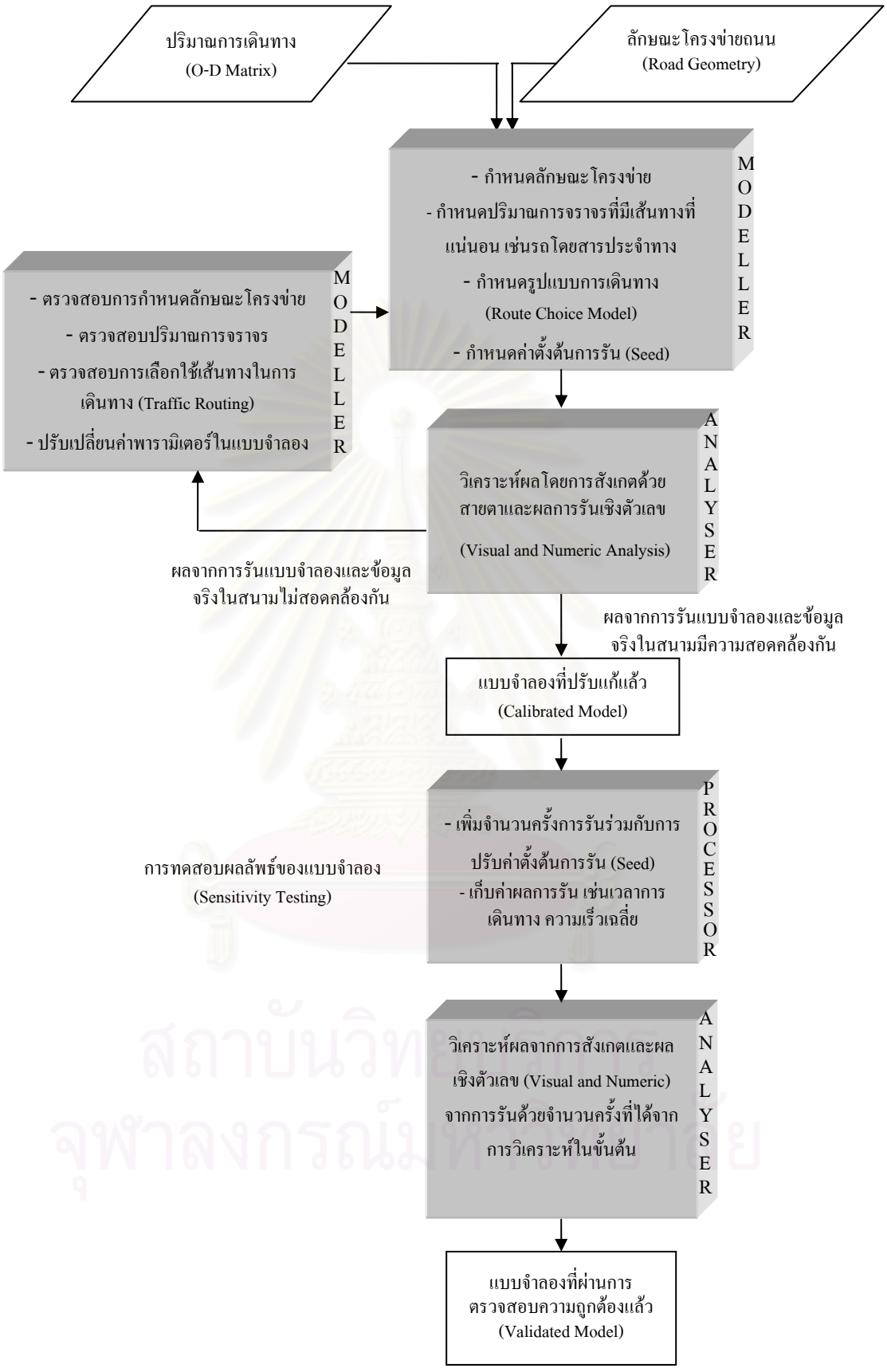
โปรแกรม PARAMICS ได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์กับโปรแกรมที่ได้รับการยอมรับจาก Department of Transportation ของประเทศอังกฤษเป็นที่เรียบร้อยแล้ว โดยใช้โปรแกรม ARCADY, PICADY และ TRANSYT ที่ใช้ในการจำลองวงเวียน ทางแยกเอก-โท และทางแยกสัญญาณไฟตามลำดับ อีกทั้งในปัจจุบัน PARAMICS เป็นที่นิยมและใช้กันในหลายประเทศโดยบริษัทที่ปรึกษา นักวิจัย องค์กรและสถานศึกษาต่างๆ เช่น สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร ออสเตรเลีย อาร์เจนตินา ญี่ปุ่น สิงค์โปร์ มาเลเซีย เบลเยี่ยม แคนนาดา เดนมาร์ก ฮ่องกง ไต้หวันและประเทศไทย (Quadstone Ltd , 2003)

2.7.3 การพัฒนาแบบจำลองบนโปรแกรม PARAMICS

กระบวนการพัฒนาแบบจำลองบนโปรแกรม PARAMICS มีขั้นตอนที่พอสรุปได้ดังนี้ (Quadstone Ltd , 2003)

1. สร้างไฟล์แบบจำลองบนโปรแกรม PARAMICS และทำการกำหนดจุดอ้างอิงโดยใช้แผนที่ในลักษณะของไฟล์ AutoCAD (*.DXF) หรือ ไฟล์รูปภาพ (*.BMP) ซึ่งไฟล์ดังกล่าวต้องมีมาตรส่วนที่ถูกต้อง
2. สร้างโครงข่ายถนนโดยเริ่มจากการกำหนดจุดอ้างอิง (Node) เส้นทางเชื่อมระหว่างจุดอ้างอิง (Link) โซน (Zone) และกำหนดองค์ประกอบทางด้านเรขาคณิต (Geometry)
3. สร้างเมตริกกำหนดปริมาณการเดินทางจากโซนต้นทางไปยังโซนปลายทางรวมไปถึงปริมาณการเดินทางที่คงตัวเช่น การใช้รถประจำทาง
4. ทำการกำหนดวิธีการแจกแจงการเดินทาง (Assignment Techniques) ซึ่งสามารถเลือกวิธีได้ตามความเหมาะสมของพื้นที่ศึกษา
5. การประมวลผลและการเก็บผลการศึกษา
6. การปรับแก้แบบจำลองเพื่อให้สอดคล้องกับความเป็นจริง
7. การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

โดยสรุปกระบวนการพัฒนาแบบจำลองด้านการจราจรโดยการใช้งานโปรแกรม PARAMICS (Woolley, 2001) ดังแสดงในรูปที่ 2.8 และจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในส่วนต่อไป



รูปที่ 2.8 กระบวนการพัฒนาและการปรับแก้แบบจำลองโดยโปรแกรม PARAMICS

- การสร้างโครงข่าย

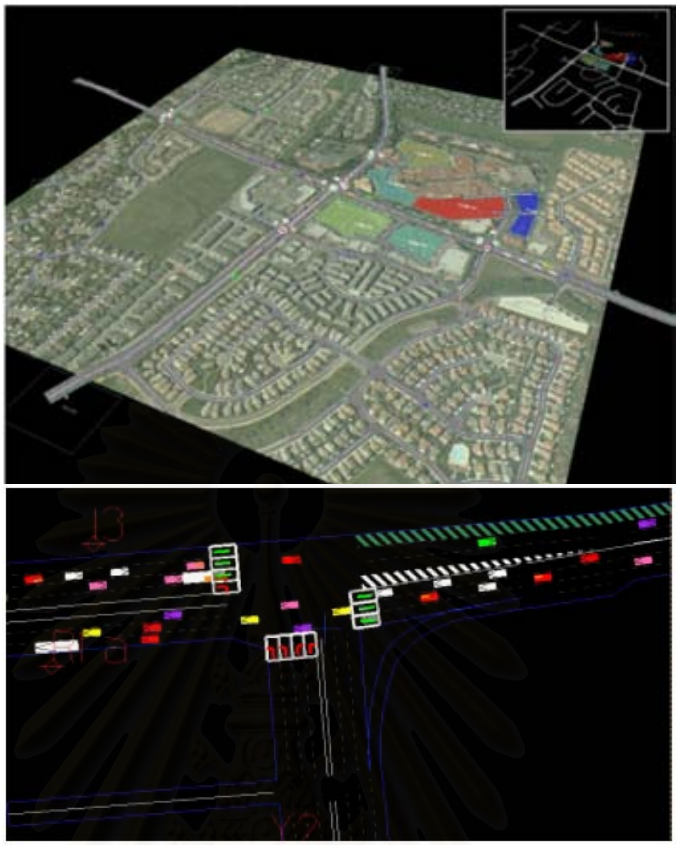
การสร้างโครงข่ายเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่สุดของแบบจำลองเนื่องจากการสร้างโครงข่ายที่มีความถูกต้องย่อมสามารถสะท้อนสภาพจราจรที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้นและทำให้ผลการศึกษามีความน่าเชื่อถือสูง อย่างไรก็ตามโปรแกรม PARAMICS มีศักยภาพสูงในการสร้างโครงข่ายถนนที่มีจำนวนมากและซับซ้อนซึ่งผู้วิจัยสามารถสร้างโครงข่ายตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงโครงข่ายระดับประเทศได้ การสร้างโครงข่ายนั้นจำเป็นต้องอาศัยไฟล์ AutoCAD (*.DXF) หรือ ไฟล์รูปภาพ (*.BMP) ใช้เป็นพื้นหลังเพื่อกำหนดจุดอ้างอิงและเส้นทางซ้อนทับกับไฟล์ดังกล่าวซึ่งจะทำให้โครงข่ายมีความใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น เพราะทั้งนี้ข้อมูลที่จำเป็นต้องสร้างลงบนโครงข่ายได้แก่ ข้อมูลเชิงกายภาพและเรขาคณิตของเส้นทาง และข้อมูลด้านการจราจร ข้อมูลเชิงกายภาพและเรขาคณิตของเส้นทางประกอบด้วย ประเภทถนน จำนวนช่องทางการเดินรถ ความกว้าง ทิศทางการเดินรถ รัศมีความโค้งของเส้นทาง ความชันถนน ตำแหน่งเส้นหยุด ตำแหน่งของเครื่องตรวจวัด เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ซึ่งเป็นตัวอย่างการสร้างโครงข่ายถนนและองค์ประกอบที่สำคัญตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นและส่วนข้อมูลด้านการจราจรประกอบด้วย ปริมาณการจราจร จังหวะสัญญาณไฟ เฟสและทิศทางการเดินรถ เป็นต้น

- การกำหนดลักษณะยานพาหนะและผู้ขับขี่

การกำหนดลักษณะยานพาหนะเป็นการกำหนดสัดส่วนยานพาหนะที่มีอยู่บนสภาพความเป็นจริง เช่น รถยนต์ส่วนบุคคล รถขนส่งสินค้า รถโดยสารประจำทางขนาดใหญ่และเล็ก ทั้งนี้โปรแกรมสามารถกำหนดคุณลักษณะของยานพาหนะเช่น ความสูง ความยาว น้ำหนัก ความเร็วสูงสุด ความเร่งและความหน่วง รวมทั้งสามารถกำหนดพฤติกรรมผู้ขับขี่ในด้านความคุ้นเคยบนเส้นทางได้

- การสร้างเมตริกการเดินทางต้นทาง-ปลายทาง (Origin-Destination Matrix)

การสร้างเมตริกการเดินทางเป็นขั้นตอนหนึ่งของโปรแกรมเพื่อกำหนดปริมาณการเดินทางจากโซนต้นทางไปยังโซนปลายทางซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจำเป็นต้องสร้างเมตริกดังกล่าวด้วยตนเองจากเทคนิคต่างๆ ซึ่งถือเป็นขั้นตอนที่จะต้องใช้เวลาและงบประมาณอย่างสูงหากต้องการค่าที่มีความถูกต้อง อย่างไรก็ตามหากได้ข้อมูลการเดินทางแล้วจะนำไปเขียนบนไฟล์ชื่อ Demands ซึ่งสามารถกำหนดการปล่อยรถและแยกประเภทของรถได้อีกด้วย



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างการสร้างโครงข่ายถนนและองค์ประกอบสำคัญ

- การกำหนดวิธีการแจกแจงการเดินทาง (Assignment Technique)

การกำหนดวิธีการแจกแจงการเดินทาง มีวิธีที่สามารถเลือกใช้ได้คือ

1) วิธี All or Nothing วิธีนี้มีข้อสมมุติฐานว่าผู้ขับขี่เดินทางระหว่างโซนต้นทางไปยังโซนปลายทางด้วยเส้นทางเดียวที่ให้ค่าใช้จ่ายในการเดินทางน้อยที่สุด วิธีดังกล่าวเหมาะสมสำหรับพื้นที่ขนาดเล็ก มีปริมาณการจราจรต่ำและไม่มีการเปลี่ยนเส้นทางตามสภาพการจราจร

2) วิธี Stochastic วิธีนี้จะคำนึงถึงความไม่แน่นอนในการเลือกใช้เส้นทางเดินทางซึ่งอาจจะมาจากการพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการเดินทาง ภายใต้สมมุติฐานที่ว่าแต่ละเส้นทางมีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นอย่างสุ่มและผู้ขับขี่จะเลือกเส้นทางในการเดินทางโดยการพิจารณาค่าใช้จ่ายก่อนการเดินทาง เป็นต้น

3) วิธี Dynamics Feedback วิธีนี้มีสมมุติฐานว่าผู้ขับขี่มีความคุ้นเคยกับเส้นทางและพร้อมที่จะเปลี่ยนเส้นทางหากมีข้อมูลกลับมายังผู้ขับขี่

วิธีการนี้ทำให้ผู้ขับขี่มีการพิจารณาเส้นทางในการเดินทางอยู่ตลอดเวลาโดยการคำนวณหาค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดตามการรับรู้ที่ทันการณ์

2.7.4 การปรับแก้และการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การปรับแก้และการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองถือเป็นขั้นตอนท้ายสุดก่อนที่จะนำแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นไปใช้งานจริงเนื่องความถูกต้องของแบบจำลองย่อมสะท้อนถึงความน่าเชื่อถือของแบบจำลองนั้น ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องได้ 2 ขั้นตอนคือการปรับแก้แบบจำลองขั้นต้นและการตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ในกระบวนการแรกอีกครั้ง

- การปรับแก้แบบจำลอง (Model Calibration)

เมื่อทำการพัฒนาแบบจำลองเสร็จสิ้นขั้นตอนต่อไปจะต้องทำการปรับแก้แบบจำลองให้มีความสอดคล้องใกล้เคียงกับสภาพการจราจรที่เป็นจริงมากที่สุด การปรับแก้แบบจำลองเป็นขั้นตอนที่อาศัยความสามารถในการปรับแก้แบบจำลองให้มีความเหมาะสมโดยการปรับเปลี่ยนตัวแปรต่าง ๆ โดยผู้ใช้งานทั้งนี้เนื่องจากค่าที่โปรแกรมกำหนดมาอาจไม่ถูกต้องสอดคล้องกับสภาพจริง การปรับแก้นั้นจะต้องปรับแก้องค์ประกอบ 3 ประเภทได้แก่

1) แบบจำลองการเคลื่อนตัวตามกันของรถ (Car Following Model)
2) แบบจำลองการเปลี่ยนช่องทางจราจร (Lane Changing Model)
3) แบบจำลองการยอมรับระยะระหว่างรถ (Gap Acceptance Model)

แต่ทั้งนี้การปรับแก้ดังกล่าวค่อนข้างมีความยุ่งยาก ทางเลือกหนึ่งคือ การคัดเลือกตัวแปรที่มักจะใช้เป็นตัวแปรหลักในการปรับแก้อาทิพฤติกรรมความก้าวร้าว (Driver Aggression) การรับรู้ของผู้ขับขี่ (Driver Awareness) ความเร่งและความหน่วงของยานพาหนะ ความเร็วยานพาหนะ ระยะห่างระหว่างรถ (Headway) และระยะเวลาตอบสนอง (Reaction Time) แต่อย่างไรก็ดีตัวแปรที่มีความสำคัญที่สุดที่ควรใช้ในการปรับแก้แบบจำลองได้แก่ระยะห่างระหว่างรถและระยะเวลาตอบสนอง (Woolley, 2001)

โปรแกรม PARAMICS เป็นโปรแกรมการจำลองการจราจรในลักษณะการสุ่มทางสถิติซึ่งขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็น ใช้หลักในการสุ่มตัวเลขค่าใด ๆ เพื่อเป็นตัวกำหนดการเคลื่อนที่ ชนิดของยวดยาน การเลือกใช้เส้นทางใด ๆ รวมทั้งเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมของยวดยานที่เคลื่อนตัวในแบบจำลองอีกด้วย ดังนั้นเพื่อความถูกต้องของแบบจำลองจึงต้องทำการประมวลผลโดยการปรับเปลี่ยนค่าตั้งต้นที่เป็นตัวกำหนดค่าการประมวลผลในจำนวนครั้งที่สูงมากจึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาค่าจำนวนการประมวลผลเพื่อให้มีความเพียงพอภายใต้ความถูกต้องของแบบจำลองในระดับหนึ่งดังแสดงในรูปที่ 2.10 เป็นกระบวนการการหาค่าจำนวนครั้งของการ

ประมวลผลโปรแกรมซึ่งเริ่มที่กำหนดจำนวนครั้งการประมวลผลขั้นต้นเพื่อหาค่าทางสถิติซึ่งก็คือค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าทางด้านการจราจร เพื่อนำมาหาค่าจำนวนครั้งที่ต้องการต่อไป ซึ่งจำนวนครั้งการประมวลผลจะเพียงพอก็ต่อเมื่อ จำนวนครั้งตั้งต้นมีค่ามากกว่าค่าจากสมการที่ 1 ในทางกลับกัน ถ้าหากค่าตั้งต้นมีค่ามากกว่า ก็จำเป็นต้องเพิ่มค่าตั้งต้นใหม่ และทำทดสอบจนกว่าจะให้ค่าของจำนวนครั้งในการประมวลผลจะเพียงพอ (Chu et al., 2004)

$$N = \left(t_{\alpha/2} \cdot \frac{\delta}{\mu \cdot \varepsilon} \right)^2 \quad (1)$$

เมื่อ μ คือค่าเฉลี่ยของค่าที่ต้องการตรวจวัดจากการประมวลผลแบบจำลอง

δ คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าที่ต้องการตรวจวัดจากการประมวลผลแบบจำลอง

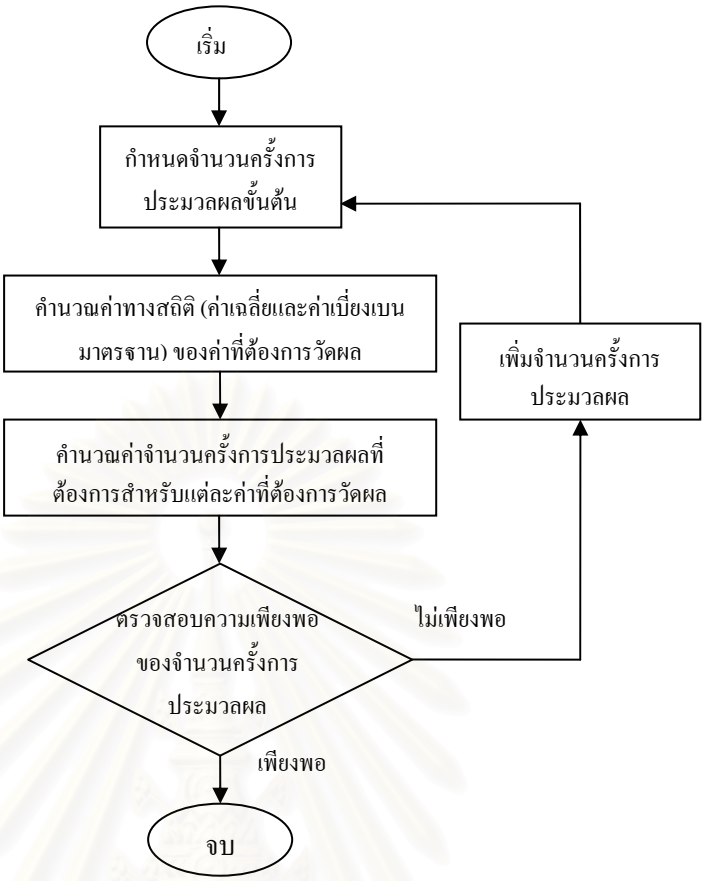
ε คือค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดได้

$t_{\alpha/2}$ คือค่าทดสอบของการกระจายตัวแบบทีที่ระดับความเชื่อมั่น 1-α

- การตรวจสอบความถูกต้อง (Model Validation)

แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างมากต่อการสร้างสถานการณ์ทางด้านการจราจรและการวิเคราะห์หาแนวทางที่ให้ประโยชน์สูงสุด แต่แบบจำลองต้องได้รับการตรวจสอบก่อนนำไปใช้งานจริงเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและความถูกต้องซึ่งสามารถกระทำได้หลากหลายวิธี เช่นความสามารถในการจำลองการจราจรในระดับมหาภาคได้ นั่นคือลักษณะทางด้านการจราจรต้องมีความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว ปริมาณการจราจรและความหนาแน่นของแบบจำลองนั้น ๆ ซึ่งค่าเหล่านี้ต้องสอดคล้องกับข้อมูลจริงที่ได้นำมาใช้ในขั้นต้น เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.10 กระบวนการหาค่าจำนวนครั้งการประมวลผลแบบจำลอง

2.8 สรุป

การทบทวนเอกสารและงานวิจัยจัดเป็นส่วนที่สำคัญในกระบวนการงานวิจัยซึ่งได้รายงานถึงทฤษฎีแนวคิด งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษา สามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษา ซึ่งในการศึกษานี้ได้มุ่งประเด็นศึกษาถึงผลกระทบด้านจราจรของมาตรการช่องทางพิเศษและการควบคุมทางเข้าบนระบบ ซึ่งได้นำเสนอการทบทวนเอกสารและงานวิจัยในด้านต่าง ๆ เช่นการจัดการบนระบบทางพิเศษทั้งในและต่างประเทศโดยเฉพาะการจัดช่องทางพิเศษและการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษ แบบจำลองคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้รวมไปถึงการนำเข้าข้อมูล องค์ประกอบของโปรแกรม การแสดงผล ข้อจำกัดต่าง ๆ การปรับแก้และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ล้วนมีความจำเป็นต่อการศึกษางานวิจัยในขั้นต่อไป และได้นำเสนอในบทที่ 3 ซึ่งเป็นส่วนการดำเนินการวิจัยโดยเริ่มจากการรวมรวมและวิเคราะห์ข้อมูล พัฒนาแบบจำลองโครงข่ายทางพิเศษ การปรับแก้และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง และส่วนการประยุกต์ใช้แบบจำลองในการจำลองการจัดช่องทางพิเศษและแบบจำลองการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ความนำ

การศึกษานี้ได้ทำการจำลองสถานการณ์การจัดการบนระบบทางพิเศษที่อยู่ภายในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อประเมินแนวทางที่มีความเหมาะสมทางด้านการจราจรที่สามารถนำมาดำเนินการกับทั้งระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นในส่วนของการดำเนินการวิจัยสำหรับการศึกษานี้จึงประกอบด้วย การพัฒนาแบบจำลองโดยการใช้โปรแกรม PARAMICS เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ สร้างโครงข่ายแบบจำลองซึ่งจะประกอบด้วยการสร้างลักษณะโครงข่าย การจัดสัดส่วนของรถ การกำหนดพื้นที่และเมตริกการเดินทางให้แก่แบบจำลอง หลังจากนั้นดำเนินการในส่วนของการปรับแก้และการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเพื่อให้ได้แบบจำลองที่สามารถอธิบายสภาพการจราจรได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด และในส่วนสุดท้ายในบทนี้ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้งานแบบจำลองในด้านการจัดการช่องทางพิเศษเพื่อจัดสิทธิพิเศษให้กับยานพาหนะบางประเภท รวมถึงการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมทางเข้าจากระบบทางพิเศษ ซึ่งได้ออกแบบสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อเป็นทางเลือกในการประเมินผล และสรุปผลการจัดการมาตรการทั้ง 2 ประเภท

3.2 การรวบรวมข้อมูลการจราจรเบื้องต้น

3.2.1 การรวบรวมข้อมูล

กระบวนการรวบรวมข้อมูลจัดเป็นสิ่งสำคัญในการศึกษาเนื่องจากข้อมูลที่ครบถ้วนและถูกต้องย่อมส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ได้มีประสิทธิภาพสูงด้วย ในการศึกษานี้ได้รวบรวมข้อมูลด้านกายภาพ และข้อมูลด้านจราจร คือ

- ข้อมูลด้านกายภาพ ประกอบด้วยข้อมูลลักษณะเรขาคณิตของโครงข่ายระบบทางพิเศษ เช่นข้อมูลจำนวนช่องจราจร ลักษณะของช่องทาง ความกว้าง ความยาวในแต่ละส่วนของทางพิเศษ โค้งราบ โค้งดิ่ง ฯลฯ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้รวบรวมได้จากการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ในลักษณะของแปลนตามเลขที่สัญญาต่าง ๆ เพื่อนำมาปรับเป็นไฟล์รูปภาพ (*.BMP) เพื่อใช้ในการกำหนดตำแหน่งต่างๆ ในรูปแบบแผนที่ซ้อนทับ (Overlay) เพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายในส่วน Modeller ของโปรแกรม PARAMICS ต่อไป

- ข้อมูลด้านจราจร ในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลในระดับทุติยภูมิที่ได้จากการสำรวจโดย บริษัทมูเชล (ประเทศไทย) จำกัด (2541) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลการเดินทางต้นทางและปลายทาง (O-D Trip) โดยเป็นข้อมูลปริมาณการจราจรต่อวัน ณ ทางเข้า-ออกจากระบบทางพิเศษ ข้อมูลดังกล่าวได้จากการสุ่มสัมภาษณ์ตัวอย่างโดยผู้ใช้ทางพิเศษเพื่อหาสภาพการกระจายการเดินทางในแต่ละพื้นที่ย่อย (Trip Distribution) คิดเป็นร้อยละ 4.45 ของผู้ใช้ทางพิเศษทั้งหมด

สำหรับการสำรวจข้อมูลปริมาณจราจรที่ทางขึ้น-ลง ได้จากการสำรวจปริมาณจราจร ณ ทางขึ้น-ลงทางพิเศษทุกด่านและในบริเวณทางแยกต่างระดับ ที่สามารถสรุปผลข้อมูลการจราจรได้เป็นข้อมูลรายชั่วโมงจำนวนทั้งสิ้น 16 ชั่วโมง (6.00 น.ถึง 22.00 น.) แยกตามรายด่านและสามารถขยายผลปริมาณจราจรเป็นปริมาณจราจรใน 24 ชั่วโมง

นอกจากนี้ข้อมูลในส่วนอื่น ๆ ประกอบด้วย ข้อมูลลักษณะของรถสัดส่วนของรถแต่ละประเภท ความเร็วจำกัดในแต่ละเส้นทาง เพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลองในขั้นต้น ข้อมูลปริมาณการจราจรบนช่วงหลัก และข้อมูลทางด้านความเร็วเฉลี่ยและเวลาในการเดินทางบนช่วงหลักของแต่ละช่วงบนโครงข่ายทางพิเศษ ซึ่งใช้วิธีการเก็บข้อมูลแบบการวิ่งรถสำรวจไปตามกระแสจราจร (Floating Car) ที่เกิดขึ้นจริงพร้อมทั้งจับเวลาที่ใช้ในการเดินทาง จากจุดอ้างอิงหนึ่ง ไปยังจุดอ้างอิงถัดไปบนทางพิเศษ ซึ่งข้อมูลส่วนนี้จะนำไปใช้เพื่อใช้ในกระบวนการปรับแก้แบบจำลองต่อไป

3.2.2 สรุปผลข้อมูลทางด้านการจราจรเบื้องต้น

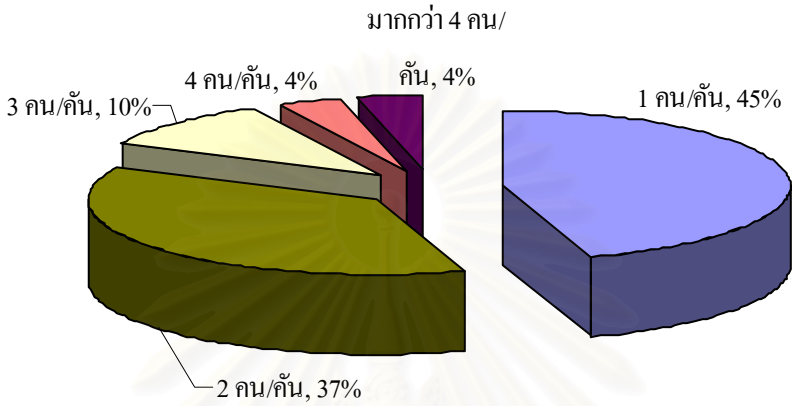
จากการรวบรวมข้อมูลด้านจราจรซึ่งเป็นข้อมูลจากการสำรวจโดย บริษัท มูเชล (ประเทศไทย) จำกัด เมื่อวันศุกร์ที่ 28 พฤศจิกายน 2540 สามารถสรุปได้ดังนี้

- ปริมาณการจราจรในแต่ละช่วงของทางพิเศษ ช่วงของทางพิเศษที่มีปริมาณการจราจรสูงสุด คือจากด่านท่าเรือ 1 ถึงทางแยกต่างระดับท่าเรือมุ่งทิศเหนือ มีปริมาณการจราจร 131,032 คันต่อวัน ช่วงของทางพิเศษที่มีปริมาณการจราจรสูงรองลงมา ได้แก่ด่านอาจณรงค์ถึงด่านท่าเรือ 1 มุ่งทิศเหนือ มีปริมาณการจราจร 124,771 คันต่อวันและช่วงของทางพิเศษที่มีปริมาณการจราจรสูงมากกว่า 100,000 คันต่อวัน ประกอบด้วยช่วงจากด่านสุขุมวิท 62 ถึงทางแยกต่างระดับท่าเรือ มุ่งทิศเหนือ (107,163-131,032 คันต่อวัน) ช่วงจากทางแยกต่างระดับท่าเรือถึงทางแยกต่างระดับมักกะสัน มุ่งทิศเหนือ (108,500-121,248 คันต่อวัน) ช่วงจากด่านเพชรบุรี ถึงด่านสุขุมวิทมุ่งทิศใต้ (103,571 คันต่อวัน) และช่วงจากทางแยกต่างระดับท่าเรือถึงด่านสุขุมวิท 62 มุ่งทิศใต้ (101,164 – 110,397 คันต่อวัน)

- ลักษณะการครอบครองยวดยานของผู้ใช้ทางพิเศษ สัดส่วนของยานพาหนะบนระบบทางพิเศษแบ่งตามประเภทของรถที่ใช้ในการเดินทางเป็นรถยนต์ส่วนตัวมาก

ที่สุดประมาณร้อยละ 74 รองลงมาได้แก่รถบริษัทร้อยละ 18 รถแท็กซี่ร้อยละ 6 และรถราชการรัฐวิสาหกิจร้อยละ 3

- จำนวนผู้ที่อยู่ในรถทั้งหมด (รวมผู้โดยสารและคนขับ) ข้อมูลแสดงจำนวนผู้เดินทางต่อคันของผู้ใช้ทางพิเศษแสดงในรูปที่ 3.1 และคิดเป็นจำนวนผู้ที่อยู่ในรถทั้งหมดเฉลี่ย 1.92 คนต่อคัน



รูปที่ 3.1 สัดส่วนของจำนวนผู้เดินทางต่อคัน (ร้อยละ)

- ประเภทของยวดยานที่ใช้ระบบทางพิเศษ ประเภทของยวดยานที่ใช้ระบบทางพิเศษโดยจำแนกตามอัตราการคิดค่าผ่านทาง แบ่งเป็น 3 ระดับคือ รถ 4 ล้อ รถ 6-10 ล้อ และรถมากกว่า 10 ล้อ ซึ่งมีสัดส่วนของยวนยานที่เข้าใช้ระบบทางพิเศษคิดเป็นร้อยละ 95, 4 และ 1 ตามลำดับ

- สัดส่วนของจำนวนผู้เดินทางต่อคันระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยและความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง ข้อมูลระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยและความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางแสดงในตารางที่ 3.1 ซึ่งเป็นข้อมูลในช่วงเร่งด่วนเช้าของระบบทางพิเศษขั้นที่ 1 ขั้นที่ 2 และทางพิเศษฉลองรัช (รามอินทรา-อาจณรงค์)

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยและความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางบนระบบทางพิเศษ

ระบบทางพิเศษ	ระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ย (นาที)	ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
ขั้นที่ 1	22.78	67.93
ขั้นที่ 2	32.36	52.66
รามอินทรา- อาจณรงค์	13.91	72.60

3.3 การพัฒนาแบบจำลองการจราจร

3.3.1 การสร้างโครงข่ายแบบจำลอง

- การสร้างโครงข่ายพื้นที่

การสร้างโครงข่ายแบบจำลองโดยโปรแกรม PARAMICS มีขั้นตอนในการสร้างเริ่มจากการกำหนดค่าเริ่มต้นให้สอดคล้องกับข้อมูลจริง เช่นการกำหนดมาตราส่วนโดยใช้ระบบเมตริก คุณลักษณะของช่องทาง ประเภทของถนน ประเภทของยานพาหนะ รวมไปถึงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ด้านพฤติกรรมผู้ขับขี่ ได้แก่ระยะห่างระหว่างรถและระยะเวลาตอบสนอง เป็นต้น ขั้นตอนต่อไปคือการนำไฟล์รูปภาพ *.BMP หรือไฟล์ *.DXF ที่ได้รับการปรับขนาดแล้วมาใช้งานในส่วนซ้อนทับแล้วทำการปรับตำแหน่งและขนาดอีกครั้งโดยเปรียบเทียบกับเส้นกรอบจัตุรัสที่โปรแกรมกำหนด (Grid Line) เมื่อรูปที่ได้มีความถูกต้องในด้านตำแหน่งและขนาดแล้ว ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องทำการวางตำแหน่งจุดอ้างอิงแล้วทำการเชื่อมจุดอ้างอิงด้วยเส้นทางซึ่งสามารถเลือกประเภทของเส้นทางที่ได้กำหนดไว้ในส่วน Edit>>Categories

นอกจากนี้ผู้ใช้งานยังสามารถกำหนดลักษณะเส้นทางในรูปแบบที่มีลักษณะพิเศษได้เช่น การกำหนดช่องทางเดินรถโดยสาร ช่องทางพิเศษในการควบคุมประเภทยานพาหนะในการเข้าใช้ ความเร็วจำกัด ฯลฯ ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในส่วน Edit>>Restrictions และในขั้นตอนสุดท้ายสำหรับการสร้างโครงข่ายคือการปรับเปลี่ยนเส้นขอบทาง เส้นหยุด เพิ่มเส้นทางเดินรถประจำทาง ป้ายรอรถประจำทาง ฯลฯ เพื่อให้แบบจำลองมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

- ยานพาหนะ

การกำหนดลักษณะและสัดส่วนของยานพาหนะในโปรแกรม PARAMICS สามารถทำได้ในส่วน Edit>>Vehicle ในการศึกษานี้สามารถแบ่งประเภทของยานพาหนะได้ 6 ประเภทซึ่งจัดแบ่งตามลักษณะของยวดยาน เช่นความยาว ความสูง ความกว้าง ความเร็วสูงสุดและได้กำหนดสัดส่วนของรถที่เข้าใช้เส้นทาง (จริยา ทองจันทึก, 2543) ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ประเภท ลักษณะ และสัดส่วนของยานพาหนะที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

ประเภท	ความยาว (เมตร)	ความสูง (เมตร)	ความกว้าง (เมตร)	ความเร็วจำกัด (กม./ชม.)	ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PCU)	สัดส่วน (ร้อยละ)
รถยนต์ส่วนบุคคล (Car)	4	1.5	1.6	160	1.00	95.17
รถบรรทุกเล็ก 6 ล้อ (LGV)	6	2.6	2.3	130	1.43	0.22
รถบรรทุกขนาดกลาง 10 ล้อ (OGV1)	8	3.6	2.4	105	2.00	0.09
รถบรรทุกขนาดใหญ่ > 10 ล้อ (OGV2)	11	4.0	2.5	120	3.00	0.04
รถโดยสารประจำทาง (Bus)	10	4	2.5	65	2.00	2.46
รถโดยสารประจำทางขนาดเล็ก (Minibus)	6	4	2.5	65	1.43	2.02

- พื้นที่และปริมาณการเดินทาง (Zoning and Traffic Demand)

การกำหนดพื้นที่ต้นทาง - ปลายทางสำหรับการเดินทางในแบบจำลองโครงข่ายทางพิเศษในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ได้จัดแยกตามพื้นที่ทางเข้าและทางออกจากระบบทางพิเศษทั้งหมดโดยแบ่งเป็น 36 พื้นที่ ดังแสดงในภาคผนวก ก.1 และได้ทำการกำหนดค่าปริมาณการเดินทางซึ่งเป็นข้อมูลในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าของวันทำการตั้งแต่ช่วงเวลา 06.00 ถึง 09.00 น. ดังแสดงในภาคผนวก ก.2 ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกกำหนดเป็นเมตริกปริมาณการเดินทางลงในไฟล์ชื่อ Demands และไฟล์ Profile เพื่อกำหนดการปล่อยยานพาหนะออกจากเขตพื้นที่เป็นช่วงเวลาต่อไป

- การกำหนดวิธีการแจกแจงการเดินทาง

การกำหนดวิธีการแจกแจงการเดินทางเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการพัฒนาแบบจำลองทางด้านการจราจรในระดับจุลภาคเพื่อให้เกิดแบบจำลองที่สามารถอธิบายสภาพการจราจรได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง สำหรับการศึกษานี้ได้จำลองการเดินทางบนระบบทางพิเศษที่มีการเลือกใช้เส้นทางในการเดินทางที่ค่อนข้างแน่นอน แต่ด้วยเหตุผลทางด้านสภาวะการจราจรติดขัดในบางช่วงเวลาบนระบบทางพิเศษและด้วยเป้าหมายในการศึกษานี้ซึ่งมุ่งประเด็นไปในด้านการปรับปรุงสภาพการจราจรในช่วงเร่งด่วนของวันให้ดีขึ้น ดังนั้นจึงได้เลือกวิธีการแจกแจงการเดินทางโดยใช้วิธี All or Nothing และวิธี Stochastic เนื่องจากได้คำนึงถึงปัจจัยในด้านความไม่แน่นอนในการเลือกใช้เส้นทางเดินทางซึ่งอาจจะมาจากการพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการเดินทางโดยเฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วนของวัน อีกทั้งในบางพื้นที่มีการจัดสรรค์ช่อง

จราจรเพิ่มเพื่อรองรับการเดินทางที่ต้องการหลีกเลี่ยงสภาพจราจรติดขัดในบางพื้นที่ เช่นบริเวณทางเข้า-ออกจากระบบทางพิเศษ

การกำหนดค่าวิธีการแจกแจงการเดินทางในโปรแกรม PARAMICS จะทำการในส่วน Edit>>Configuration>>Assignment หรือจะทำการปรับแก้ได้โดยตรงจากไฟล์ Configuration ร่วมกับการกำหนดค่าการรบกวนการจราจร (Perturbation) และค่าความคุ้นเคย (Familiarity) ในไฟล์ Vehicles

3.3.2 การปรับแก้และการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพนั้นจะต้องผ่านการปรับแก้และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเพื่อให้มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด เนื่องจากแบบจำลองทางด้านการจราจรมีพารามิเตอร์ที่ต้องคำนึงถึงเป็นจำนวนมาก อีกทั้งการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเป็นตัวแทนในการพัฒนาแบบจำลอง ตัวแปรต่าง ๆ ล้วนเกิดจากการกำหนดค่าไว้แล้วทั้งสิ้น ซึ่งอาจจะไม่เหมาะสมและถูกต้องตรงกับสภาพการจราจรที่เป็นจริงในแต่ละพื้นที่ ดังนั้นการปรับแก้แบบจำลองร่วมกับการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองถือเป็นขั้นตอนที่ผู้ศึกษาต้องให้ความสำคัญ

- การปรับแก้แบบจำลอง

การปรับแก้แบบจำลองมีขั้นตอนอันประกอบด้วยการปรับแก้กระบวนการรันแบบจำลอง การตรวจสอบลักษณะโครงข่ายร่วมกับการสังเกตพฤติกรรมการขับขี่สภาพแวดล้อมทั่วไปของแบบจำลอง ซึ่งดำเนินการในส่วน Modeller หลังจากที่ได้ทำการปรับแก้ในขั้นต้นแล้วกระบวนการปรับแก้โดยใช้การทดสอบผลลัพธ์ของแบบจำลอง ประกอบด้วยการรันแบบจำลองโดยการเปลี่ยนแปลงค่าตั้งต้นและเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่นค่าระยะห่างระหว่างรถและระยะเวลาตอบสนอง เพื่อให้ได้ผลถูกต้องตามหลักสถิติ ทั้งนี้ในการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์นั้นผู้ใช้สามารถเปลี่ยนค่าตัวแปรหลักในแบบจำลองพื้นฐานได้เช่นกัน โดยเปลี่ยนแบบจำลองการเคลื่อนตัวของรถ แบบจำลองการเปลี่ยนช่องทาง แบบจำลองการยอมรับระยะระหว่างรถในโปรแกรม PARAMICS ผ่านส่วน Programmer เพื่อให้ได้แบบจำลองที่สอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด สำหรับการศึกษาครั้งนี้ถือว่าตัวแปรทางด้านการจราจรมีความละเอียดสูงและมีหลายตัวแปรซึ่งต้องอาศัยเวลาในการปรับเปลี่ยนแบบจำลองดังกล่าว จึงเลือกตัวแปรที่มีความสำคัญเพียง 2 ตัวได้แก่ค่าระยะห่างระหว่างรถและระยะเวลาตอบสนอง (Grades et al. , 2002)

ค่าเดิมที่โปรแกรมกำหนดสำหรับค่าระยะห่างระหว่างรถและระยะเวลาตอบสนอง ถูกกำหนดไว้ที่ 1.0 วินาที แต่อย่างไรก็ตามมีการศึกษาบนทางด่วน I-405 ประเทศสหรัฐอเมริกาที่ให้ค่าระยะห่างระหว่างรถเท่ากับ 1.65 วินาทีและค่าระยะเวลาตอบสนอง 0.42 วินาที นอกจากนี้ Gardes et al. (2002) พบว่าที่ San Francisco บนทางด่วน I-80 ให้ค่าระยะห่างระหว่างรถเท่ากับ 0.68 วินาทีและค่าระยะเวลาตอบสนอง 0.60 วินาที สำหรับการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าทั้งสอง

เป็นค่าที่ได้ศึกษาในต่างประเทศอาจมีความไม่เหมาะสมกับพฤติกรรมการขับขี่ที่แท้จริงของประเทศไทย ทั้งนี้ Junsuwan (2001) ได้มีการศึกษาในด้านการประเมินระบบควบคุมสัญญาณไฟแบบเป็นพื้นที่ในกรุงเทพมหานครด้วยการจำลองคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นการศึกษาในพื้นที่ย่านธุรกิจ พบว่าให้ค่าระยะห่างระหว่างรถเท่ากับ 1.3 วินาที และระยะเวลาตอบสนองมีค่า 1.3 วินาที ทว่าในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาบนระบบทางพิเศษซึ่งพฤติกรรมต่าง ๆ ย่อมมีความแตกต่างระบบโครงข่ายถนนด้านล่างจึงได้ทำการศึกษาค่าทั้งสองอีกครั้งโดยอาศัยช่วงที่มีการศึกษาไว้แล้วดังที่ได้กล่าวมา

- การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ก่อนที่จะมีการนำแบบจำลองที่ได้นำไปประยุกต์ใช้จำเป็นจะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองอีกครั้งถึงความสามารถของแบบจำลองในการแสดงผล ไม่ว่าจะในกระบวนการรันโปรแกรมควรที่จะมีการตรวจสอบหาความผิดพลาดจากการกำหนดค่าต่างๆ (Coding Error) และตรวจดูการเคลื่อนตัวของยวดยาน การทำงานของระบบโดยรวมว่าสมเหตุสมผลหรือไม่ อาทิเช่นการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยการจำลองโครงข่ายในระดับมหภาค (Macroscopic) การวิเคราะห์ผลทางด้านความเร็วและปริมาณการจราจรโดยทำการเปรียบเทียบผลกับข้อมูลจริงจากภาคสนาม โดยใช้หลักการทดสอบทางสถิติ (Grades et al., 2002) เป็นต้น

3.4 การจำลองสถานการณ์

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ประเมินแนวทางการจัดช่องทางพิเศษ และการจัดสัญญาณไฟควบคุมทางเข้าทางพิเศษโดยใช้หลักการพัฒนาแบบจำลองผ่านการใช้งานโปรแกรม PARAMICS ที่มีการกำหนดสถานการณ์ทางเลือกต่าง ๆ เพื่อนำมาประเมินผลในเชิงของความแตกต่างทางด้านการจราจรทั่วทั้งระบบโครงข่ายของระบบทางพิเศษ ทั้งนี้ในขั้นตอนการประเมินหารูปแบบการควบคุมจากสถานการณ์จำลองต่าง ๆ ได้คัดเลือกพื้นที่ส่วนย่อยเพื่อใช้ในการประเมินผลในขั้นต้น ซึ่งในการศึกษานี้ได้คัดเลือกพื้นที่ในช่วงดินแดง-ต่างระดับท่าเรือ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบทางพิเศษเฉลิมมหานครในทิศทางมุ่งใต้ รวมระยะทางรวมทั้งสิ้น 6.31 กิโลเมตร จำนวนช่องจราจร 4 ช่องต่อทิศทาง สภาพจราจรในด้านปริมาณจราจรโดยเฉลี่ย 6,317 คันต่อชั่วโมงและความเร็วเฉลี่ย 62.53 กิโลเมตรต่อชั่วโมงหรือมีระดับให้บริการที่ E

ทั้งนี้ในการจำลองสถานการณ์ได้จัดแยกการจำลองเป็น 2 กระบวนการ ได้แก่

- การจำลองการจัดช่องทางพิเศษในขั้นต้นซึ่งทำการตรวจสอบจำนวนผู้เดินทางต่อคันที่น้อยที่สุดและประเภทของยานพาหนะที่ยอมให้ใช้ช่องทางพิเศษได้ หลังจากนั้นจะทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบเพื่อศึกษาระดับสัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษและปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบในระดับที่เหมาะสมที่ระบบยังคงประสิทธิภาพในการให้บริการอยู่
- การจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้า ซึ่งในขั้นต้นจะทำการประเมินถึงรูปแบบการควบคุม หลังจากนั้นก็จะดำเนินการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยการปรับเปลี่ยนปริมาณจราจรที่ระดับต่าง ๆ

ทั้งสองประเด็นดังที่ได้กล่าวมานั้นเป็นการออกแบบแบบจำลองเพื่อคัดเลือกรูปแบบการควบคุมรวมถึงการออกแบบการประเมินประสิทธิภาพ ความยืดหยุ่นของการควบคุมด้วย ในส่วนการวิเคราะห์แบบจำลองในระดับโครงข่ายทางพิเศษจึงได้นำลักษณะการควบคุมที่ผ่านการคัดเลือกในขั้นต้นแล้วนั้นมาประเมินผลในภาพรวมอีกครั้ง เพื่อทำการยืนยันประสิทธิภาพของระบบหรือเพื่อจะได้นำผลไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นต่อไป

3.5 การจัดช่องทางพิเศษ

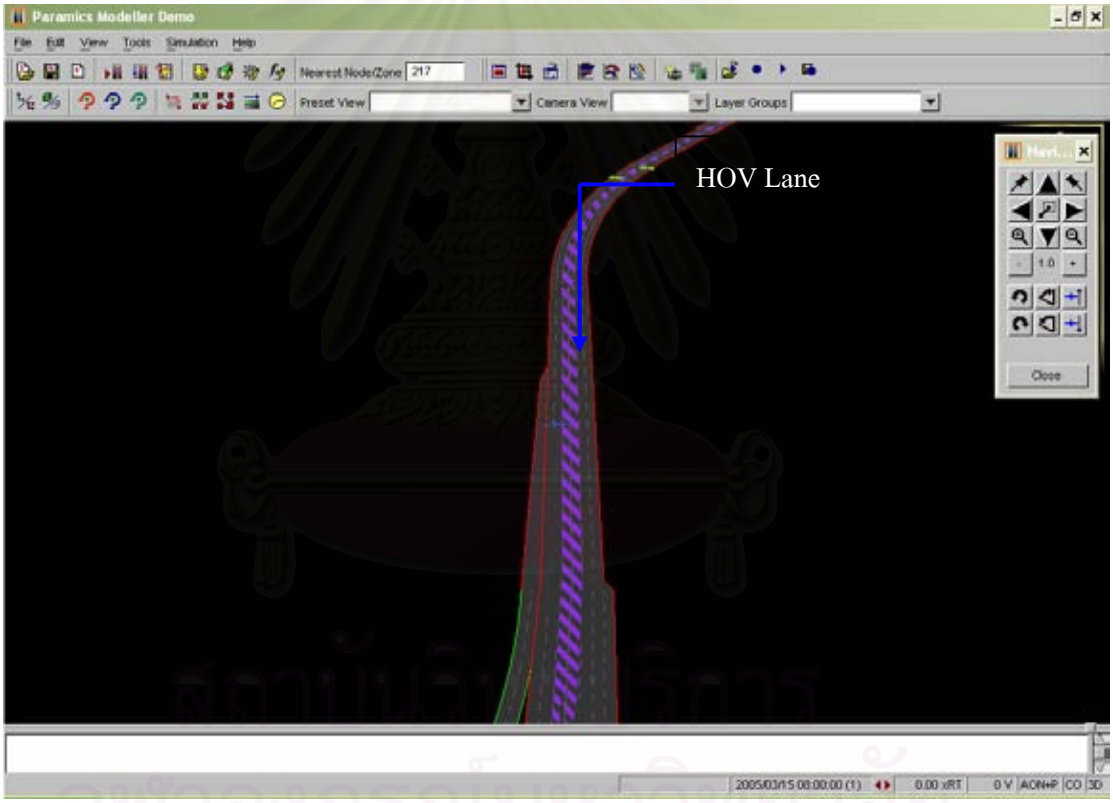
การพัฒนาแบบจำลองโดยการใช้งานโปรแกรม PARAMICS สำหรับการจัดช่องทางพิเศษจะดำเนินการในส่วน Modeller ซึ่งต้องทำการกำหนดเงื่อนไขขั้นต้นด้านทางเลือกของประเภทในการจัดช่องทางพิเศษ ประเภทยานพาหนะที่ยอมให้ช่องทางนี้ตามสัดส่วนในแต่ละสถานการณ์ และกำหนดจำนวนผู้เดินทางต่อคันต่ำสุดที่ยอมให้ใช้ช่องทางได้ รวมทั้งการกำหนดชั่วโมงปฏิบัติการ

สำหรับการจัดการช่องทางพิเศษซึ่งในการศึกษานี้จะเลือกใช้การดำเนินการในลักษณะช่องทางพิเศษทิศทางเดียวกับการจราจร ดำเนินการในช่วงเวลาเร่งด่วนของวัน โดยจัดช่องทางด้านในสุดชิดเกาะกลางเป็นช่องทางพิเศษ ในการดำเนินการในส่วน Modeller ตามกระบวนการ Link>>Modify Link>> Restriction ตามที่ได้กำหนดเงื่อนไขไว้ในส่วนประเภทและสัดส่วนของรถ ในรูปที่ 3.2 ได้แสดงลักษณะช่องทางพิเศษที่ได้จากการพัฒนาขึ้น

ข้อกำหนดเบื้องต้นในการจัดช่องทางพิเศษ ประกอบด้วยลักษณะการควบคุมในแต่ละสถานการณ์จะมีการควบคุมการใช้ช่องทางอย่างเคร่งครัด โดยห้ามยานพาหนะที่ไม่มีลักษณะพิเศษเข้าใช้ช่องทางพิเศษที่ได้จัดขึ้น อย่างไรก็ตามยานพาหนะในลักษณะพิเศษสามารถเลือกใช้ได้ทั้งช่องทางพิเศษและช่องทางปกติซึ่งขึ้นอยู่กับความพึงพอใจในการใช้ช่องทาง

- การคัดเลือกรูปแบบการจัดยานพาหนะในการเข้าใช้ช่องทางพิเศษ

การคัดเลือกรูปแบบการจัดยานพาหนะเข้าใช้ช่องทางพิเศษ ดำเนินการโดยการตรวจสอบจำนวนผู้เดินทางต่อคันที่น้อยที่สุดที่ยอมให้เข้าใช้ช่องทางพิเศษได้ ซึ่งในการศึกษานี้ได้พิจารณาที่ระดับ 2+ และ 3+ และได้คำนึงถึงปัจจัยในด้านการเข้าใช้ช่องทางพิเศษของรถที่มีลักษณะพิเศษโดยเฉพาะรถโดยสารประจำทางทั้งสองประเภทคือรถโดยสารประจำทางและรถโดยสารประจำทางขนาดเล็ก ซึ่งมีอิทธิผลต่อสภาพการจราจรค่อนข้างสูงเนื่องจากความเร็วจำกัดของรถทั้งสองประเภทนี้อยู่ที่อัตราค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับรถประเภทอื่น ดังนั้นในการออกแบบการจำลองในส่วนนี้ สามารถแบ่งสถานการณ์ออกเป็น 5 สถานการณ์ย่อยตามการจัดสัดส่วนยานพาหนะแต่ละประเภทตามจำนวนผู้เดินทางต่อคันของผู้ใช้เส้นทางและสถานการณ์ตั้งต้นที่ไม่มีการจัดช่องทางพิเศษดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.3 และ 3.4



รูปที่ 3.2 ลักษณะของแบบจำลองการจัดช่องทางพิเศษโดยโปรแกรม PARAMICS

ตารางที่ 3.3 สถานการณ์จำลองการคัดเลือกรูปแบบการจัดยานพาหนะเข้าใช้ช่องทางพิเศษ

สถานการณ์	รายละเอียด
1. T2 W/O PT Lane	ช่องทางพิเศษสำหรับยานพาหนะที่มีผู้ร่วมทางอย่างน้อย 2 คน (2+) ห้ามรถโดยสารประจำทางใช้ช่องทางพิเศษ
2. T3 W/O PT Lane	ช่องทางพิเศษสำหรับยานพาหนะที่มีผู้ร่วมทางอย่างน้อย 3 คน (3+) ห้ามรถโดยสารประจำทางใช้ช่องทางพิเศษ
3. PT Lane	ช่องทางพิเศษสำหรับรถโดยสารประจำทางเท่านั้น
4. T2 W/ PT Lane	ช่องทางพิเศษสำหรับยานพาหนะที่มีผู้ร่วมทางอย่างน้อย 2 คน(2+) และรถโดยสารประจำทางใช้ช่องทางพิเศษ
5. T3 W/ PT Lane	ช่องทางพิเศษสำหรับยานพาหนะที่มีผู้ร่วมทางอย่างน้อย 3 คน (3+) และรถโดยสารประจำทางใช้ช่องทางพิเศษ
6. สถานการณ์ตั้งต้น	สถานการณ์ปัจจุบันที่ไม่มีมาตรการการจัดช่องทางพิเศษ

ตารางที่ 3.4 ร้อยละสัดส่วนยานพาหนะในการใช้ช่องทาง

ประเภทรถ / สถานการณ์	CAR	LGV 6 ล้อ	OGV1 10 ล้อ	OGV2 > 10 ล้อ	Bus	Minibus	CAR_HOV	Bus_HOV	Minibus_HOV
1. T2 (W/O PT) Lane	43.74	0.22	0.09	0.04	2.46	2.02	51.43	0.00	0.00
2. T3 (W/O PT) Lane	81.02	0.22	0.09	0.04	2.46	2.02	14.15	0.00	0.00
3. PT Lane	95.17	0.22	0.09	0.04	0.00	0.00	0.00	2.46	2.02
4. T2 (W/ PT) Lane	43.74	0.22	0.09	0.04	0.00	0.00	51.43	2.46	2.02
5. T3 (W/ PT) Lane	81.02	0.22	0.09	0.04	0.00	0.00	14.15	2.46	2.02
6. สถานการณ์ตั้งต้น	95.17	0.22	0.09	0.04	2.46	2.02	-	-	-

- การปรับเปลี่ยนสัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษ

สถานการณ์ที่ได้จัดขึ้นทั้ง 6 สถานการณ์เกิดจากการจัดสัดส่วนยานพาหนะแต่ละประเภทตามลักษณะจำนวนผู้เดินทางต่อคันของผู้ใช้เส้นทาง ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องมีการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยการตรวจสอบสัดส่วนของยานพาหนะในลักษณะพิเศษที่เหมาะสม ในส่วนนี้จึงต้องนำรูปแบบมาตรการที่ผ่านการประเมินผลในส่วนที่แล้วเพื่อใช้ในการศึกษาระดับสัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษที่เหมาะสมโดยการปรับเปลี่ยนค่าสัดส่วนของ

ยานพาหนะในลักษณะพิเศษที่ระดับต่าง ๆ ในช่วงร้อยละ 20 ถึง 60 เทียบกับสัดส่วนยานพาหนะทั้งหมดในระบบเพื่อทำการประเมินผลต่อไป

- การปรับเปลี่ยนปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบ

เมื่อได้คัดเลือกรูปแบบการจัดยานพาหนะเข้าใช้ช่องทางพิเศษและได้ศึกษาระดับสัดส่วนรถในลักษณะพิเศษที่ระดับต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมา ระดับปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบก็เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงเพื่อประเมินถึงความยืดหยุ่นหรือประสิทธิในการจัดดำเนินการ ในส่วนนี้ได้ทำการปรับเปลี่ยนค่าปริมาณจราจรในช่วงที่ต่ำกว่าและสูงกว่าระดับที่ทำการศึกษาร้อยละ 50 เพื่อศึกษาถึงระดับความเหมาะสมของปริมาณจราจรที่มาตรการยังคงประสิทธิภาพในการให้บริการอยู่

การประเมินผลการจำลองสถานการณ์ทางเลือกต่าง ๆ ได้อาศัยมาตรวัดผลในด้านความเร็วเฉลี่ย และเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวมที่ได้จากเครื่องตรวจวัดการจราจร ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ตลอดช่วงของทางพิเศษที่ได้ทำการศึกษา โดยแบ่งการประเมินเป็น 2 ส่วน คือ การประเมินผลระหว่างสถานการณ์จำลองที่ให้ผลจำแนกตามประเภทของช่องทางและประเภทของยานพาหนะต่าง ๆ ได้แก่

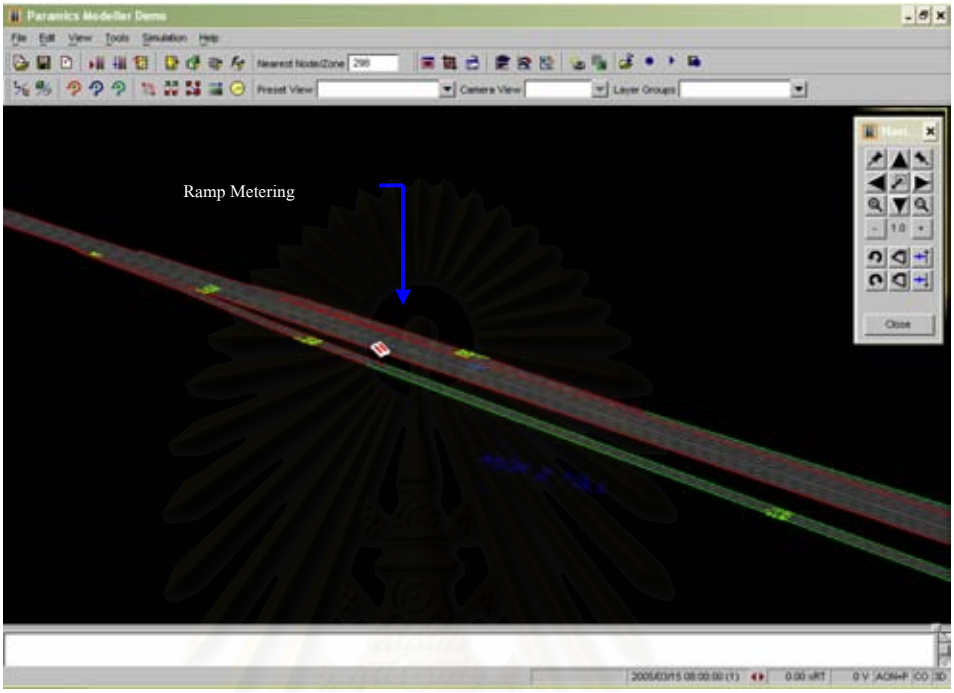
- Non-HOV คือ ยานพาหนะที่ไม่มีลักษณะพิเศษบนช่องทางปกติ
- HOV บนช่องทางปกติ คือยานพาหนะในลักษณะพิเศษบนช่องทางปกติ
- HOV บนช่องทางพิเศษ คือยานพาหนะในลักษณะพิเศษในช่องทางพิเศษ

การประเมินผลในภาพรวมมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์ตั้งต้น ที่ไม่มีการใช้มาตรการการจัดช่องทางพิเศษใด ๆ ประเมินถึงความแตกต่างระหว่างสถานการณ์โดยใช้การทดสอบทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญต่าง ๆ

3.6 การจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษ

การจำลองการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษต้องดำเนินการในส่วน Modeller ของโปรแกรม PARAMICS โดยทำการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของจุดอ้างอิงในลักษณะการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเคลื่อนตัวของยวดยาน ณ ตำแหน่งนั้น ซึ่งในการศึกษานี้ใช้หลักการออกแบบสัญญาณไฟเพื่อควบคุมปริมาณจราจรที่เข้าใช้ทางพิเศษให้มีการปรับเปลี่ยนตามสภาวะการจราจร (Traffic Responsive) จึงจำเป็นต้องเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมด้วยคำสั่ง If-then Logic ซึ่งสามารถดำเนินการผ่านการใช้งานส่วน API (Application Programmer Interface) ใน Programmer

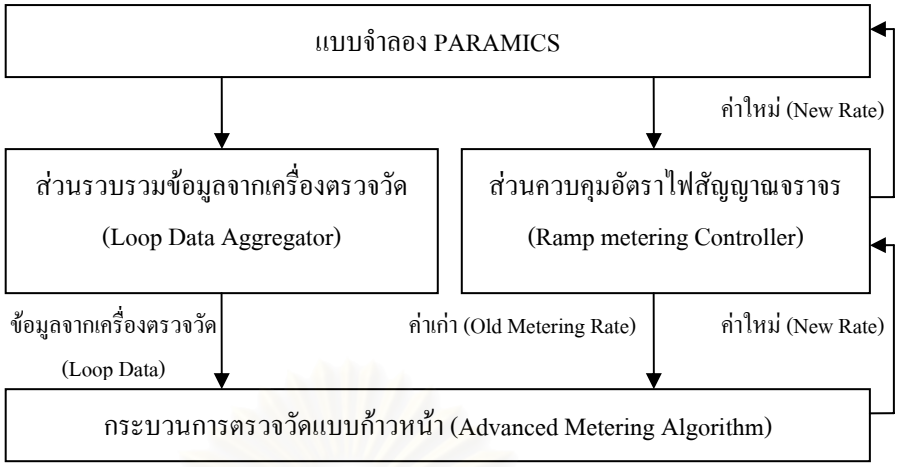
หรือวิธีการเขียนคำสั่งโดยใช้ชุดคำสั่ง Plan Language ในส่วน Modeller เพื่อดำเนินการในด้านการปรับคุณลักษณะของสัญญาณไฟจราจรประเภทกำหนดเวลาแปรเปลี่ยนตามปริมาณจราจร ดังในรูป รูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แบบจำลองการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษผ่านโปรแกรม PARAMICS

การพัฒนาแบบจำลองการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษโดยการใช้โปรแกรม PARAMICS มีกระบวนการทำงานและส่วนที่เกี่ยวข้องในการจำลองดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยกระบวนการการควบคุมจะถูกดำเนินการผ่านส่วนหลัก 2 ส่วนที่สำคัญคือส่วนรวบรวมข้อมูลจากเครื่องตรวจวัดซึ่งจะเป็นตัวป้อนข้อมูลทางด้านการจราจร และส่วนควบคุมอัตราไฟสัญญาณจราจรซึ่งจะป้อนข้อมูลให้ส่วนกระบวนกำหนดอัตราการตรวจวัดเพื่อทำการประมวลค่าอัตราการตรวจวัดที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดทุกช่วงเวลาเพื่อนำไปใช้ในการควบคุมต่อไป (Chu, 2003)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 กระบวนการการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าทางพิเศษโดยโปรแกรม PARAMICS

ทั้งนี้ข้อกำหนดต่างๆ ของการจัดสัญญาณไฟควบคุมทางเข้าระบบที่ได้กำหนดขึ้นนั้น ประกอบด้วยรูปแบบการควบคุมบริเวณทางเข้าทางพิเศษด้วยสัญญาณไฟจราจรแบบเป็นพื้นที่เดี่ยวมีการจัดรอบสัญญาณขึ้นกับสภาวะการจราจร (Actuated Control) โดยค่าอัตราการที่นำมาใช้จะขึ้นอยู่กับปริมาณการถือครองพื้นที่โดยเฉลี่ยที่ได้จากเครื่องตรวจวัดการจราจร ณ ตำแหน่งใด ๆ

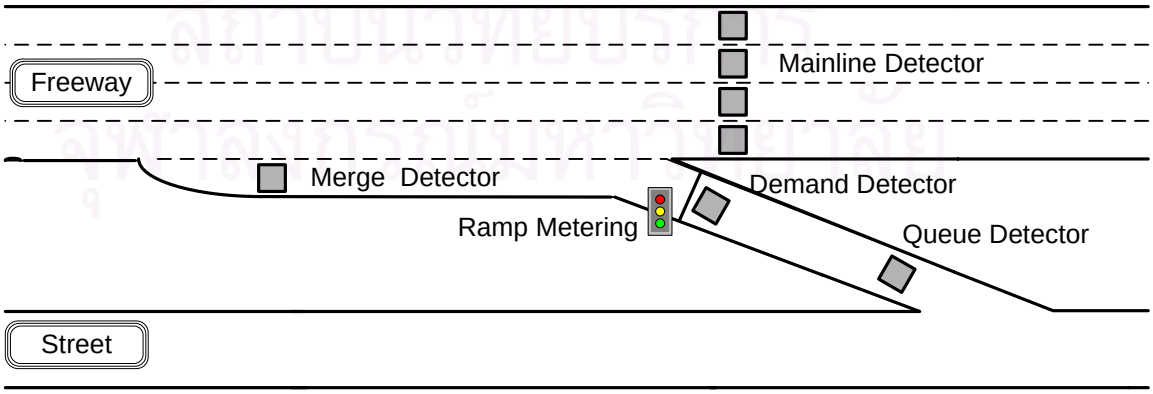
การศึกษานี้ได้กำหนดลักษณะการกำหนดค่าอัตราการควบคุมที่ได้จากเครื่องตรวจวัดการจราจรในบริเวณต้นทาง (Upstream Detector) บนช่วงหลักของทางพิเศษ แต่หากเกิดสภาวะจราจรคับคั่งบริเวณต้นทางบนช่วงหลักจากทางเข้าทางพิเศษแล้วค่าปริมาณการครอบครองพื้นที่ ณ เครื่องตรวจวัดในตำแหน่งนั้นจะมีค่าที่สูงมากซึ่งจะส่งผลให้การควบคุมปริมาณรถ ณ ทางเข้าเข้มงวดมากยิ่งขึ้น และด้วยสภาวะการจราจรบนทางหลักที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาสามารถให้ค่าปริมาณการครอบครองพื้นที่ได้ตั้งแต่ร้อยละ 0 (ไม่มีรถผ่านเครื่องตรวจวัด) ถึง 100 (รถหยุดการเคลื่อนที่ ณ เครื่องตรวจวัด) จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการจัดแบ่งอัตราการตรวจวัดออกเป็น 3 ระดับ (Grades et al., 2002) คือ

- ดำเนินการควบคุมโดยใช้อัตราการตรวจวัดที่ระดับสูงสุด เมื่อปริมาณการครอบครองพื้นที่บริเวณต้นทางบนช่วงหลักมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 15
- ดำเนินการควบคุมโดยปรับเปลี่ยนอัตราการตรวจวัดซึ่งให้ค่าเป็นส่วนกลับกับค่าปริมาณการครอบครองพื้นที่ในช่วงอัตราการตรวจวัดที่ระดับต่ำสุดถึงสูงสุด เมื่อปริมาณการครอบครองพื้นที่ต้นทางบนช่วงหลักมีค่าร้อยละ 15 ถึง 25
- ดำเนินการควบคุมโดยใช้อัตราการตรวจวัดที่ระดับต่ำสุด เมื่อปริมาณการครอบครองพื้นที่ต้นทางบนช่วงหลักมีค่ามากกว่าร้อยละ 25

เนื่องจากการกำหนดระดับอัตราการตรวจวัดดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นไม่ได้คำนึงถึงสภาพการจราจรบริเวณทางเข้าทางพิเศษจึงได้จัดตั้งเครื่องตรวจวัดบริเวณทางเข้าเพิ่มอีก 3 ประเภท คือ

- เครื่องตรวจวัดยานพาหนะที่ต้องการเข้าใช้ทางพิเศษ (Demand Detector) จะถูกติดตั้ง ณ ตำแหน่งก่อนเส้นหยุดที่ควบคุมไฟสัญญาณ เพื่อตรวจสอบการเข้ามาถึงเส้นหยุดของยานพาหนะและควบคุมการเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรจากแดงเป็นเขียว
- เครื่องตรวจวัดบริเวณจุดร่วมของการจราจร (Merge Detector) จะถูกติดตั้งบริเวณที่มีการร่วมกันของกระแสการจราจรบนทางหลักกับทางเข้าของทางพิเศษ ใช้ในการควบคุมการปล่อยรถจากจุดควบคุมสัญญาณไฟ
- เครื่องตรวจวัดความยาวแถวคอย (Queue Detector) จะถูกติดตั้ง ณ ต้นทางทางเข้าทางพิเศษใช้ในการตรวจสอบความยาวแถวคอย ณ บริเวณนี้เพื่อใช้กำหนดไฟสัญญาณในการปล่อยรถเพื่อควบคุมความยาวแถวคอยไม่ให้เกินขีดจำกัด

ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องตรวจวัดทั้ง 3 ประเภทดังที่ได้กล่าวมาและตำแหน่งเครื่องตรวจวัดบนทางหลักได้แสดงในรูปที่ 3.5 ทั้งนี้เงื่อนไขในการกำหนดค่ารอบไฟสัญญาณต้องคำนึงถึงปริมาณการจราจรบริเวณทางเข้าร่วมด้วย ซึ่งจะมีค่าระหว่าง 400 ถึง 1,700 คันต่อชั่วโมงสำหรับทางเข้า 2 ช่องจราจร (Neudorff et al., 2001) และค่าการครอบครองพื้นที่ ณ เครื่องตรวจวัด ณ จุดร่วมของการจราจรและเครื่องตรวจวัดความยาวแถวคอยที่ยอมให้เกิดขึ้นได้มีค่า 30 (Gardes, 2002)



รูปที่ 3.5 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องตรวจวัดในกระบวนการควบคุมบริเวณทางเข้า

การกำหนดค่าในกระบวนการดำเนินการสำหรับการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษผ่านโปรแกรม PARAMICS สามารถกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ ผ่าน 3 ส่วนหลัก ได้แก่

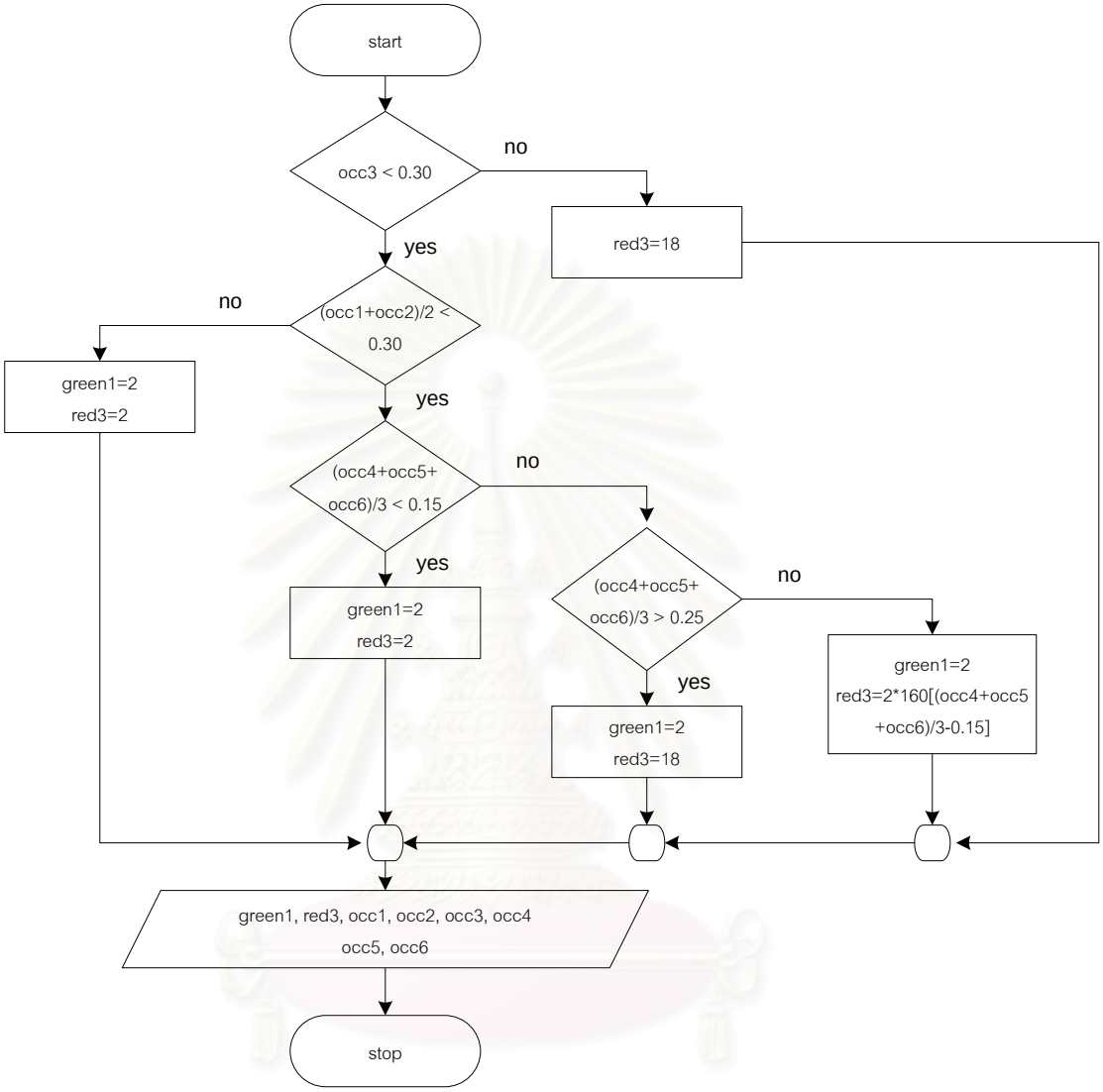
Priorities File เป็นส่วนที่ใช้กำหนดลักษณะของสัญญาณไฟจราจร เช่นตำแหน่งจังหวะและรอบสัญญาณไฟ ในกรณีนี้ได้จัดจังหวะไฟสัญญาณจราจรเป็น 2 จังหวะ (เฟส)ในแต่ละตำแหน่งที่ติดตั้งไฟสัญญาณ (Ramp Signal) โดยกำหนดให้ เฟสที่ 1 เป็นสัญญาณไฟแดงเพื่อห้ามรถบริเวณจุดควบคุมจากทางเข้าทางพิเศษเข้าสู่ระบบ กำหนดค่าจังหวะไฟสัญญาณที่ 2 วินาทีและอัตราสูงสุดที่ 18 วินาที ซึ่งอัตราไฟสัญญาณในเฟสนี้จะถูกกำหนดเป็นช่วงที่ค่าอัตราไฟสัญญาณจะแปรเปลี่ยนตามสภาพการจราจร ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น และเฟสที่ 2 เป็นสัญญาณไฟเขียวใช้ในการปล่อยรถที่หยุด ณ ตำแหน่งหยุดบริเวณสัญญาณไฟเข้าสู่ระบบ กำหนดค่าที่ 2 วินาที รายละเอียดการกำหนดค่าแสดงในภาคผนวก ข.1

Phase File เป็นส่วนที่กำหนดค่าเริ่มต้นเพื่อนำไปใช้ในส่วนของ Plans ซึ่งในแบบจำลองนี้จะเป็นส่วนที่เรียกใช้เครื่องตรวจวัด (Detectors) ที่ถูกติดตั้ง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ รายละเอียดการกำหนดค่าแสดงในภาคผนวก ข.2

Plans File เป็นส่วนที่มีลักษณะคำสั่งเป็นแบบ If – then Logic ในลักษณะการกำหนดสัญญาณไฟจราจรที่แปรเปลี่ยนตามสภาวะจราจร รายละเอียดจะประกอบด้วยจำนวน Plans และจำนวนเครื่องตรวจวัดภายใต้ความแตกต่างของกระบวนการควบคุม โดยรายละเอียดของการกำหนดค่าเงื่อนไขการจัดสัญญาณไฟควบคุม ณ บริเวณทางเข้านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.6 และการเขียนชุดคำสั่งโดยใช้โปรแกรม PARAMICS แสดงในภาคผนวก ข.3

การคัดเลือกพื้นที่ในการดำเนินการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าเป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากระบบโครงข่ายทางพิเศษที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นโครงข่ายที่มีขนาดใหญ่และมีจำนวนทางเข้าสูงถึง 43 ด่าน รวมถึงสภาวะการจราจรในแต่ละพื้นที่ที่เผชิญกับสภาวะความคับคั่งที่แตกต่างกัน การศึกษานี้จึงได้คัดเลือกพื้นที่ดำเนินการโดยได้พิจารณาถึงระดับการให้บริการบนช่วงหลักของระบบทางพิเศษที่ระดับการให้บริการ F เนื่องจากที่สภาวะนี้มีจำนวนพื้นที่ที่ต้องประสบกับสภาวะการจราจรคับคั่งในช่วงเวลาเร่งด่วนสูง และได้คำนึงถึงปัจจัยในด้านการกระจายของปริมาณการจราจรบริเวณทางเข้าที่มีความแตกต่างค่อนข้างสูงคือ 6 ถึง 4,367 คันต่อชั่วโมง ซึ่งส่งผลต่อการกำหนดอัตราการตรวจวัดบริเวณทางเข้าระบบ ดังนั้นในการกำหนดค่ารอบไฟสัญญาณจึงได้กำหนดให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่มีการเสนอแนะไว้ที่ระดับ 2 ถึง 20 วินาทีต่อคันซึ่งจะขึ้นอยู่กับสภาวะการจราจรบนทางหลัก ทั้งนี้ในการประเมินผลแบบจำลองขั้นต้นเพื่อศึกษาถึงรูปแบบการควบคุมได้ทำการศึกษาบนพื้นที่ส่วนย่อยในช่วงดินแดง-ต่างระดับท่าเรือเนื่องจากเกณฑ์ที่ใช้กำหนดขึ้นเพื่อคัดเลือกพื้นที่ศึกษา นั่นคือระดับการให้บริการบนทางหลัก

ร่วมกับการพิจารณาปริมาณจราจรบริเวณทางเข้าได้ จึงคัดเลือกพื้นที่ในบริเวณด่านเพชรบุรีในการติดตั้งสัญญาณไฟควบคุม



รูปที่ 3.6 ผังแสดงเงื่อนไขการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าระบบทางพิเศษ

เมื่อ

occ1 และ occ2 คือค่าการครอบครองพื้นที่ ณ เครื่องตรวจวัดความยาวแถวคอยในช่องทางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

occ3 คือค่าการครอบครองพื้นที่ ณ เครื่องตรวจวัดบริเวณจุดร่วมของการจราจร

occ4, occ5, occ6 คือค่าการครอบครองพื้นที่ ณ เครื่องตรวจวัดบริเวณทางหลักในช่องทางที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

green1 คือ จังหวะไฟเขียวที่ถูกกำหนดขึ้นในแต่ละรอบของสัญญาณไฟจราจร

red3 คือ จังหวะไฟแดงที่ถูกกำหนดขึ้นในแต่ละรอบของสัญญาณไฟจราจร

การออกแบบสถานการณ์จำลองสำหรับการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าสามารถจัดแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่การคัดเลือกรูปแบบการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ระบบและปรับเปลี่ยนปริมาณจราจรที่ระดับต่าง ๆ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบที่จะยังคงการให้บริการในรูปแบบนั้นอยู่ ซึ่งรายละเอียดจะแสดงต่อไป

- การคัดเลือกรูปแบบการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ระบบ

ด้วยปัจจัย เงื่อนไขต่าง ๆ ที่มีผลต่อการจัดการควบคุมบริเวณทางเข้าด้วยไฟสัญญาณจราจรดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ปัจจัยในด้านการใช้งานเครื่องตรวจวัดประเภทต่าง ๆ ที่ถูกติดตั้งในบริเวณทางเข้าทางพิเศษก็มีผลต่อระบบเช่นกัน ทางสถาบันวิจัยด้านการขนส่งของ California PATH (Gardes et al., 2002) ได้ทำการตรวจสอบผลจากการใช้งานเครื่องตรวจวัด ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งจะส่งผลต่อสภาพการจราจรทั้งทางด้านปริมาณการจราจรและความเร็วในการเดินทางในพื้นที่นั้น ๆ เช่นการติดตั้งเครื่องตรวจวัดยานพาหนะที่ต้องการเข้าใช้ทางพิเศษ และเครื่องตรวจวัดบนช่วงหลักจะส่งผลให้ปริมาณการจราจรลดลงแต่จะเพิ่มความเร็วในการเดินทางขึ้นเนื่องมาจากการควบคุมการปล่อยรถให้เข้าใช้ทางพิเศษบริเวณทางขึ้น ซึ่งถ้าหากติดตั้งเครื่องตรวจวัดความยาวแถวคอยเพิ่มจะส่งผลให้ปริมาณการจราจรลดลงอีก เนื่องจากมีการควบคุมไม่ให้เกิดความยาวแถวคอยสูงกว่าขีดจำกัด ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้สร้างสถานการณ์จำลองโดยการศึกษาถึงผลการติดตั้งเครื่องตรวจวัดแต่ละประเภทบริเวณทางเข้าทางพิเศษ ดังแสดงในตารางที่ 3.5 เพื่อใช้ประเมินแนวทางการควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษต่อไป

ตารางที่ 3.5 สถานการณ์การจำลองการควบคุมทางเข้าทางพิเศษด้วยสัญญาณไฟจราจร

สถานการณ์	ประเภทเครื่องตรวจวัดการจราจร		
	Mainline Detector	Queue Detector	Merge Detector
1	สถานการณ์ตั้งต้น (ไม่มีการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้า)		
2	ติดตั้ง	ติดตั้ง	ติดตั้ง
3	ติดตั้ง	-	ติดตั้ง
4	ติดตั้ง	ติดตั้ง	-
5	ติดตั้ง	-	-

การประเมินผลมาตรการการใช้ระบบควบคุมสัญญาณไฟ ณ ทางขึ้นทางพิเศษสามารถแบ่งการวิเคราะห์ผลได้เป็น 2 ส่วน คือส่วนประเมินผลกระทบในด้านความเร็วเฉลี่ยและเวลาในการเดินทางโดยรวมตลอดช่วงพื้นที่ที่ทำการศึกษาและในส่วนพื้นที่ติดตั้งสัญญาณไฟควบคุม ณ ตำแหน่งต่าง ๆ โดยเปรียบเทียบผลความแตกต่างกับสถานการณ์ตั้งต้น นั่นคือสถานการณ์ที่ 1 โดยใช้การทดสอบความแตกต่างทางด้านสถิติเพื่อประเมินถึงแนวทางในการควบคุมที่เหมาะสมที่สุด

- การปรับเปลี่ยนปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบ

เมื่อได้คัดเลือกรูปแบบการควบคุมบริเวณทางเข้าระบบในกระบวนการที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ในขั้นตอนนี้ได้ทำการทดสอบระดับความเหมาะสมด้านปริมาณจราจรที่ยังคงให้ระบบดำเนินมาตรการอย่างมีประสิทธิภาพอยู่ โดยการปรับเปลี่ยนค่าปริมาณจราจรในช่วงที่ต่ำกว่าและสูงกว่าระดับที่ทำการศึกษาร้อยละ 50 และทำการประเมินผลทางด้านความเร็วเฉลี่ยและเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวม

3.7 การประเมินผลมาตรการในระดับพื้นที่ทั้งโครงข่ายทางพิเศษ

เพื่อให้เห็นถึงความเหมาะสมของมาตรการในระดับพื้นที่ทั้งโครงข่ายทางพิเศษจึงได้มีการประเมินผลในภาพรวมของทั้งระบบทางพิเศษควบคู่ไปด้วย เพื่อใช้เป็นผลสรุปที่คาดว่าจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดดำเนินการมาตรการนั้น ๆ ในที่นี้สถานการณ์จำลองที่ได้พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 4 สถานการณ์ ได้แก่ มาตรการการจัดช่องทางพิเศษ มาตรการการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ และการจัดทั้ง 2 มาตรการร่วมกัน และสถานการณ์ตั้งต้นที่ไม่มีการจัดมาตรการใด ๆ ดังแสดงรายละเอียดข้อกำหนดต่าง ๆ ในตารางที่ 3.6 ทั้งนี้รูปแบบการควบคุมของแต่ละสถานการณ์ได้ผ่านการคัดเลือกมาจากรูปแบบที่เหมาะสมจากการประเมินผลมาตรการในระดับพื้นที่ย่อยแล้ว

การประเมินผลแบบจำลองการจราจรจากสถานการณ์ทางเลือกในระดับโครงข่ายจะทำการเปรียบเทียบผลระหว่างสถานการณ์จำลองในด้านความเร็วโดยเฉลี่ยและระยะเวลาในการเดินทางโดยรวมกับสถานการณ์ตั้งต้นและในส่วนการปรับเปลี่ยนปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบที่ระดับต่าง ๆ ในช่วงตั้งแต่ -50 ถึง +50 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับสภาพการจราจรที่ทำการศึกษา ซึ่งจะตรวจวัดผลในด้านเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวมและระยะทางที่ยานพาหนะเดินทางได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.6 การจำลองสถานการณ์ทางเลือกในระดับพื้นที่โครงข่ายทางพิเศษ

สถานการณ์	รายละเอียด
1. สถานการณ์ตั้งต้น	สภาวะการจราจรในระบบทางพิเศษในปัจจุบัน
2. มาตรการการจัดช่องทางพิเศษ	จัดช่องทางพิเศษบนช่องทางด้านในสุดชิดเกาะกลางเป็นช่องทางพิเศษ เลือกติดตั้งเฉพาะช่วงของทางพิเศษที่มีจำนวนช่องจราจร 3 ถึง 4 ช่องจราจร ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ที่ทำการศึกษา ยกเว้นช่วงด่านประชาชื่นถึงแจ้งวัฒนะและช่วงสะพานพระราม 9 ถึงดาวคะนอง และมีรูปแบบการดำเนินการจะเป็นไปตามผลการคัดเลือกรูปแบบมาตรการในขั้นตอนการคัดเลือกรูปแบบการจัดยานพาหนะในการเข้าใช้ทางพิเศษ
3. มาตรการการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ	คัดเลือกพื้นที่ดำเนินการโดยสนใจช่วงหลักในบริเวณต้นทาง (Upstream Detector) ของทางพิเศษที่ให้ระดับการให้บริการที่ระดับ F เป็นตัวกำหนดพื้นที่ในการติดตั้งไฟสัญญาณควบคุม และพิจารณาปริมาณจราจรที่บริเวณทางเข้าที่ระดับ 400 ถึง 1,700 คันต่อชั่วโมงต่อ 2 ช่องจราจร ซึ่งจากการพิจารณาคัดเลือกพื้นที่ พบว่าทางเข้าระบบทางพิเศษที่ผ่านพิจารณาให้เป็นบริเวณติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้ารวมทั้งหมด 10 พื้นที่ได้แก่ 2, 3, 4, 5, 9, 12, 15, 16, 20 และ 22 ตามรายละเอียดในภาคผนวก ก.1 ทั้งนี้รูปแบบการควบคุมจะได้จากการประเมินผลในขั้นตอนการคัดเลือกรูปแบบการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ระบบ
4. มาตรการการจัดช่องทางพิเศษและมาตรการการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าระบบร่วมกัน	ข้อกำหนดจะเป็นไปในรูปแบบเดียวกันกับสถานการณ์ที่ 2 และ 3 ร่วมกัน

3.8 แบบจำลองระบบทางพิเศษในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร

จากการพัฒนาแบบจำลองโดยการกำหนดลักษณะทางกายภาพระบบทางพิเศษพร้อมกับการปรับเปลี่ยนลักษณะการควบคุมช่องทางต่าง ๆ เพื่อให้มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ได้มีการการทดสอบเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ทางด้านจราจรเพื่อให้ได้ผลที่ใกล้เคียงสภาพความเป็นจริงมากที่สุด ในรูปที่ 3.7 ได้แสดงลักษณะโครงข่ายระบบทางพิเศษในเขตกรุงเทพมหานครที่ได้พัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรม PARAMICS ซึ่งได้ผ่านกระบวนการปรับแก้และตรวจสอบความถูกต้องเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และเปรียบเทียบกับโครงข่ายระบบทางพิเศษจริง โดยในกระบวนการปรับแก้แบบจำลองได้มีการปรับเปลี่ยนค่าระยะห่างระหว่างรถและระยะเวลาตอบสนองในการประมวลผล ร่วมกับการเปลี่ยนค่าตั้งต้น ภายใต้การกำหนดระดับการประมวลผล

ที่ 5 วินาทีต่อครั้งโดยผลที่ได้นำมาวิเคราะห์คือ ค่าปริมาณการจราจรและค่าความเร็วโดยเฉลี่ยบนระบบทางพิเศษ

กำหนดค่าระยะห่างระหว่างรถในช่วง 0.4 ถึง 1.2 วินาที และค่าระยะเวลาตอบสนองในช่วง 0.4 ถึง 2.1 วินาที ทำการประมวลผลโดยทำการทดสอบค่าในบนทางพิเศษบนช่วงสุขุมวิท-พระราม 4 โดยผลที่ได้จากแบบจำลองจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการสำรวจในภาคสนาม ทั้งนี้ผลกระบวนการปรับแก้แบบจำลองในกระบวนการนี้ได้แสดงในภาคผนวก ค.1 ซึ่งแสดงค่าความเร็วและปริมาณจราจรโดยทำการเปรียบเทียบกับค่าความเร็วที่สำรวจได้บนระบบทางพิเศษในช่วงเร่งด่วนเช้าโดยการพิจารณาค่า GEH (Geoffrey E. Havers) ซึ่งเป็นค่าทางสถิติที่พัฒนามาจากสถิติไคสแคร์ (Chi-squared) ใช้เพื่อการเปรียบเทียบค่าในกระบวนการปรับแก้แบบจำลอง (Quadstone Ltd, 2003) ดังสมการที่ 2 ทั้งนี้ค่าพารามิเตอร์ที่ผ่านการทดสอบความแตกต่างในพื้นที่ส่วนนี้จะถูกนำไปทดสอบในช่วงพื้นที่ส่วนย่อยที่เหลืออีก 4 ตำแหน่งตลอดพื้นที่ทั้งช่วงที่ทำการศึกษา พบว่าค่าระยะห่างระหว่างรถและค่าระยะเวลาตอบสนองที่มีความเหมาะสมมีค่า 0.7 และ 1.2 วินาที ตามลำดับ ซึ่งค่านี้ได้ผ่านการประเมินผลเปรียบเทียบและสอดคล้องกับข้อมูลในภาคสนาม และสามารถสรุปผลสภาวะการจราจรที่ได้จากการประเมินผลด้วยแบบจำลอง และสามารถสรุปผลด้านการจราจรในพื้นที่ส่วนย่อยภายใต้ระดับปริมาณจราจรที่ทำการศึกษา พบว่าให้ผลด้านความเร็วเฉลี่ย 46 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ปริมาณจราจรที่ระดับ 7,060 คันต่อชั่วโมง หรืออยู่ที่สภาวะระดับการให้บริการที่ระดับ F

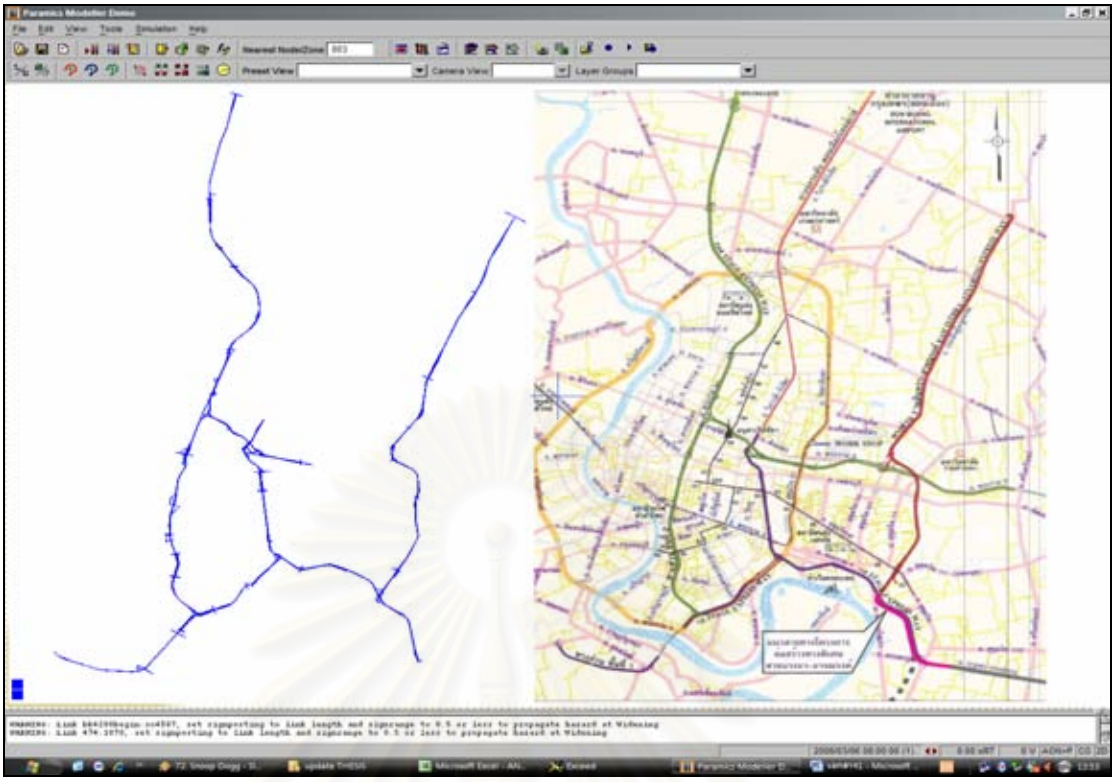
$$\text{GEH} = \sqrt{\frac{(Simulated - Observed)^2}{0.5 * (Simulated + Observed)}} \qquad (2)$$

เมื่อ GEH < 5 ผ่านการพิจารณา

5 < GEH < 10 ต้องตรวจสอบใหม่

10 < GEH ไม่ผ่านการพิจาณา

ทั้งนี้ได้มีการทดสอบค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 ค่ากับระบบโครงข่ายทางพิเศษ โดยการใช้ค่าความเร็วเฉลี่ยเป็นตัวชี้วัด จำนวนทั้งสิ้น 70 ตำแหน่งพบว่าที่ค่าระยะห่างระหว่างรถและค่าระยะเวลาตอบสนองที่มีผ่านการยอมรับในระดับพื้นที่ย่อย ให้ค่าความเร็วเฉลี่ยที่สอดคล้องกับข้อมูลจริงจำนวนเพียงร้อยละ 70 ของตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์ผล ดังแสดงในภาคผนวก ค.2 และสามารถสรุปผลด้านจราจรในระดับโครงข่ายโดยเฉลี่ย พบว่าความเร็วบนทางหลักมีค่า 54 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ปริมาณจราจร 1,405 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร หรืออยู่ที่สภาวะระดับการให้บริการ E



รูปที่ 3.7 โครงข่ายทางพิเศษจากการพัฒนาแบบจำลอง (ซ้าย) และระบบทางพิเศษจริง (ขวา)

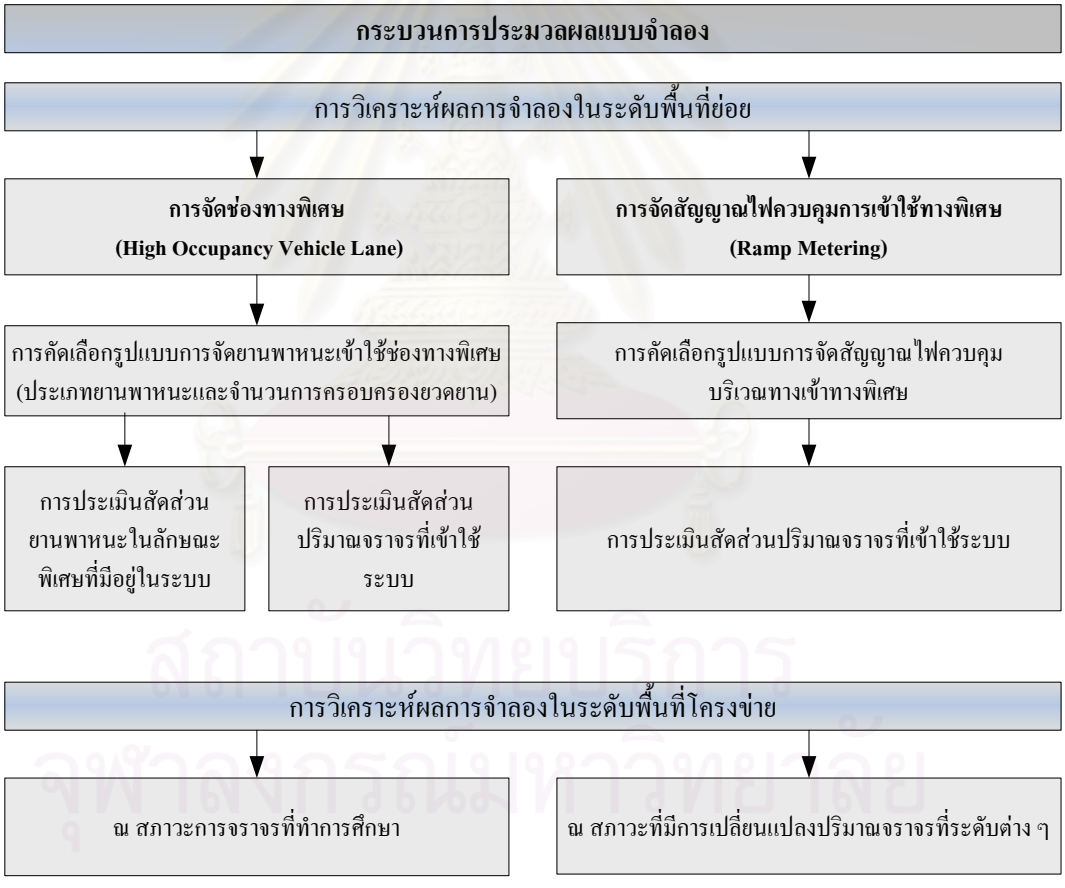
3.9 สรุป

เนื้อหาในบทนี้ได้นำเสนอรายละเอียดในการดำเนินการวิจัย เริ่มจากการพัฒนาแบบจำลองโดยการใช้โปรแกรม PARAMICS จำลองสภาพการจราจรบนโครงข่ายทางพิเศษในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร หลังจากนั้นได้ดำเนินการในส่วนของการปรับแก้และการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเพื่อให้ได้แบบจำลองที่สามารถอธิบายสภาพการจราจรได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด และได้นำเสนอการประยุกต์ใช้งานแบบจำลองด้านการจัดการช่องทางเพื่อจัดสิทธิพิเศษให้กับยานพาหนะบางประเภทรวมถึงการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมทางเข้า-ออกจากระบบทางพิเศษ และในส่วนสุดท้ายได้แสดงผลการปรับแก้และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองก่อนที่จะนำไปประยุกต์ใช้ตามสถานการณ์ และในบทที่ 4 จะนำเสนอผลการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งมีการวิเคราะห์ผลสถานการณ์ที่ได้จำลองขึ้นและนำเสนอผลการประเมินมาตรการการจัดการที่ดีและเหมาะสมที่สุด

บทที่ 4

การวิเคราะห์ผลข้อมูล

เนื้อหาในส่วนนี้จะนำเสนอผลจากการพัฒนาแบบจำลองที่ผ่านการประมวลผลทั้งระดับพื้นที่ย่อยเพื่อประเมินรูปแบบและความสามารถในการจัดการในแต่ละมาตรการ และในระดับพื้นที่โครงข่ายเพื่อประเมินผลด้านจราจรในภาพรวมทั้งมาตรการการจัดช่องทางพิเศษและการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษ ดังนั้นในส่วนนี้จึงได้แบ่งการวิเคราะห์และการประเมินผลออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่การจัดช่องทางพิเศษ การจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษ และการประเมินผลในระดับโครงข่าย ซึ่งมีกระบวนการประมวลผลแบบจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.1



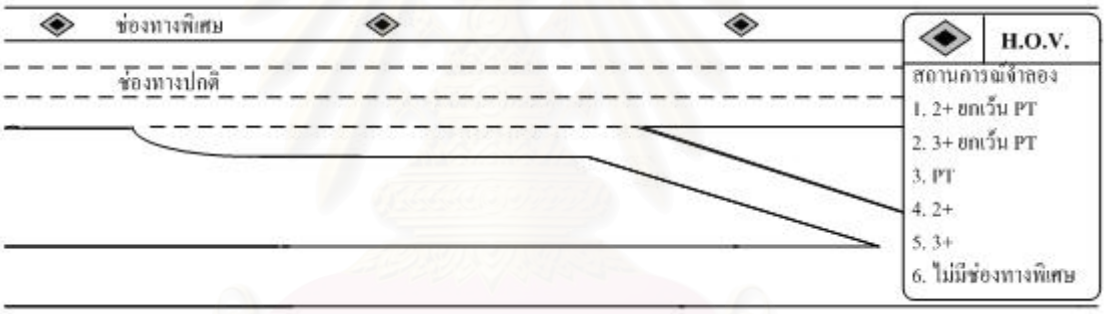
รูปที่ 4.1 ภาพรวมในกระบวนการประเมินผลแบบจำลอง

4.1 การจัดช่องทางพิเศษ

การประเมินผลในส่วนการจัดช่องทางพิเศษสามารถแบ่งประเด็นการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ การคัดเลือกรูปแบบการจัดยานพาหนะในการใช้ช่องทางพิเศษ การปรับเปลี่ยนสัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษและการกำหนดปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบที่ระดับต่าง ๆ โดยเทียบกับสภาพจราจรที่ทำการศึกษา

4.1.1 การคัดเลือกรูปแบบการจัดยานพาหนะในการใช้ช่องทางพิเศษ

สถานการณ์ที่ได้กำหนดขึ้นทั้ง 6 สถานการณ์ ดังแสดงในตารางที่ 3.4 และ รูปที่ 4.2 เกิดจากการจัดสัดส่วนยานพาหนะแต่ละประเภทตามลักษณะของจำนวนผู้ร่วมเดินทางต่อคันของผู้ใช้เส้นทางและสถานการณ์ตั้งต้นที่ไม่มีการจัดช่องทางพิเศษโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสถานการณ์ที่เหมาะสมที่สุดโดยการทดสอบความแตกต่างระหว่างสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นกับสถานการณ์ตั้งต้น

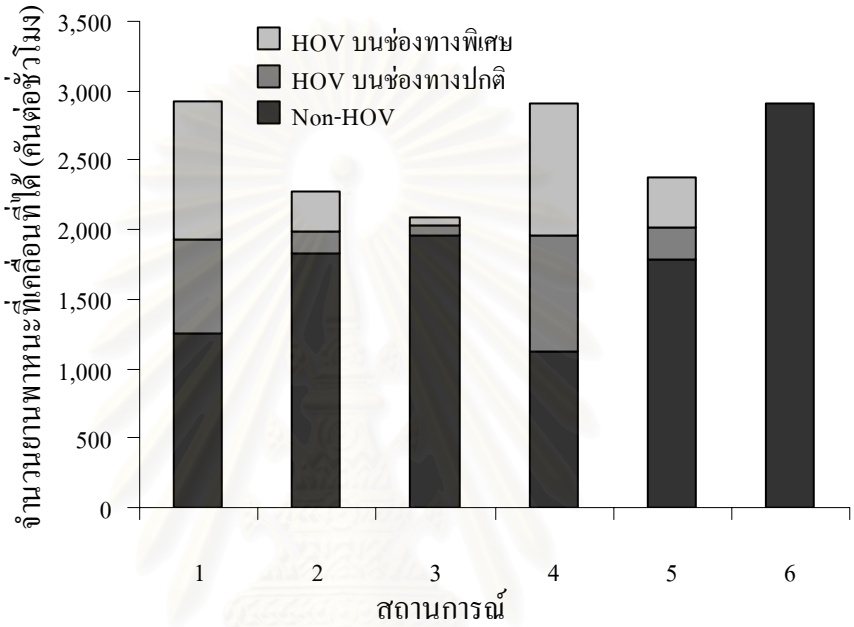


รูปที่ 4.2 การจัดสถานการณ์จำลองในการจัดช่องทางพิเศษ

ในกระบวนการประเมินผลการจำลองสถานการณ์ทางเลือกที่ได้กำหนดขึ้น ได้ประเมินผลด้านความเร็วของยวดยานโดยเฉลี่ยและเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวม ที่ได้จากเครื่องตรวจวัดการจราจร ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ตลอดช่วงของทางพิเศษที่ศึกษา ซึ่งได้แก่ช่วงดินแดง-ต่างระดับท่าเรือ โดยพิจารณาการประเมินผลระหว่างสถานการณ์จำลองทั้ง 6 สถานการณ์ซึ่งได้จำแนกตามประเภทของช่องทาง (ช่องทางพิเศษและช่องทางปกติ) และประเภทของยานพาหนะ และผลภาพรวมโดยทำการเปรียบเทียบกับสถานการณ์ตั้งต้นที่ไม่มีการใช้มาตรการการจัดช่องทางพิเศษใดๆ

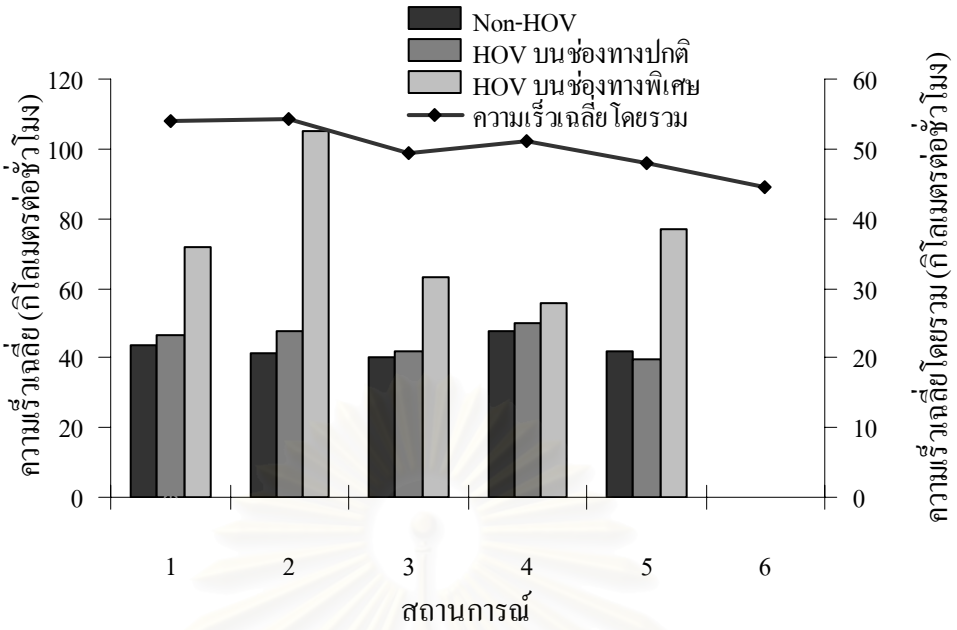
รูปที่ 4.3 แสดงจำนวนยานพาหนะที่สามารถเคลื่อนที่ได้โดยเฉลี่ยในแต่ละส่วนบนระบบทางพิเศษตลอดช่วงที่ศึกษา โดยจำแนกตามประเภทช่องทางและประเภทยานพาหนะ ซึ่งเมื่อได้ทำการตรวจสอบจำนวนยานพาหนะตามสถานการณ์จำลองโดยพิจารณารวมยานพาหนะทุกประเภท พบได้ว่าสถานการณ์ที่ 1 และ 4 เท่านั้น ที่ยังคงให้ผลด้านจำนวนยานพาหนะที่ไม่

แตกต่างจากสถานการณ์ตั้งต้น (สถานการณ์ที่ 6) ที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 5 อย่างไรก็ตาม สถานการณ์ที่ 2,3 และ 5 ให้ผลที่แตกต่างออกไป ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากการจัดสัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษให้เข้าใช้ช่องทางพิเศษในสัดส่วนที่น้อยมากเมื่อเทียบกับจำนวนยานพาหนะทั้งหมด ส่งผลให้ยานพาหนะที่ไม่ใช่ลักษณะพิเศษที่มีสัดส่วนสูงเผชิญกับสภาพความติดขัดของกระแสจราจรจากการใช้ช่องทางปกติ ดังนั้นในกระบวนการคัดเลือกรูปแบบมาตรการช่องทางพิเศษนี้จึงพิจารณาเฉพาะในสถานการณ์ที่ 1 และ 4 เท่านั้น



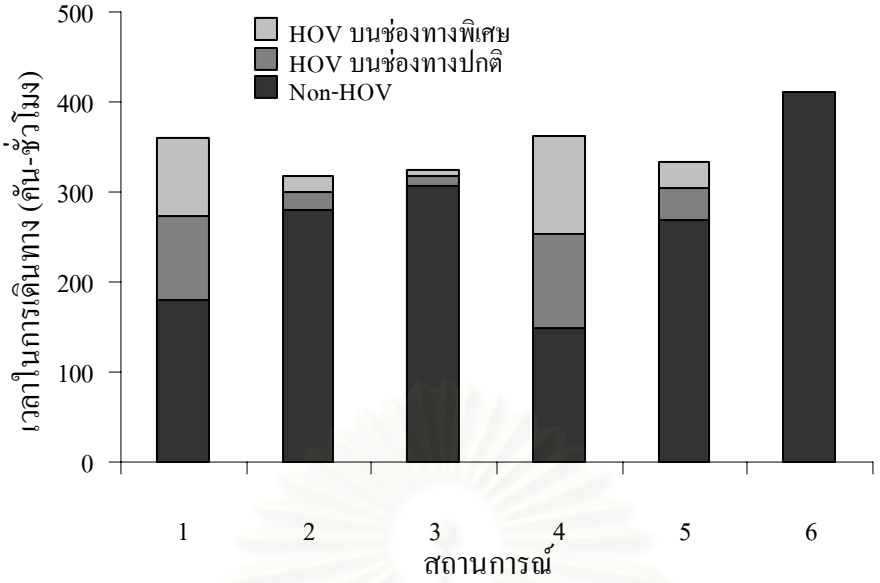
รูปที่ 4.3 จำนวนยานพาหนะในกระบวนการคัดเลือกรูปแบบการจัดช่องทางพิเศษ

รูปที่ 4.4 แสดงผลด้านความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะที่ได้จำแนกตามประเภทยานพาหนะและประเภทช่องทางและผลด้านความเร็วเฉลี่ยโดยรวม จากการพิจารณาในสถานการณ์ที่ 1 และ 4 พบว่า Non-HOV และ HOV บนช่องทางปกติในสถานการณ์ที่ 4 ให้ผลด้านความเร็วเฉลี่ยของยวดยานที่สูงกว่าสถานการณ์ที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ แต่ในทางกลับกันเมื่อพิจารณายานพาหนะลักษณะพิเศษบนช่องทางพิเศษ พบว่าในสถานการณ์ที่ 4 ให้ผลด้านความเร็วเฉลี่ยของยวดยานที่ต่ำกว่าสถานการณ์ที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดยานพาหนะประเภทรถโดยสารประจำทาง (PT) ให้เป็นยานพาหนะในลักษณะพิเศษในสถานการณ์ที่ 4 ซึ่งยานพาหนะประเภทนี้มีข้อจำกัดในด้านความเร็วสูงสุดที่ใช้ ที่ส่งผลกระทบต่อยานพาหนะในลักษณะพิเศษที่ใช้ช่องทางร่วมกัน และเมื่อได้พิจารณาผลด้านความเร็วเฉลี่ยในภาพรวม พบว่าในสถานการณ์ที่ 1 ให้ผลด้านความเร็วโดยเฉลี่ยสูงที่สุด และสูงกว่าสถานการณ์ตั้งต้น ที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 10 อีกด้วย



รูปที่ 4.4 ความเร็วเฉลี่ยในกระบวนการคัดเลือกรูปแบบการจัดช่องทางพิเศษ

รูปที่ 4.5 แสดงเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยจำแนกตามประเภทยานพาหนะและประเภทของช่องทาง ด้วยข้อจำกัดในด้านการจัดสัดส่วนยานพาหนะที่เข้าใช้ระบบในแต่ละสถานการณ์ที่มีความแตกต่างกันค่อนข้างสูง ส่งผลให้เกิดการกีดขวางการใช้ช่องทางในกระแสจราจรขึ้น นั่นคือในสถานการณ์ที่ 2, 3 และ 5 ที่มีการจัดสัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษที่มีค่าค่อนข้างต่ำ ส่งผลให้ยานพาหนะที่ไม่ใช่ลักษณะพิเศษที่มีสัดส่วนสูงเข้าใช้ช่องทางปกติ ส่งผลให้เกิดความล้าช้าในการเดินทางของยานพาหนะประเภทนี้ขึ้น ในทางกลับกันด้วยสัดส่วนรถในลักษณะพิเศษที่มีปริมาณน้อยสามารถเดินทางได้เร็วกว่าหรือเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวมมีค่าน้อยด้วย ทั้งนี้ด้วยข้อจำกัดด้านสัดส่วนยานพาหนะที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นและผลจากการกีดกันช่องทางที่ส่งผลให้จำนวนยานพาหนะที่สามารถเคลื่อนที่ได้ในแต่ละส่วนบนทางหลักลดน้อยลง จึงทำการวิเคราะห์ผลเฉพาะสถานการณ์ที่ 1 และ 4 เท่านั้น พบว่าเมื่อพิจารณาผลด้านเวลาที่ในการเดินทางสำหรับยานพาหนะประเภท Non-HOV ในสถานการณ์ที่ 4 ให้ค่าเวลาในการเดินทางน้อยกว่าสถานการณ์ที่ 1 และในทางกลับกัน สำหรับยานพาหนะลักษณะพิเศษ ผลในสถานการณ์ที่ 1 ให้ผลด้านเวลาที่ใช้ในการเดินทางที่ดีกว่า สถานกาณณ์ที่ 4 และเมื่อพิจารณาผลด้านเวลาในการเดินทางโดยรวม พบว่าสถานการณ์ที่ 1 จัดเป็นสถานการณ์ที่ดีที่สุดเมื่อได้เปรียบเทียบกับสถานการณ์ที่ 4 และสถานการณ์ตั้งต้น



รูปที่ 4.5 เวลาในการเดินทางในกระบวนการคัดเลือกรูปแบบการจัดช่องทางพิเศษ

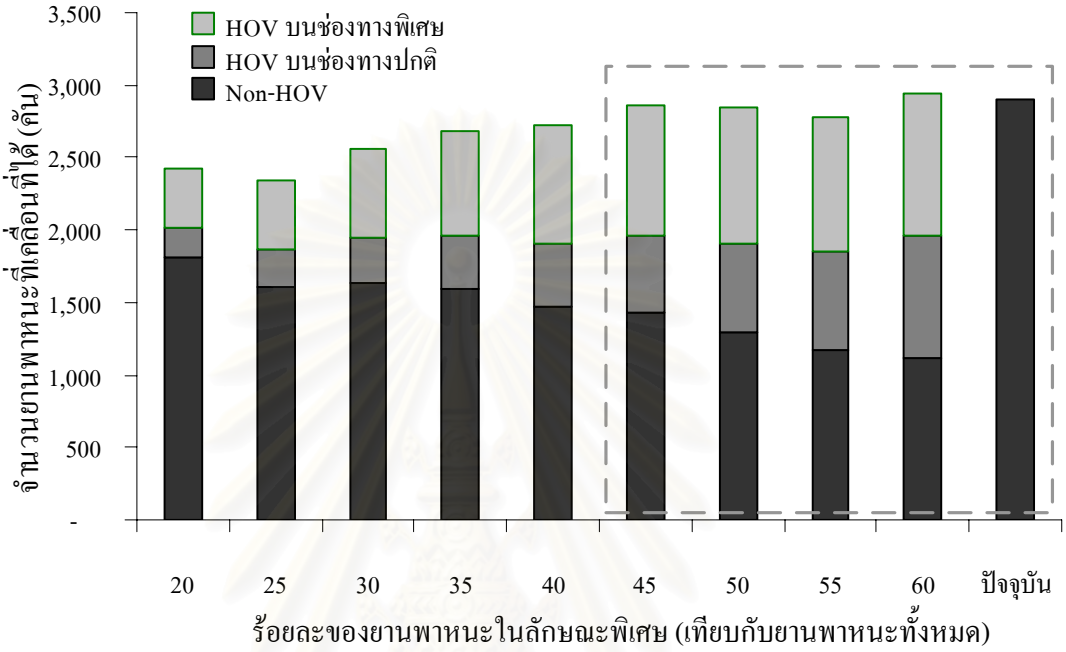
4.1.2 การปรับเปลี่ยนสัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษ

การปรับเปลี่ยนสัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษมีเป้าหมายเพื่อศึกษาระดับสัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษที่เหมาะสมโดยที่ระบบการจัดช่องทางพิเศษยังคงประสิทธิภาพในการให้บริการอยู่ โดยผู้วิจัยได้ทดลองปรับเปลี่ยนสัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษที่ระดับต่าง ๆ ในช่วงร้อยละ 20 ถึง 60 เมื่อเทียบกับยานพาหนะทั้งหมด ภายใต้สถานการณ์ที่ 1 คือการจัดช่องทางพิเศษสำหรับยานพาหนะที่มีผู้ร่วมเดินทางอย่างน้อย 2 คนยกเว้นรถโดยสารประจำทางเข้าใช้ช่องทางพิเศษ ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ดีที่สุดจากการคัดเลือกข้างต้น

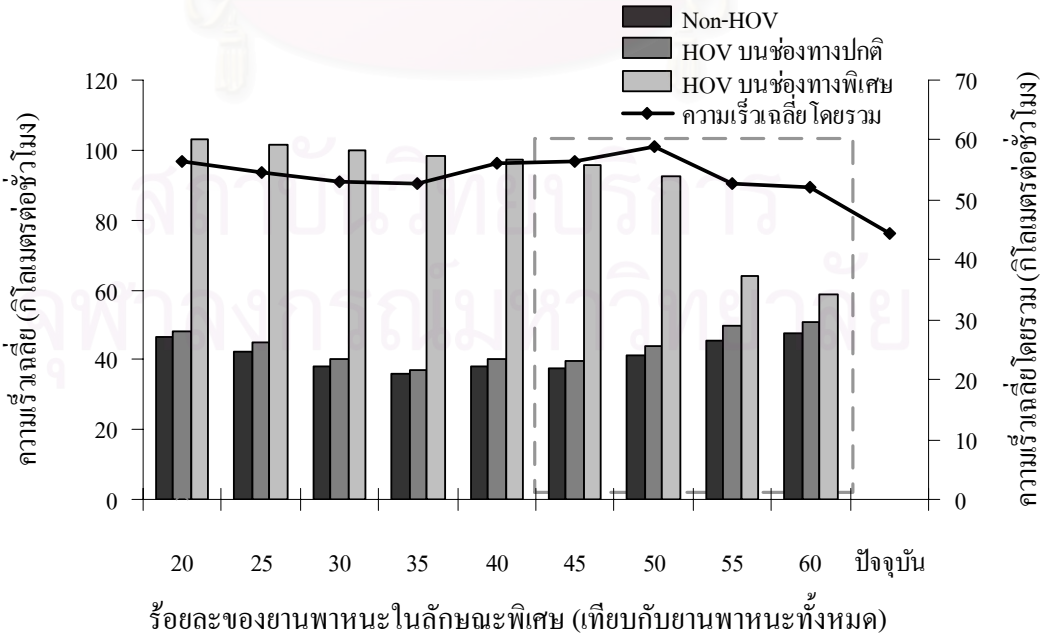
รูปที่ 4.6 แสดงจำนวนยานพาหนะที่สามารถเคลื่อนที่ได้ในระบบจำแนกตามประเภทยานพาหนะและประเภทช่องทาง ซึ่งได้ผ่านการทดสอบความแตกต่างของจำนวนยานพาหนะโดยรวมทุกประเภทกับสถานการณ์ตั้งต้น พบว่าในสถานการณ์ที่มียานพาหนะลักษณะพิเศษในช่วงร้อยละ 45 ถึง 60 ยังคงให้ปริมาณจราจรโดยรวมที่ไม่แตกต่างกับสถานการณ์ตั้งต้นคือไม่มีช่องทางพิเศษอย่างมีนัยสำคัญ

รูปที่ 4.7 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยที่ได้จำแนกตามประเภทช่องทางและประเภทรถในลักษณะพิเศษและผลด้านความเร็วโดยรวม พบว่าเมื่อสัดส่วนยานพาหนะลักษณะพิเศษ เข้าใกล้ร้อยละ 60 ยานพาหนะทั้ง 2 ประเภทบนช่องทางพิเศษและบนช่องทางปกติ เริ่มให้ระดับความเร็วเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าถ้าหากมีการจัดสัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษที่มีค่าสูงกว่านี้จะมีโอกาสทำให้ยานพาหนะในลักษณะพิเศษเกิดการเดินทางด้วยความเร็วที่อาจจะต่ำกว่ายานพาหนะในช่องทางปกติได้ ส่งผลให้การจัดช่องทางพิเศษ

จะไม่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพเนื่องจากยานพาหนะในลักษณะพิเศษไม่ได้รับสิทธิที่สูงกว่าในการใช้ช่องทางพิเศษนั้น ๆ และเมื่อพิจารณาผลด้านความเร็วเฉลี่ยโดยรวม สรุปผลได้ว่าที่ระดับยานพาหนะในลักษณะพิเศษมีค่าในช่วงร้อยละ 45 ถึง 60 ให้ผลด้านความเร็วโดยรวมที่สูงกว่าสถานการณ์ตั้งต้นอย่างมีนัยสำคัญ



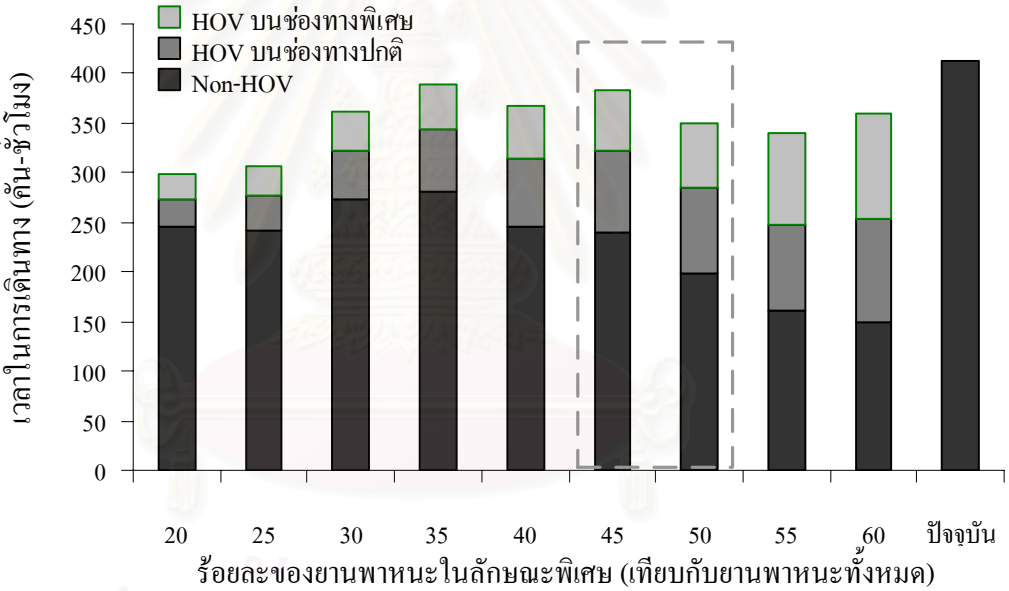
รูปที่ 4.6 จำนวนยานพาหนะในกระบวนการปรับเปลี่ยนสัดส่วนยานพาหนะในการจัดช่องทางพิเศษ



รูปที่ 4.7 ความเร็วเฉลี่ยในกระบวนการปรับเปลี่ยนสัดส่วนยานพาหนะในการจัดช่องทางพิเศษ

รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเดินทางโดยรวมจำแนกตามประเภทช่องทางและประเภทรถในลักษณะพิเศษ ที่ระดับสัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษต่าง ๆ พบว่าที่สัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษร้อยละ 55 ส่งผลให้ยานพาหนะในลักษณะพิเศษที่เดินทางโดยใช้ช่องทางพิเศษเริ่มใช้เวลาในการเดินทางที่สูงกว่ายานพาหนะในลักษณะพิเศษที่เดินทางโดยใช้ช่องทางปกติ และเมื่อพิจารณาผลด้านเวลาในการเดินทางโดยรวมพบว่าที่ระดับสัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษสูงกว่าร้อยละ 55 ส่งผลให้เวลาในการเดินทางเพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน แสดงว่าเมื่อสัดส่วนของยานพาหนะในลักษณะพิเศษสูงกว่าร้อยละ 55 การจัดช่องทางพิเศษไม่ได้ให้ก่อให้เกิดประโยชน์เต็มที่ต่อผู้ใช้ยวดยานในลักษณะพิเศษ

จากการพิจารณาทั้งผลในด้านความเร็วเฉลี่ยและเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวม สรุปได้ว่าที่ระดับสัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษที่ยังคงให้การจัดช่องทางพิเศษเกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้ช่องทางพิเศษนี้และต่อโดยรวมที่ระดับสัดส่วนร้อยละ 45 ถึง 50



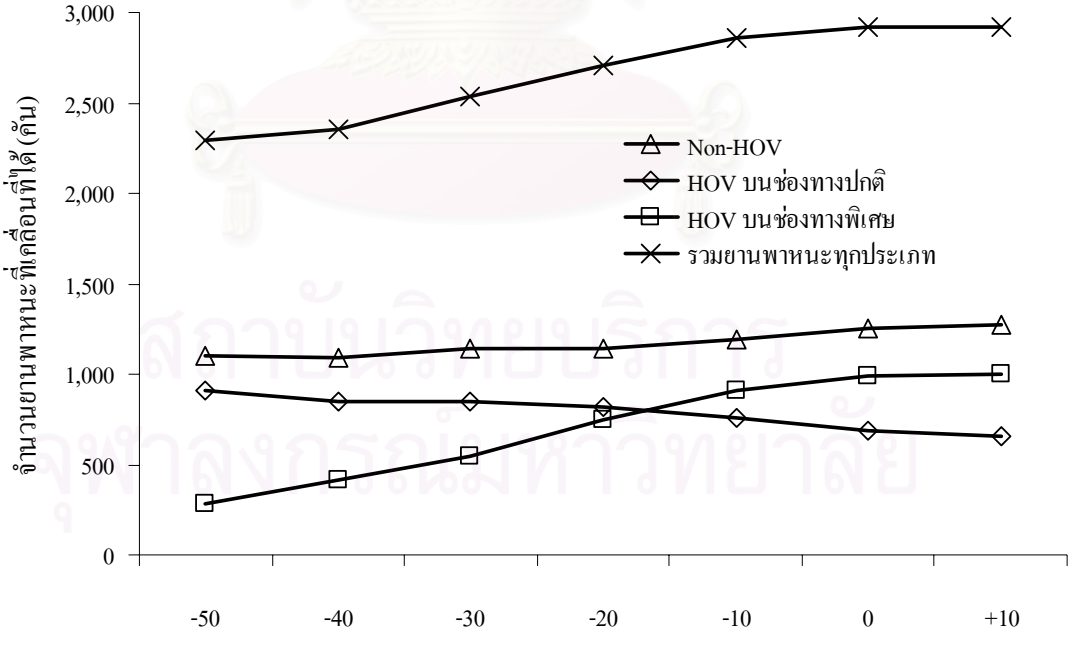
รูปที่ 4.8 เวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวมในกระบวนการปรับเปลี่ยนสัดส่วนยานพาหนะในการจัดช่องทางพิเศษ

4.1.3 การกำหนดปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบที่ระดับต่าง ๆ

เมื่อได้คัดเลือกมาตรการที่ดีที่สุดจากสถานการณ์ทั้งหมดและระดับปริมาณยานพาหนะลักษณะพิเศษที่เหมาะสมดังที่ได้กล่าวมา ในกระบวนการนี้ได้ทำการปรับเปลี่ยนปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบที่ระดับต่าง ๆ เพื่อศึกษาถึงระดับความเหมาะสมของปริมาณจราจรที่มาตรการยังคงประสิทธิภาพในการให้บริการอยู่ ซึ่งจะนำเสนอผลที่ได้จากการประเมินแบบจำลองสถานการณ์ทางเลือกต่าง ๆ ซึ่งได้วิเคราะห์ผลจำแนกตามประเภทของช่องทางและประเภทของ

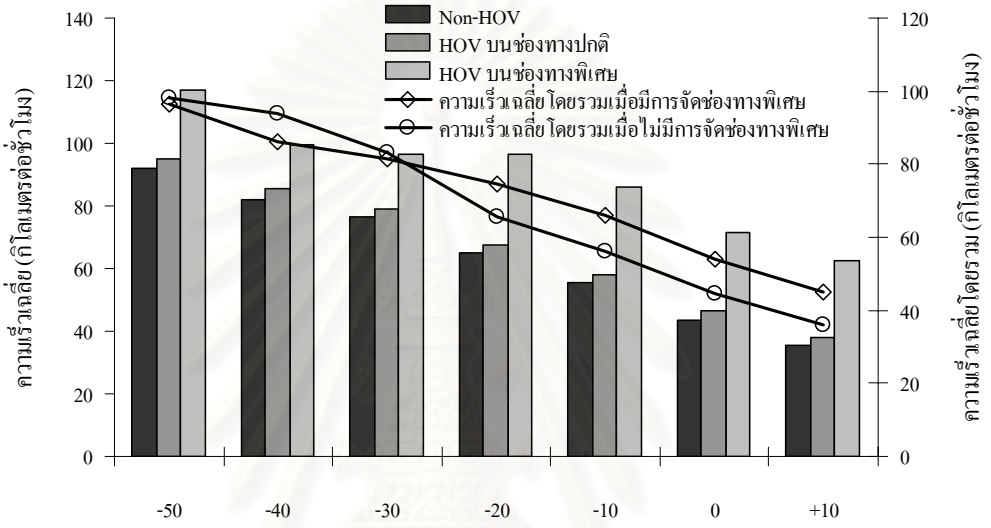
ยานพาหนะโดยพิจารณาค่าความเร็วในการเดินทางและเวลาในการเดินทางโดยรวม และการประเมินผลในภาพรวมตลอดช่วงที่ทำการศึกษา

ในการประเมินผลขั้นต้น ได้ทำการตรวจสอบจำนวนยานพาหนะที่เข้าใช้ช่องทาง จากรูปที่ 4.9 พบว่าเมื่อปริมาณจราจรที่กำหนดไว้สูงกว่าระดับปริมาณจราจรที่ทำการศึกษา จำนวนยานพาหนะที่เข้าใช้ระบบเริ่มคงที่ จากการตรวจสอบพบว่าเมื่อปริมาณจราจรเริ่มสูงขึ้นส่งผลให้เกิดการกีดขวางการจราจร ณ บริเวณทางเข้าระบบ ซึ่งไม่สามารถรองรับกับปริมาณจราจรที่สูงเกินขีดความสามารถได้ ส่งผลให้ยวดยานจำนวนหนึ่งไม่สามารถเข้าใช้ระบบได้ ซึ่งสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพการปล่อยรถ ณ ระดับปริมาณจราจรค่าต่าง ๆ ได้ในภาคผนวก ง. รวมทั้งในช่วงพื้นที่ที่ทำการศึกษา คือช่วงดินแดงถึงต่างระดับท่าเรือ การเดินทางส่วนใหญ่จะต้องผ่านทางแยกต่างระดับมักกะสัน ซึ่งพื้นที่ส่วนนี้ค่อนข้างมีข้อจำกัดในด้านลักษณะทางเรขาคณิตส่งผลให้สภาพการจราจรต้องเข้าสู่สภาวะคอขวด ดังนั้นในส่วนนี้จึงต้องทำการประมวลผลที่ระดับปริมาณจราจรที่น้อยกว่าระดับ +10 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากที่ระดับที่สูงกว่านี้ให้ค่าสัดส่วนยานพาหนะที่สามารถเคลื่อนที่ได้ไม่เป็นไปตามระดับที่ได้กำหนดขึ้น นอกจากนี้เมื่อพิจารณายานพาหนะในลักษณะพิเศษสามารถบ่งชี้พฤติกรรมการใช้ช่องทางได้ว่า ยานพาหนะในลักษณะพิเศษจะเริ่มมีการเปลี่ยนการใช้ช่องทางไปใช้ช่องทางพิเศษมากขึ้น เมื่อปริมาณจราจรที่อยู่ในระบบมีสัดส่วนสูงกว่าที่ระดับ -20 เปอร์เซ็นต์



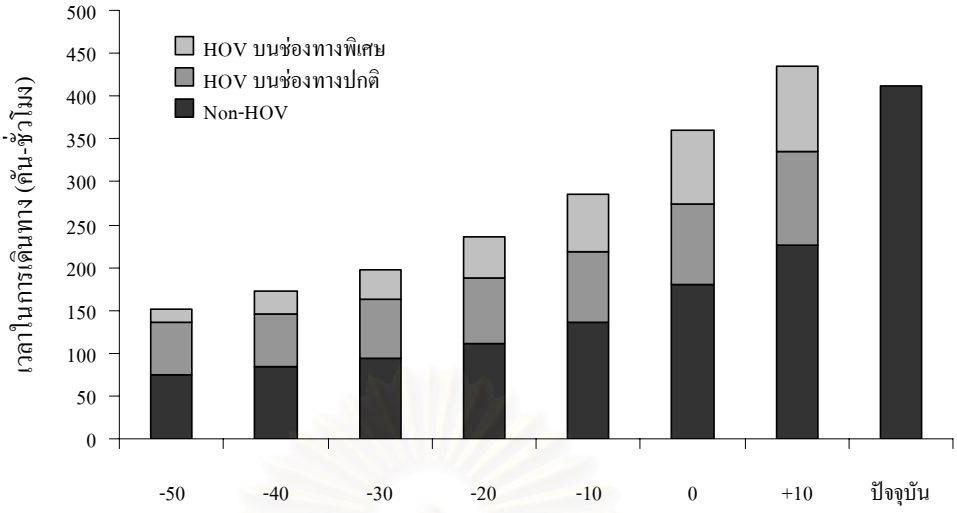
รูปที่ 4.9 จำนวนยานพาหนะในกระบวนการปรับเปลี่ยนปริมาณจราจรในการจัดช่องทางพิเศษ

รูปที่ 4.10 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยจำแนกตามประเภทช่องทางและประเภทรถและความเร็วเฉลี่ยโดยรวม พบว่ายานพาหนะลักษณะพิเศษสามารถเดินทางได้ที่ระดับความเร็วเฉลี่ยสูงกว่ายานพาหนะบนช่องทางปกติ ที่ทุกระดับสัดส่วนของปริมาณจราจรที่จัดให้เข้าใช้ระบบ และเมื่อพิจารณาความเร็วเฉลี่ยโดยรวม พบว่าความเร็วเฉลี่ยโดยรวมให้ค่าที่ลดลงในอัตราที่ค่อนข้างสูงที่ระดับปริมาณจราจรมีค่าต่ำกว่าที่ระดับ +10 เปอร์เซ็นต์และในช่วงปริมาณจราจรที่สูงกว่าที่ระดับ -20 เปอร์เซ็นต์ การจัดช่องทางพิเศษให้ผลด้านความเร็วเฉลี่ยโดยรวมที่มีค่าสูงกว่าสถานการณ์ที่ไม่มีการจัดช่องทางพิเศษอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4.10 ความเร็วเฉลี่ยในกระบวนการปรับเปลี่ยนปริมาณจราจรในการจัดช่องทางพิเศษ

รูปที่ 4.11 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลด้านเวลาที่ใช้ในการเดินทางจำแนกตามประเภทช่องทางและประเภทยานพาหนะ พบว่าเมื่อระดับปริมาณจราจรเพิ่มขึ้นและเข้าใกล้ที่ระดับ +10 เปอร์เซ็นต์ HOV บนช่องทางพิเศษ และ Non-HOV ต้องใช้เวลาในการเดินทางที่เพิ่มสูงขึ้นตามสัดส่วนปริมาณจราจรที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่ง HOV บนช่องทางพิเศษยังคงใช้เวลาในการเดินทางโดยรวมที่มีค่าน้อยกว่า HOV บนช่องทางปกติที่ทุกระดับสภาวะการจราจรและพบว่า HOV บนช่องทางปกติให้ผลด้านเวลาในการเดินทางที่ค่อนข้างคงที่ทุกระดับปริมาณจราจรเนื่องจากที่ระดับปริมาณจราจรสูงขึ้นยานพาหนะประเภทนี้จะเลือกใช้ช่องทางพิเศษที่สามารถเดินทางด้วยความเร็วที่สูงกว่า ยิ่งไปกว่านั้น เมื่อปริมาณจราจรในระบบที่ระดับ +10 เปอร์เซ็นต์ ที่สภาวะนี้ยานพาหนะในช่องทางพิเศษเริ่มใช้เวลาในการเดินทางโดยรวมที่ใกล้เคียงกับยานพาหนะในลักษณะพิเศษที่เดินทางโดยใช้ช่องทางปกติ แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบสูงกว่าระดับนี้การใช้มาตรการช่องทางพิเศษไม่ก่อประโยชน์ต่อยานพาหนะที่ต้องการใช้ช่องทาง



รูปที่ 4.11 ผลด้านเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวมในกระบวนการปรับเปลี่ยนปริมาณจราจรในการจัดช่องทางพิเศษ

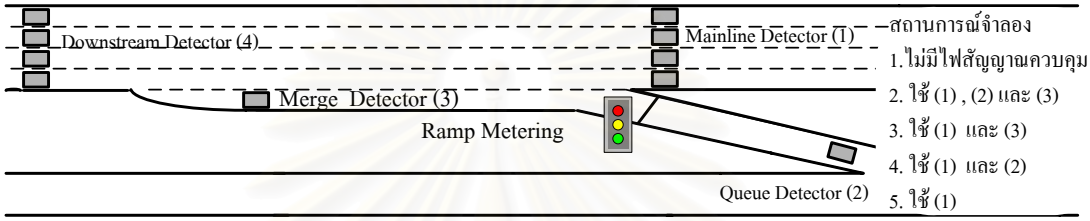
จากการประเมินผลการจัดช่องทางพิเศษในกระบวนการต่าง ๆ สามารถสรุปผลได้ว่ารูปแบบการจัดยานพาหนะที่ผ่านการประเมินผลในสถานการณ์ที่มีการจัดยานพาหนะที่มีผู้ร่วมเดินทางอย่างน้อย 2 คน ยกเว้นรถในประเภทรถโดยสารประจำทาง เป็นสถานการณ์ที่ให้ผลทั้งในด้านความเร็วเฉลี่ยและผลด้านเวลาในการเดินทางโดยรวมที่ดีที่สุด และเมื่อได้ประมวลผลโดยใช้สถานการณ์ที่ได้คัดเลือกนี้ในการปรับเปลี่ยนสัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษที่ระดับต่างๆ พบว่าในช่วงสัดส่วนยานพาหนะร้อยละ 45 ถึง 60 ให้ผลทางด้านจราจรที่ดีขึ้น ทั้งนี้ที่ระดับสัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษในช่วงร้อยละ 45 ถึง 55 เท่านั้นที่จะให้ประโยชน์โดยตรงต่อยานพาหนะในลักษณะพิเศษ และในการจัดระดับปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบที่ระดับต่าง ๆ ที่ระดับปริมาณจราจรในช่วง -20 ถึง +10 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับสภาวะที่ทำการศึกษา ที่ให้ผลทั้งทางด้านความเร็วเฉลี่ยและเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวมที่ยังคงประสิทธิภาพอยู่

4.2 การจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษ

การจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษในระดับพื้นที่ย่อยนี้ได้แบ่งการประเมินผลออกเป็น 2 ระดับ คือการคัดเลือกรูปแบบการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ระบบและการกำหนดสัดส่วนปริมาณจราจรเข้าใช้ระบบที่ระดับต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

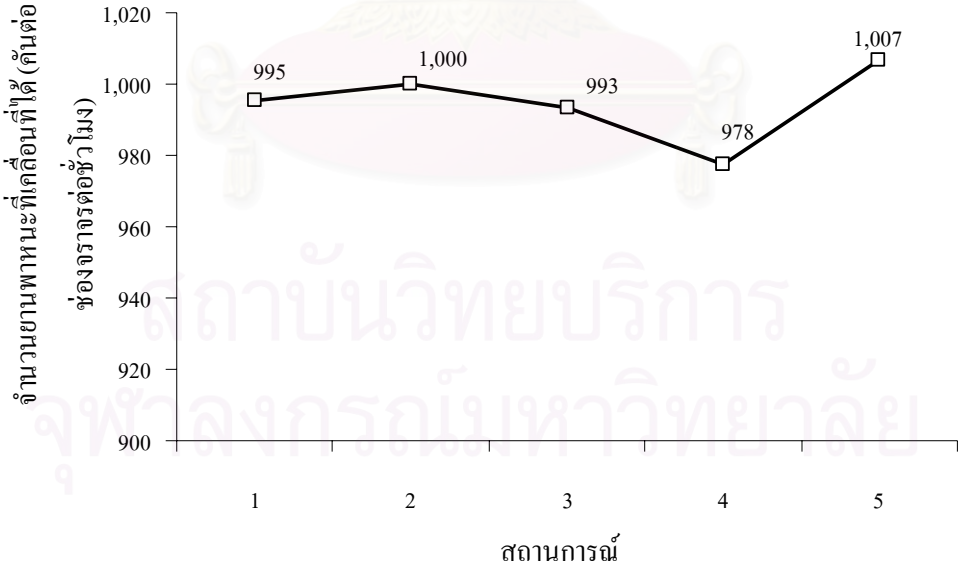
4.2.1 การคัดเลือกรูปแบบการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ระบบ

จากสถานการณ์จำลองทั้ง 5 สถานการณ์ ดังแสดงในตารางที่ 3.5 และรูปที่ 4.12 ซึ่งแสดงแต่ละสถานการณ์ที่แตกต่างกันในด้านลักษณะการจัดสัญญาณไฟควบคุมที่ได้คำนึงถึงสภาพการจราจร ณ ตำแหน่งต่างๆ กัน โดยทำการประเมินแนวทางการควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษเปรียบเทียบกับสถานการณ์ตั้งต้นซึ่งไม่มีการติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าในด้านความเร็วเฉลี่ยและเวลาในการเดินทางโดยรวมตลอดทั้งช่วงที่ทำการศึกษาและประเมินสภาวะการจราจรในบริเวณพื้นที่ที่ทำการติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้า



รูปที่ 4.12 รูปแบบการจัดสถานการณ์จำลองในการควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ

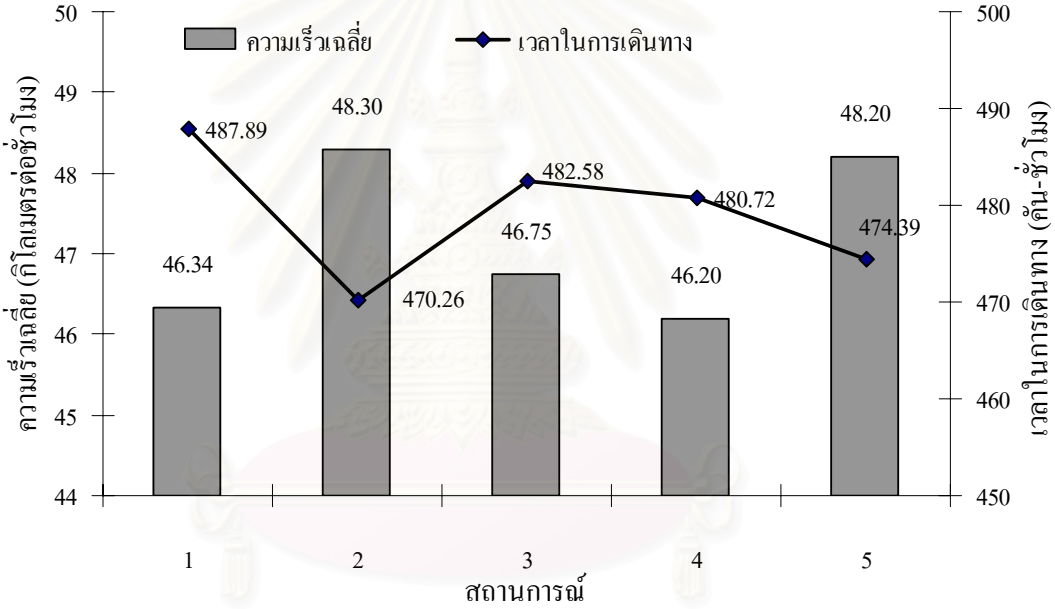
ทั้งนี้ในขั้นต้นได้ทำการตรวจสอบปริมาณการจราจรต่อพื้นที่ในสถานการณ์ที่ 2 ถึง 5 โดยเทียบกับสถานการณ์ที่ 1 ดังแสดงผลในรูปที่ 4.13 พบว่าทุกสถานการณ์ให้ผลที่ไม่แตกต่างที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 5 หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจราจรจากการทดสอบสถานการณ์ทั้งหมด



รูปที่ 4.13 จำนวนยานพาหนะในกระบวนการคัดเลือกรูปแบบการควบคุมการเข้าใช้ระบบ

ในรูปที่ 4.14 แสดงผลการประเมินในด้านความเร็วเฉลี่ยและเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวมในแต่ละสถานการณ์ทดสอบ จากการวิเคราะห์ผลพบว่าในสถานการณ์ที่ 2 เป็นสถานการณ์ที่ดีที่สุดเมื่อพิจารณาถึงผลทางด้านความเร็วเฉลี่ยที่ให้ค่าสูงกว่าในสถานการณ์ตั้งต้นที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 20 และเมื่อพิจารณาผลทางด้านเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวมสถานการณ์ที่ 2 จัดเป็นสถานการณ์ที่ดีที่สุดเช่นกัน

รูปที่ 4.15 แสดงผลการวิเคราะห์ในบริเวณพื้นที่ติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมโดยพิจารณาผลด้านความเร็วเฉลี่ย ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่มีการติดตั้งเครื่องตรวจวัดการจราจรได้แก่ พื้นที่บริเวณก่อนจุดติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมทางเข้าหรือจุดที่ 1 พื้นที่บริเวณทางเข้าระบบหรือจุดที่ 2 พื้นที่บริเวณจุดร่วมกระแสจราจรหรือจุดที่ 3 และพื้นที่บริเวณหลังจุดติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้า หรือจุดที่ 4

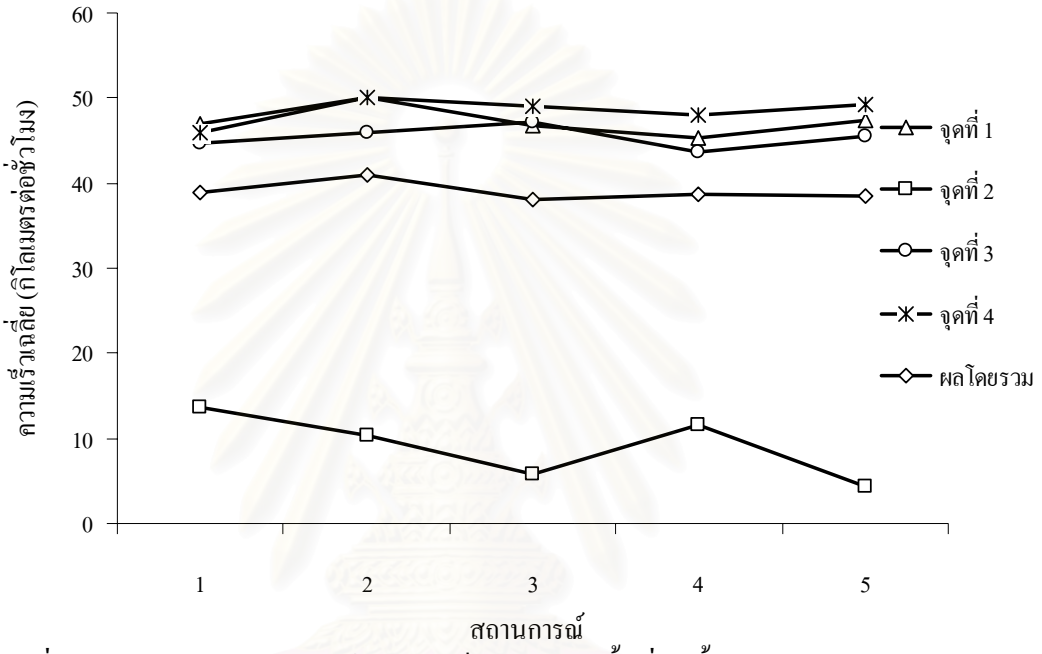


รูปที่ 4.14 ความเร็วและเวลาที่ใช้ในการเดินทางในกระบวนการคัดเลือกรูปแบบการควบคุมการเข้าใช้ระบบ

จากการประมวลผลสถานการณ์ทางเลือกต่าง ๆ ภายในบริเวณพื้นที่ติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ พบว่า

- พื้นที่บริเวณก่อนจุดติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมทางเข้าระบบ (จุดที่ 1) สถานการณ์ที่ 2 ให้ผลด้านความเร็วที่สูงที่สุดและมีความแตกต่าง จากสถานการณ์ที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 5
- พื้นที่บริเวณทางเข้าระบบ (จุดที่ 2) ทุกสถานการณ์ให้ผลด้านความเร็วที่ไม่มีความแตกต่างจากสถานการณ์ที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 5

- พื้นที่บริเวณจุดร่วมกระแสจราจร (จุดที่ 3) สถานการณ์ที่ 3 ให้ผลด้านความเร็วที่สูงที่สุด และแตกต่างจากสถานการณ์ที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 20
- พื้นที่บริเวณหลังจุดติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมทางเข้าระบบ (จุดที่ 4) สถานการณ์ที่ 2 3 และ 5 ให้ผลด้านความเร็วที่แตกต่าง และสูงกว่าสถานการณ์ที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 5



รูปที่ 4.15 ผลกระทบจราจรในด้านความเร็วในบริเวณพื้นที่ติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าทางพิเศษ

อีกทั้งเมื่อได้พิจารณาเส้นกราฟที่แสดงผลโดยรวมทั้งพื้นที่ติดตั้งสัญญาณไฟควบคุม ทั้ง 4 ตำแหน่งที่พิจารณา พบว่าสถานการณ์ที่ 2 ให้ผลด้านความเร็วที่สูงกว่าและมีความแตกต่างจากสถานการณ์ตั้งต้นที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 20 จากผลการทดสอบสภาวะการจราจรในพื้นที่ติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าในสถานการณ์ทางเลือกต่าง ๆให้ผลสรุปได้ว่าสถานการณ์ที่ 2 ที่มีการควบคุมโดยไฟสัญญาณแปรเปลี่ยนตามสถาพการจราจรทั้ง 3 ตำแหน่งสามารถปรับปรุงสภาพจราจรได้ในจุดที่ 1 และ 4 หรือตำแหน่งบนทางหลักทั้งก่อนและหลังจุดติดตั้งสัญญาณไฟจราจรควบคุมทางเข้าตามลำดับ

นอกจากนี้สถานการณ์ที่ 3 ที่มีการควบคุมโดยไฟสัญญาณแปรเปลี่ยนตามสภาพการจราจรบริเวณจุดที่ 1 และ 3 สามารถปรับปรุงสภาพจราจรได้เฉพาะจุดที่ 3 และ 4 หรือบริเวณพื้นที่ร่วมกระแสจราจรและบนทางหลักหลังจุดติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมทางเข้าตามลำดับ ในสถานการณ์ที่ 4 ที่มีการควบคุมไฟโดยสัญญาณแปรเปลี่ยนตามสภาพการจราจรบริเวณจุดที่ 1 และ

2 ไม่สามารถปรับปรุงสภาพจราจรในพื้นที่ติดตั้งได้ และในสถานการณ์ที่ 5 ที่มีการควบคุมโดยไฟสัญญาณแปรเปลี่ยนตามสภาพการจราจรบริเวณจุดที่ 1 สามารถปรับปรุงสภาพจราจรได้เฉพาะจุดที่ 4 หรือบนทางหลักหลังจุดติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมทางเข้า

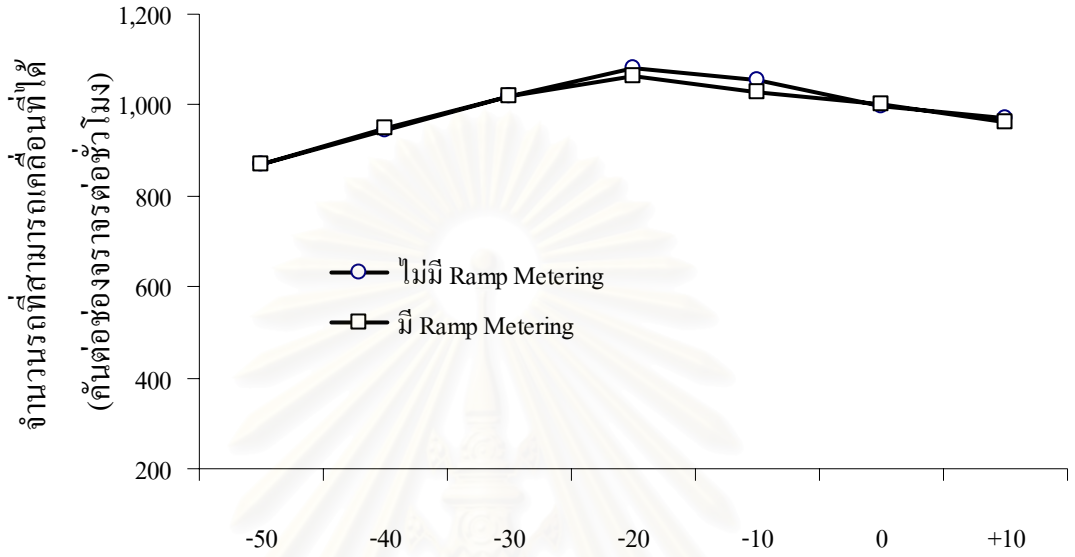
สรุปได้ว่าทั้งในการประเมินผลด้านจราจรตลอดช่วงพื้นที่ที่ศึกษาและในพื้นที่ติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้า ได้คัดเลือกสถานการณ์ที่ 2 ที่มีรูปแบบการควบคุมโดยไฟสัญญาณที่แปรเปลี่ยตามสภาวะการจราจรทั้ง 3 บริเวณเป็นสถานการณ์ทางเลือกที่ดีที่สุดและได้นำรูปแบบทางเลือกนี้ไปใช้ในการประมวลผลต่อไป

4.2.2 การกำหนดปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบที่ระดับต่าง ๆ

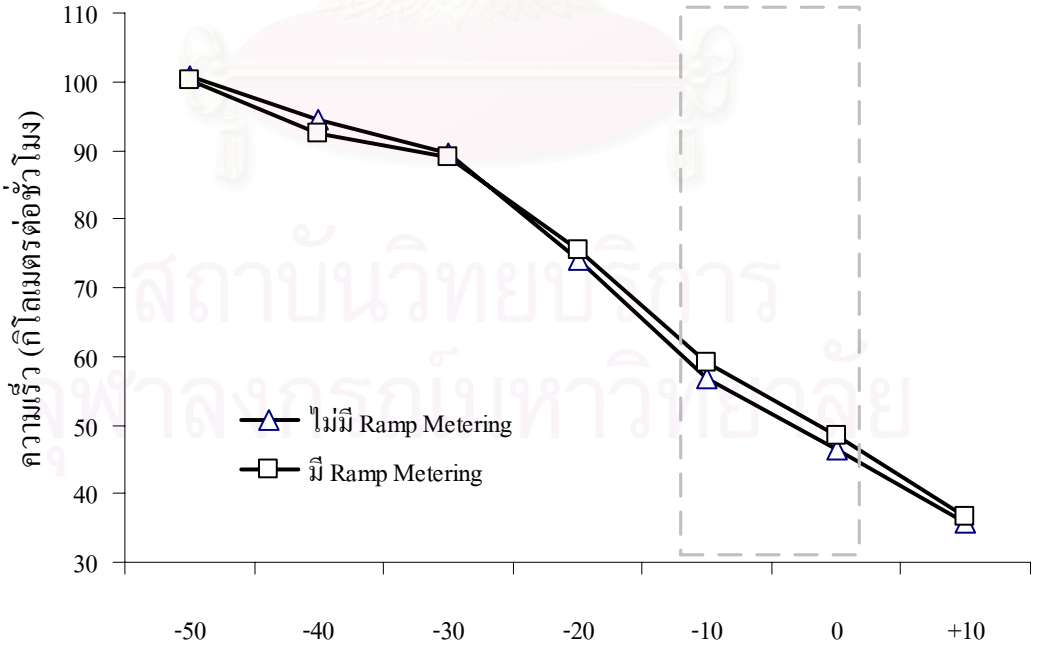
จากสถานการณ์จำลองที่ผ่านการคัดเลือกรูปแบบการควบคุมแล้วคือในสถานการณ์ที่ 2 ที่มีลักษณะการควบคุมแบบการใช้เครื่องตรวจวัดที่ติดตั้งทั้ง 3 ตำแหน่งได้แก่พื้นที่บริเวณก่อนจุดติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมทางเข้า พื้นที่บริเวณทางเข้าระบบและพื้นที่บริเวณจุดร่วมกระแสจราจร เพื่อใช้ในการควบคุมการจราจร ในส่วนนี้จะนำเสนอผลจากการปรับเปลี่ยนสัดส่วนปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบที่ระดับต่าง ๆ เมื่อเทียบกับปริมาณจราจรที่ทำการศึกษา เพื่อประเมินถึงระดับปริมาณผู้เดินทางที่มาตรการการจัดสัญญาณไฟควบคุมยังคงประสิทธิภาพของการดำเนินการอยู่ ผลจากการทดสอบในขั้นต้นได้พิจารณาปริมาณจราจรที่มีการปรับเปลี่ยนตามสัดส่วนต่าง ๆ พบว่าที่ระดับปริมาณจราจรสูงกว่าปริมาณจราจรที่ทำการศึกษาที่ระดับ +10 เปอร์เซ็นต์ เกิดข้อจำกัดในการปล่อยยวดยานบริเวณทางเข้าสู่ระบบดังที่ได้กล่าวรายละเอียดมาแล้ว และที่ระดับปริมาณจราจรต่ำกว่านี้ให้ผลการทดสอบที่ไม่มีความแตกต่างในด้านจำนวนยานพาหนะที่สามารถเคลื่อนที่ได้ในระบบอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 4.16

รูปที่ 4.17 พบว่าที่ระดับปริมาณจราจรที่เข้าใช้พื้นที่ในช่วงที่มีค่าน้อยกว่าระดับที่ทำการศึกษาร้อยละ 10 ถึงระดับปริมาณจราจรที่ทำการศึกษา (-10 ถึง 0 เปอร์เซ็นต์) การควบคุมบริเวณทางเข้าจะให้ผลทางด้านความเร็วที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีการติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 20 และรูปที่ 4.18 แสดงผลด้านเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวม พบว่าในช่วงระดับปริมาณจราจรที่มีค่าน้อยกว่าระดับที่ทำการศึกษาร้อยละ 20 ให้ผลทางด้านเวลาในการเดินทางโดยรวมที่ลดน้อยลงเมื่อมีการติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้า ในขณะที่ระดับปริมาณจราจรมีค่าที่น้อยกว่าในช่วงที่ผ่านการประเมินผลนั้น การจัดสัญญาณไฟควบคุมไม่ได้ช่วยลดเวลาในการเดินทางแก่ผู้ใช้ยวดยานได้

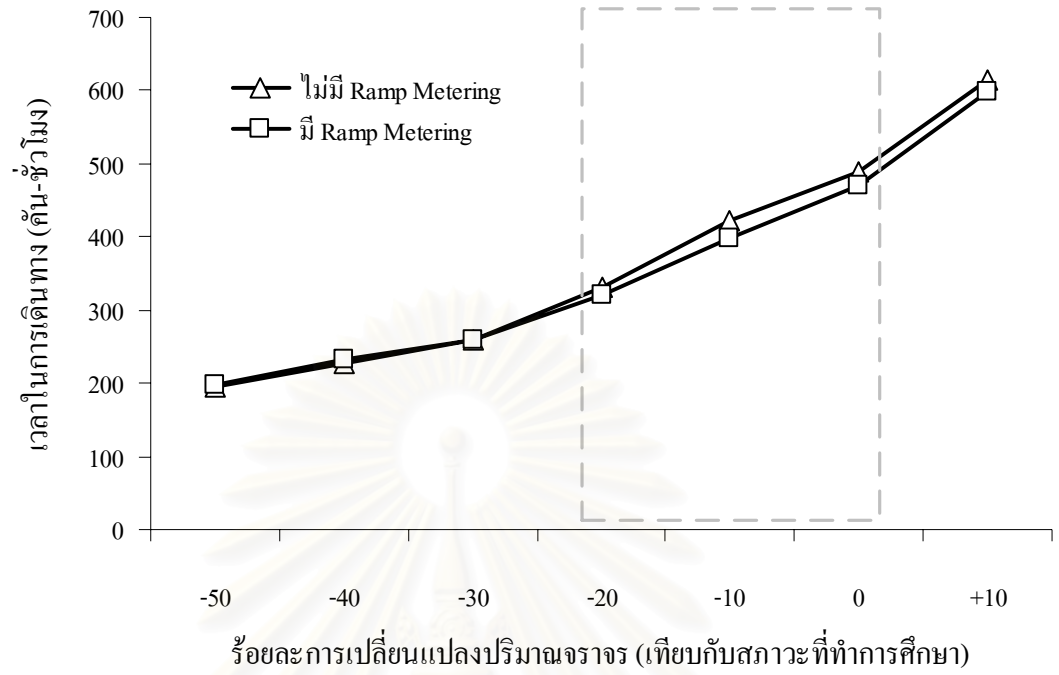
จากการประเมินผลการกำหนดปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบที่ระดับต่าง ๆ โดยการพิจารณาผลทางด้านความเร็วและเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวมตลอดช่วงที่ศึกษา พบว่าที่ระดับปริมาณจราจรน้อยกว่าระดับที่ทำการศึกษาร้อยละ 10 ถึงระดับปริมาณจราจรที่ทำการศึกษาเท่านั้นที่ให้ผลด้านจราจรที่ดีขึ้นเมื่อมีการนำมาตรการการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้ามาใช้



รูปที่ 4.16 การตรวจสอบปริมาณจราจรในการจัดการควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ



รูปที่ 4.17 ความเร็วเฉลี่ย ณ ระดับปริมาณจราจรต่าง ๆ ในการจัดการควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ



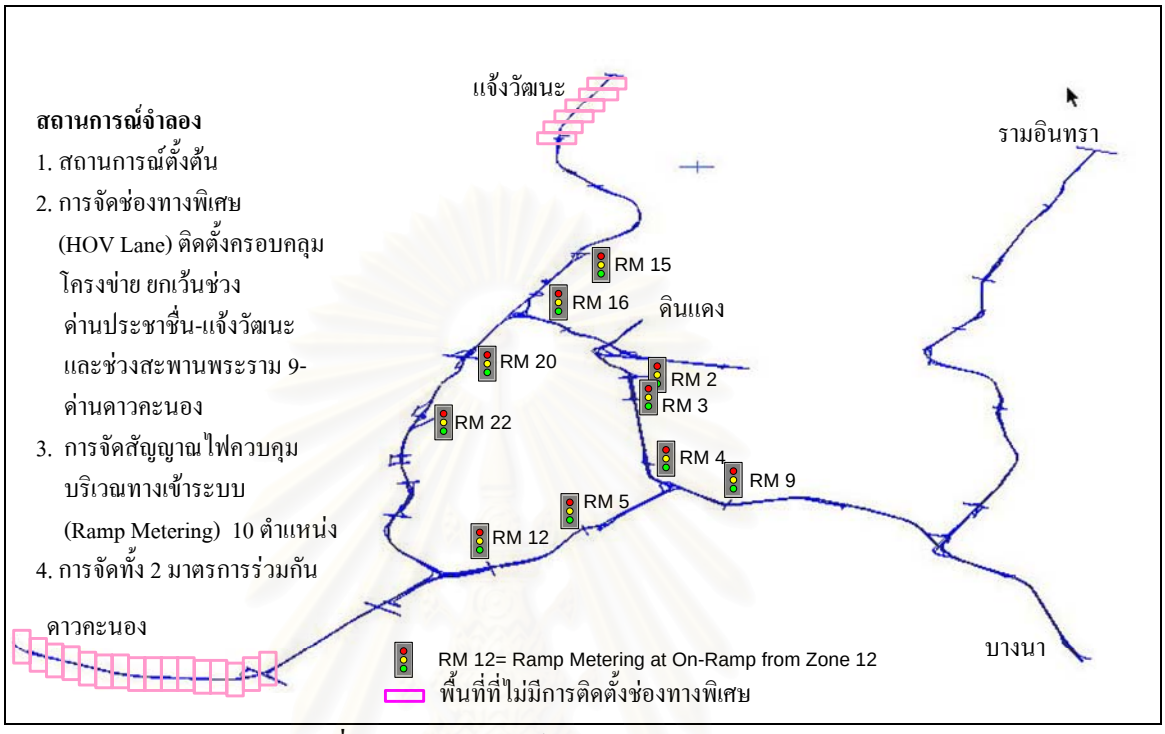
รูปที่ 4.18 เวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวม ณ ระดับปริมาณจราจรต่าง ๆ ในการจัดการควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ

ในการดำเนินการจัดการควบคุมบริเวณทางเข้าโดยการใช้การจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางที่มีการควบคุมแบบเป็นพื้นที่เดี่ยว โดยสรุปพบว่าการกำหนดอัตราไฟสัญญาณควบคุมจะขึ้นอยู่กับสภาพการจราจรที่ได้จากการใช้เครื่องตรวจวัดการจราจรใน 3 ตำแหน่งคือบนช่วงหลักก่อนเข้าสู่พื้นที่บริเวณติดตั้งสัญญาณไฟควบคุม บริเวณจุดร่วมกระแสจราจรจากทางหลักกับทางเข้าและบริเวณทางเข้าที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณแถวคอย เป็นรูปแบบการควบคุมที่ดีที่สุดเมื่อวิเคราะห์ผลทางด้านการจราจรและเมื่อมีการปรับเปลี่ยนสัดส่วนของปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบพบว่าที่ระดับปริมาณจราจรน้อยกว่าที่ระดับที่ทำการศึกษาร้อยละ 10 ที่ยังคงประสิทธิภาพในการดำเนินมาตรการการจัดสัญญาณไฟควบคุมทางเข้าทางพิเศษอยู่

4.3 การวิเคราะห์การจำลองมาตรการในระดับพื้นที่ทั้งโครงข่ายทางพิเศษ

จากการประเมินผลมาตรการในระดับพื้นที่ย่อยทำให้ทราบถึงรูปแบบและประสิทธิภาพในการควบคุม สำหรับทั้ง 2 มาตรการดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ในส่วนนี้จะได้นำเสนอการวิเคราะห์มาตรการในระดับพื้นที่โครงข่ายทางพิเศษ ดังที่ได้นำเสนอขอบเขตพื้นที่ศึกษาในบทที่ 1 เพื่อให้เห็นผลกระทบทางด้านการจราจรที่เกิดขึ้นจากการใช้มาตรการในภาพรวม สถานการณ์จำลองที่ได้พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 4 สถานการณ์ ได้แก่ มาตรการการจัดช่องทางพิเศษ

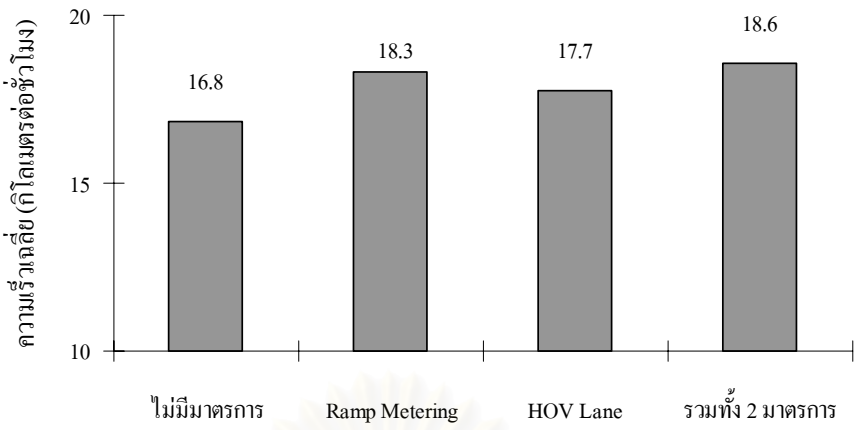
มาตรการการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ และการจัดทั้ง 2 มาตรการร่วมกันโดยใช้สถานการณ์ตั้งต้นที่ไม่มีการจัดมาตรการใด ๆ ในการเปรียบเทียบวิเคราะห์ผล ดังแสดงรายละเอียดสถานการณ์จำลองที่ได้พัฒนาขึ้นในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 สถานการณ์จำลองในระดับโครงข่าย

จากสถานการณ์จำลองทั้ง 4 สถานการณ์ได้ทำการประเมินผลในด้านการเปรียบเทียบผลระหว่างสถานการณ์ และส่วนการปรับเปลี่ยนปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบที่ระดับต่าง ๆ ในช่วง -50 ถึง +50 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับสภาวะระดับปริมาณจราจรที่ทำการศึกษา โดยพิจารณาค่าเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวมและระยะทางที่ยานพาหนะเดินทางได้เพื่อใช้ในการประเมินผลสถานการณ์ทางเลือกต่าง ๆ

รูปที่ 4.20 ถึง 4.22 แสดงผลด้านความเร็วเฉลี่ยในระบบ ระยะทางที่ยานพาหนะสามารถเดินทางได้และค่าเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวมตามลำดับ รวมทั้งได้แสดงผลปริมาณจราจรที่สามารถเข้าใช้ระบบได้ภายใต้สถานการณ์จำลองต่าง ๆ ซึ่งได้มีการตรวจสอบปริมาณจราจรในขั้นต้น พบว่า จากการจัดสถานการณ์จำลองขึ้นทั้ง 3 สถานการณ์ไม่มีความแตกต่างในด้านปริมาณจราจรเมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์ตั้งต้นที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 5 และเมื่อวิเคราะห์ผลด้านความเร็วเฉลี่ยในรูปที่ 4.20 พบว่าทั้ง 3 สถานการณ์จำลองให้ผลด้านความเร็วเฉลี่ยที่มีค่าสูงกว่าสถานการณ์ตั้งต้นที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 5 เช่นกัน

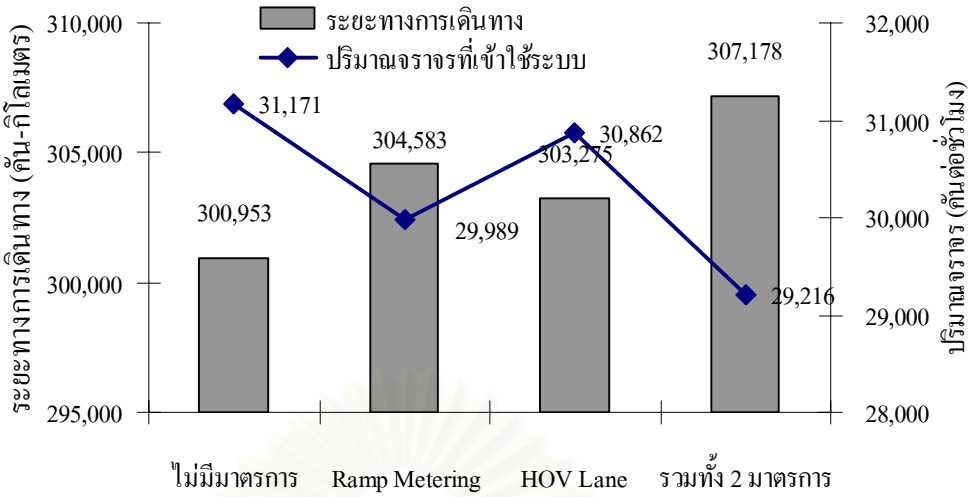


รูปที่ 4.20 ความเร็วเฉลี่ยจากการจัดสถานการณ์ต่าง ๆ ในระดับโครงข่ายทางพิเศษ

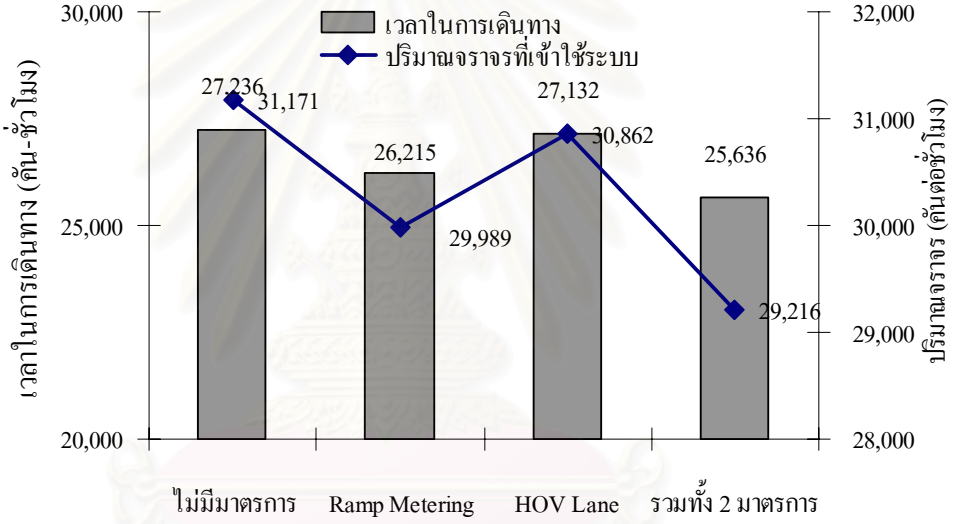
ในรูปที่ 4.21 ได้วิเคราะห์ผลในด้านระยะทางที่ยานพาหนะสามารถเดินทางได้ทั้ง 3 สถานการณ์ให้ผลที่ดีกว่าหรือมีความแตกต่างจากสถานการณ์ตั้งต้นอย่างที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 10 และในรูปที่ 4.22 ได้วิเคราะห์ผลค่าเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวม พบว่าสถานการณ์ที่มีการจัดมาตรการทั้ง 2 ประเภทและมาตรการการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าให้ผลที่ดีกว่าสถานการณ์ตั้งต้นและมีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 10 ในขณะที่การจัดช่องทางพิเศษให้ผลด้านเวลาที่ใช้ในการเดินทางที่น้อยกว่าสถานการณ์ตั้งต้นเช่นกัน แต่ไม่มีความแตกต่างภายใต้นัยสำคัญ

นอกจากนี้ได้ทำการประเมินผลเพิ่มเติมในส่วนการจัดการควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ เนื่องจากได้เล็งเห็นว่าการดำเนินการในลักษณะนี้จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อยานพาหนะที่ต้องการเข้าใช้ระบบที่เกิดขึ้นบริเวณทางเข้า ในส่วนนี้จึงได้นำเสนอผลด้านความล่าช้าในการเดินทางและความเร็วโดยเฉลี่ยที่เกิดขึ้น ณ ส่วนต่าง ๆ ของระบบทางพิเศษ ได้แก่บริเวณทางหลัก (Mainline) ทางออก (Off-Ramp) และทางเข้าสู่ระบบ (On-Ramp) ดังแสดงผลในรูปที่ 4.23 พบว่าอิทธิพลจากการติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการเดินทางบริเวณทางเข้าระบบพิ่มสูงขึ้นถึงร้อยละ 12.4 แต่เมื่อพิจารณาในภาพรวมทั้งระบบผลจากมาตรการสามารถช่วยลดความล่าช้าในการเดินทางลงได้ร้อยละ 2.6 เมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์ที่ไม่มีมาตรการ และให้ผลเช่นเดียวกันเมื่อพิจารณาจากค่าความเร็วเฉลี่ยที่เกิดขึ้นอิทธิพลจากการควบคุมบริเวณทางเข้าส่งผลให้ความเร็วโดยเฉลี่ยในบริเวณทางเข้าสู่ระบบมีค่าลดน้อยลง แต่ให้ค่าที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อพิจารณาผลในภาพรวมทั้งระบบ (ภายใต้การวิเคราะห์ผลแบบจำลองทั้ง 3 ชั่วโมงเร่งด่วน)

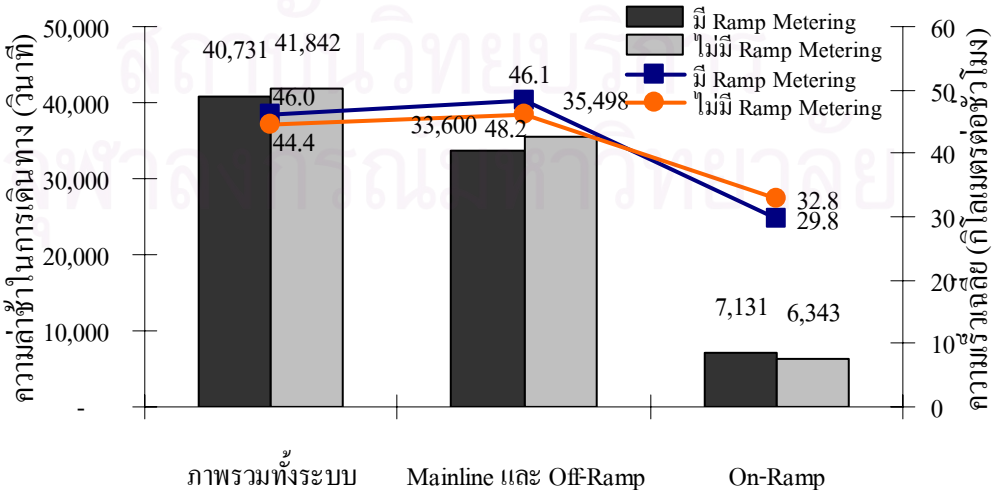
ทั้งนี้สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ทางเลือกต่าง ๆ ทั้ง 3 สถานการณ์ให้ข้อสรุปได้ว่าทั้ง 3 สถานการณ์ให้ผลทางด้านจราจรที่ดีขึ้นภายใต้สภาวะการจราจรที่ทำการศึกษา



รูปที่ 4.21 ระยะทางการเดินทางจากการจัดสถานการณ์ต่าง ๆ ในระดับโครงข่ายทางพิเศษ



รูปที่ 4.22 เวลาในการเดินทางจากการจัดสถานการณ์ต่าง ๆ ในระดับโครงข่ายทางพิเศษ

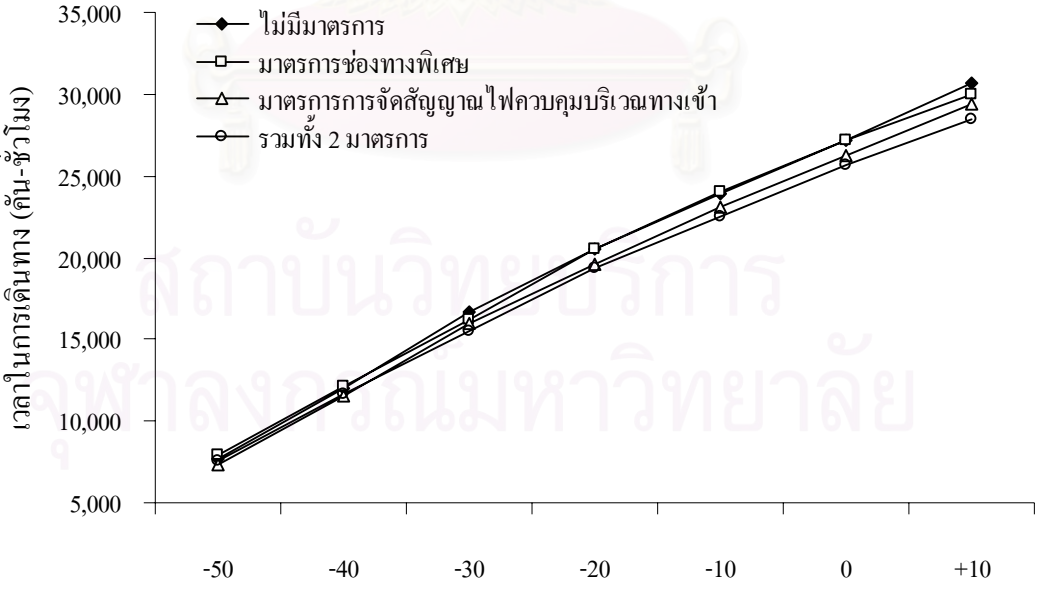


รูปที่ 4.23 ผลด้านจราจรจากการควบคุมทางเข้าตามลักษณะพื้นที่

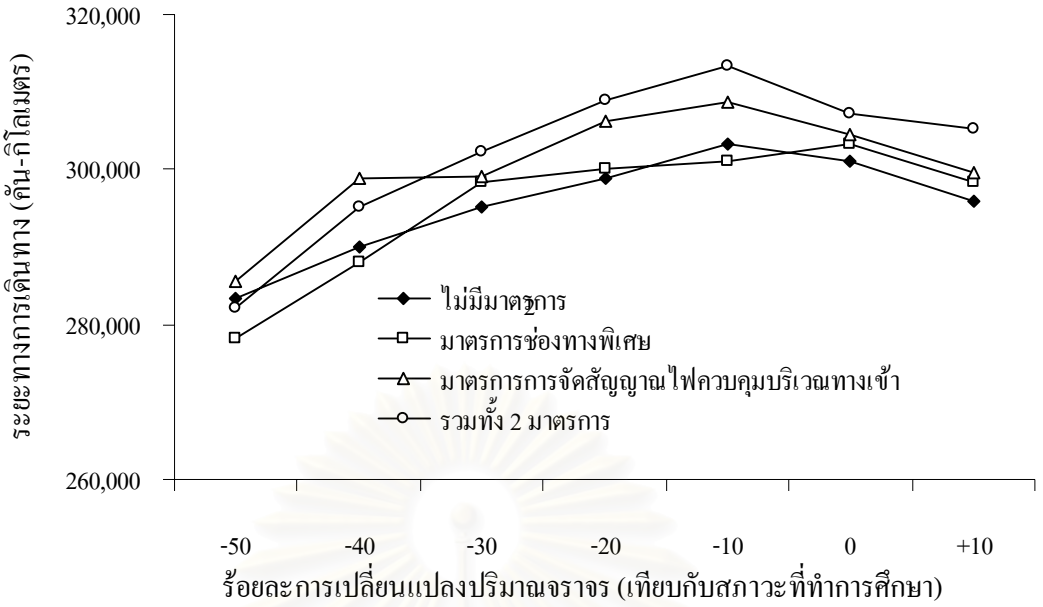
จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นมีข้อจำกัดในด้านการจัดปล่อยรถที่ระดับปริมาณจราจรที่สูงกว่าระดับที่ทำการศึกษาที่ร้อยละ 10 ด้วยสาเหตุที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นการคัดเลือกสถานการณ์ทางเลือกต่าง ๆ จะพิจารณาเฉพาะที่ระดับประมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบที่น้อยกว่าที่ระดับนี้เท่านั้น

รูปที่ 4.24 และ 4.25 แสดงผลที่ได้จากการปรับเปลี่ยนสัดส่วนปริมาณจราจรที่ระดับต่าง ๆ พบว่า

- การจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าให้ผลทั้งทางด้านเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวมที่ลดลงและระยะทางทั้งหมดที่เดินทางได้ที่เพิ่มสูงขึ้นที่ทุกระดับปริมาณจราจรให้ผลที่สูงกว่ากรณีที่ไม่มีการจัดมาตรการใดๆ ที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 10
- การจัดช่องทางพิเศษ ให้ผลในด้านเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวมและค่าระยะทางทั้งหมดที่เดินทางได้ที่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์ที่ไม่มีการจัดมาตรการที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 10
- การรวมมาตรการทั้ง 2 ประเภท ให้ผลทั้งทางด้านเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวมที่ลดลงและระยะทางทั้งหมดที่เดินทางได้ที่สูงขึ้นที่ระดับปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบสูงกว่าที่ระดับ -30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ผลที่สูงกว่ากรณีที่ไม่มีการจัดมาตรการใดๆ ที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 10



รูปที่ 4.24 เวลาในการเดินทางโดยรวมบนระบบทางพิเศษ



รูปที่ 4.25 ระยะทางที่ยานพาหนะในระบบสามารถเดินทางได้บนระบบทางพิเศษ

จากการวิเคราะห์ผลมาตรการในระดับพื้นที่ทั้งโครงข่ายทางพิเศษ โดยการดำเนินมาตรการจัดช่องทางพิเศษและมาตรการควบคุมไฟสัญญาณในบริเวณทางเข้าทางพิเศษหรือเมื่อดำเนินการทั้ง 2 มาตรการพร้อมกัน สรุปผลได้ว่าการจัดมาตรการช่องทางพิเศษทั่วทั้งระบบโครงข่ายทางพิเศษไม่ได้ให้ผลทางด้านจราจรที่ดีขึ้น ในขณะที่การจัดสัญญาณไฟควบคุมทางเข้าระบบที่มีการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาที่ประสบปัญหาจราจรในการติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมสามารถปรับปรุงสภาพการจราจรให้ดีขึ้นที่ทุกระดับปริมาณจราจรที่เข้าใช้ทางพิเศษและในกรณีที่มีการจัดมาตรการทั้งสองประเภทร่วมกันผลจากการดำเนินมาตรการสามารถปรับปรุงสภาพจราจรได้เฉพาะในช่วงที่มีระดับปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบในช่วงที่มีปริมาณจราจรน้อยกว่าระดับที่ทำการศึกษาร้อยละ 30 ถึงระดับที่มีปริมาณจราจรสูงกว่าระดับที่ทำการศึกษาร้อยละ 10 (-30 ถึง +10 เปอร์เซ็นต์)

4.4 สรุป

รายละเอียดทั้งหมดที่ได้กล่าวมาเป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองที่ได้พัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ทางเลือกต่าง ๆ ซึ่งได้ผ่านการประเมินความเหมาะสมในด้านผลกระทบด้านจราจรจากการดำเนินมาตรการการจัดช่องทางพิเศษและการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าระบบทั้งในระดับพื้นที่ย่อยหรือระบบทางพิเศษในช่วงดินแดง-ต่างระดับท่าเรือเพื่อตัดสินรูปแบบมาตรการทั้ง 2 ประเภทและในระดับพื้นที่โครงข่ายทางพิเศษเพื่อประเมินผลในภาพรวม ทั้งนี้ในการอภิปรายผลและสรุปผลการศึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ จะนำเสนอในส่วนต่อไป

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลกระทบด้านจราจรของมาตรการช่องทางพิเศษและการควบคุมทางเข้าบนระบบทางพิเศษในเขตกรุงเทพมหานครมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองการจราจรในระดับจุลภาคบนระบบทางพิเศษเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์สภาวะการจราจรคับคั่งในช่วงเร่งด่วนของวัน ซึ่งได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองในมาตรการการจัดช่องทางพิเศษ และการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษเพื่อประเมินแนวทางการจัดการกับสภาพปัญหาหรือสามารถนำผลการศึกษาที่ได้ไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการตัดสินใจเพื่อใช้ในการกำหนดนโยบายต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงแก้ไขปัญหาการจราจรให้มีประสิทธิภาพแก่ระบบโดยรวมต่อไปได้

5.1 การอภิปรายผลการศึกษา

การอภิปรายผลการศึกษาในส่วนนี้ได้จำแนกออกเป็น 2 ส่วนตามมาตรการที่ได้ศึกษา นั่นคือการจัดช่องทางพิเศษและการควบคุมทางเข้าบนระบบทางพิเศษ ทั้งนี้กระบวนการประเมินผลจะเน้นในด้านการพิจารณารูปแบบ ข้อกำหนด และประสิทธิภาพในการดำเนินการของแต่ละมาตรการ ซึ่งได้ทำการประมวลผลในระดับพื้นที่ย่อยนั่นคือระบบทางพิเศษในช่วงดินแดงถึงต่างระดับท่าเรือและการประเมินผลในระดับโครงข่ายทางพิเศษเพื่อความสามารถที่จะนำผลที่ได้ไปใช้ในการตัดสินใจหรือใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้ต่อไป ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

- การจัดช่องทางพิเศษ

รูปแบบการจัดยานพาหนะในการใช้ช่องทางพิเศษที่ผ่านการคัดเลือกได้แก่ ยานพาหนะที่มีผู้ร่วมเดินทางอย่างน้อย 2 คนยกเว้นรถโดยสารประจำทางเป็นสถานการณ์ที่ให้ผลทางด้านการจราจรที่ดีที่สุด เนื่องจากในสถานการณ์ทางเลือกที่ได้กำหนดขึ้นเกิดจากการจัดสถานการณ์ตามจำนวนผู้เดินทางต่อคันที่มีผู้ร่วมเดินทางอย่างน้อย 2 (2+) , 3 คน (3+) และรถโดยสารประจำทางที่ระดับสัดส่วนต่าง ๆ ทั้งนี้ด้วยสัดส่วนของยานพาหนะในลักษณะพิเศษในแต่ละสถานการณ์ที่ค่อนข้างมีความแตกต่างกันสูง เช่นการจัดช่องทางพิเศษสำหรับยานพาหนะประเภท 3+ ซึ่งสัดส่วนของยานพาหนะประเภทนี้ในระบบมีค่อนข้างต่ำ ส่งผลให้ยานพาหนะที่ใช้ช่องทางปกติต้องประสบกับสภาวะการจราจรติดขัดเนื่องจากสภาพการจำกัดการใช้ช่องทาง และเช่นเดียวกันกับในสถานการณ์ที่จัดให้รถโดยสารประจำทางเป็นยานพาหนะในลักษณะพิเศษ ยิ่งไปกว่านั้น ยานพาหนะประเภทนี้ยังมีข้อจำกัดในด้านความเร็วสูงสุดที่ส่งผลกระทบต่อยานพาหนะใน

ลักษณะพิเศษประเภทอื่นที่เข้าใช้ช่องทางพิเศษ ส่งผลให้สภาพการจราจรที่แย่ลงกว่าสภาพปกติที่ไม่มีการจัดช่องทางพิเศษให้รถโดยสารประจำทาง

ทั้งนี้ลักษณะการจัดยานพาหนะเข้าใช้ช่องทางพิเศษนั้นได้จัดสิทธิการใช้ช่องทางให้ยานพาหนะในลักษณะพิเศษเท่านั้น ซึ่งไม่ได้ควบคุมการใช้ช่องทางอย่างเคร่งครัด นั่นคือยานพาหนะในลักษณะพิเศษสามารถเลือกใช้ช่องทางในการเดินทางได้ตามความพึงพอใจเพื่อการเดินทางที่รวดเร็วกว่า ในขณะที่ยานพาหนะปกติใช้ช่องทางปกติเดินทาง ทั้งนี้สัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษที่ผ่านการประเมินผลรูปแบบในขั้นต้นนั้นมีประมาณร้อยละ 51 เมื่อเทียบกับยานพาหนะทุกประเภทในระบบ ที่สภาวะที่มีความหนาแน่นของการจราจรประมาณ 40 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร และเพื่อความยืดหยุ่นในรูปแบบการควบคุมในลักษณะนี้ จึงได้มีการตรวจสอบระดับสัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษที่มีอยู่ในระบบและระดับปริมาณจราจรทั้งหมดเพื่อประสิทธิภาพในการดำเนินการ

จากการประเมินสามารถให้ผลสรุปได้ว่าระดับสัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษที่มีอยู่ในระบบควรอยู่ในช่วงร้อยละ 45 ถึง 55 เทียบกับปริมาณจราจรทั้งหมด ที่ยังคงให้การจัดช่องทางพิเศษประเภทที่ยอมให้ยานพาหนะที่มีผู้ร่วมเดินทางอย่างน้อย 2 คนยกเว้นรถโดยสารประจำทางยังคงประสิทธิภาพในการดำเนินการประเภทนี้อยู่ และระดับปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบที่ระดับต่าง ๆ ที่ระดับปริมาณจราจรน้อยกว่าที่ระดับ +10 เปอร์เซ็นต์หรือที่ระดับความหนาแน่นการจราจรมีค่าน้อยกว่า 59 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจรให้ผลทางด้านจราจรโดยรวมสำหรับยานพาหนะทุกประเภทที่ยังคงประสิทธิภาพในการดำเนินช่องทางพิเศษอยู่ ซึ่งให้ผลสรุปได้ว่าที่ระดับปริมาณจราจรในช่วง -20 ถึง +10 เปอร์เซ็นต์หรือที่ระดับความหนาแน่นการจราจรมีค่าระหว่าง 24 ถึง 59 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจรเท่านั้นที่ผู้ใช้ระบบที่เป็นยานพาหนะในลักษณะพิเศษที่สามารถใช้ช่องทางพิเศษเพื่อการเดินทางที่รวดเร็วกว่า

ในกระบวนการประเมินผลในระดับพื้นที่โครงข่ายทางพิเศษในการจำลองมาตรการช่องทางพิเศษสำหรับยานพาหนะที่มีผู้ร่วมเดินทางอย่างน้อย 2 คนยกเว้นรถโดยสารประจำทาง ซึ่งได้ดำเนินการจัดช่องทางพิเศษทั่วพื้นที่โครงข่าย ยกเว้นช่วงระบบทางพิเศษที่มีจำนวนช่องทางต่อทิศทางน้อยกว่า 3 ช่องทาง ได้ทำการประเมินผลการจัดช่องทางพิเศษที่สภาวะการจราจรที่ทำการศึกษา และได้มีการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยการปรับเปลี่ยนปริมาณจราจรในระดับต่าง ๆ สรุปได้ว่าการจัดช่องทางพิเศษให้ผลที่ไม่มีความแตกต่างจากกรณีที่ไม่มีการดำเนินมาตรการนี้ นั่นคือการดำเนินมาตรการช่องทางพิเศษนี้ไม่สามารถปรับปรุงสภาพการจราจรในภาพรวมให้ดีขึ้นได้ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจาก สภาวะการจราจรบนระบบทางด่วนในแต่ละช่วงของทางพิเศษที่มีสภาวะการจราจรที่ค่อนข้างแตกต่างกันสูง เช่นในพื้นที่ในช่วงดินแดงถึงต่างระดับท่าเรือที่เป็นพื้นที่ย่อยที่นำมาใช้ตัดสินใจเลือกรูปแบบมาตรการในขั้นต้นนั้น มีสภาพการจราจรที่ค่อนข้างติดขัด (LOS F)ในขณะที่พื้นที่ในช่วงรามอินทรา- ต่างระดับอาจณรงค์ ที่มีสภาพการจราจร

ที่ค่อนข้างคล่องตัว (LOS C) การจัดช่องทางพิเศษอาจจะก่อให้เกิดความปั่นป่วนของกระแสการจราจรได้โดยเฉพาะปัจจัยในด้านการเปลี่ยนช่องทาง ดังนั้นควรมีการคัดเลือกพื้นที่ในการดำเนินการช่องทางพิเศษเพื่อให้ผลทางด้านการจราจรจากการดำเนินมาตรการให้ผลที่ดียิ่งขึ้น

- การจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษ

รูปแบบการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ระบบที่ผ่านการประเมินผลคัดเลือกสถานการณ์ที่ดีที่สุด ได้แก่การจัดสัญญาณไฟควบคุมที่ขึ้นอยู่กับสภาพการจราจรที่ได้จากการใช้เครื่องตรวจวัด 3 ตำแหน่งคือบนช่วงหลักก่อนเข้าสู่พื้นที่บริเวณติดตั้งสัญญาณไฟควบคุม บริเวณจุดร่วมกระแสจราจรจากทางหลักกับทางเข้า และบริเวณทางเข้าที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณแถวคอยเนื่องจากการควบคุมในลักษณะนี้สามารถปรับปรุงสภาพการจราจรในบริเวณพื้นที่ติดตั้งสัญญาณไฟบนช่วงก่อนและหลังบนทางหลักจากจุดติดตั้งสัญญาณไฟได้ รวมทั้งสามารถปรับปรุงสภาพการจราจรตลอดช่วงพื้นที่ที่ทำการศึกษาได้อีกด้วย

ทั้งนี้สภาวะการจราจรที่ทำการศึกษาในการประเมินรูปแบบการจัดสัญญาณไฟควบคุมให้สภาวะที่มีความหนาแน่นด้านการจราจรมีค่าประมาณ 40 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร ซึ่งเมื่อได้ประเมินผลเพื่อตรวจสอบความยืดหยุ่นในความสามารถในการจัดการควบคุมในลักษณะนี้ในด้านสัดส่วนประมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบทั้งหมด พบว่าปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบในช่วงตั้งแต่ -10 เปอร์เซ็นต์ถึงสภาวะที่ทำการศึกษาหรือที่สภาวะการจราจรที่มีความหนาแน่นในช่วง 36 ถึง 40 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร ที่ยังคงประสิทธิภาพในการดำเนินมาตรการการจัดสัญญาณไฟควบคุมทางเข้าที่มีรูปแบบการควบคุมที่ขึ้นอยู่กับสภาพจราจร 3 ตำแหน่ง

การประเมินผลมาตรการในระดับพื้นที่ทั้งโครงข่ายทางพิเศษในการจำลองมาตรการควบคุมไฟสัญญาณในบริเวณทางเข้าทางพิเศษที่มีการควบคุมขึ้นอยู่กับสภาพการจราจร 3 ตำแหน่งคือบนช่วงหลักก่อนเข้าสู่พื้นที่บริเวณติดตั้งสัญญาณไฟควบคุม บริเวณจุดร่วมกระแสจราจรจากทางหลักกับทางเข้า และบริเวณทางเข้าที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณแถวคอย โดยการคัดเลือกพื้นที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรในบริเวณที่สภาพการจราจรบนทางหลักในพื้นที่นั้นๆ มีระดับการให้บริการอยู่ที่ระดับ F รวมทั้งหมด 10 พื้นที่ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ที่ประสบสภาวะการติดขัดทางด้านจราจร ซึ่งได้มีการตรวจสอบประสิทธิภาพการดำเนินการของระบบที่สภาวะการจราจรที่ทำการศึกษาซึ่งให้ค่าความหนาแน่นด้านจราจรโดยเฉลี่ยทั้งระบบประมาณ 26 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร หรือที่ระดับการให้บริการ E และที่ระดับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจราจร ณ ระดับต่าง ๆ สรุปได้ว่าที่ระดับปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบน้อยกว่าที่ระดับ +10 เปอร์เซ็นต์หรือที่สภาวะการจราจรที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า 35 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจรสามารถปรับปรุงสภาพการจราจรให้ดีขึ้น

ทั้งนี้ได้มีการประเมินผลการจัดมาตรการทั้งสองประเภทร่วมกันโดยที่ข้อกำหนดต่าง ๆ ยังคงเป็นรูปแบบเดิมอยู่ โดยทำการประเมินผลที่สภาวะการจราจรที่ทำการศึกษา

และทำการปรับเปลี่ยนปริมาณจราจรที่เข้าสู่ระบบที่ระดับต่าง ๆ ผลจากการประเมินพบว่าการดำเนินมาตรการสามารถปรับปรุงสภาพจราจรได้เฉพาะในช่วงที่มีระดับปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบในช่วง -30 ถึง +10 เปอร์เซ็นต์หรือที่สภาวะการจราจรที่มีความหนาแน่นในช่วง 17 ถึง 35 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจรเท่านั้น

5.2 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาผลกระทบด้านจราจรของมาตรการช่องทางพิเศษและการควบคุมทางเข้าบนระบบทางพิเศษในเขตกรุงเทพมหานครโดยการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการพัฒนาแบบจำลองการจราจรในระดับจุลภาค ที่ผ่านกระบวนการพัฒนาต่าง ๆ จนได้แบบจำลองทางด้านจราจรที่เป็นตัวแทนระบบโครงข่ายทางพิเศษ ซึ่งมีความยืดหยุ่นที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างหลากหลาย ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาระบบทางพิเศษให้มีประสิทธิภาพ สามารถจัดการกับทุกสภาพปัญหาที่กำลังประสบอยู่ หรือสามารถในไปใช้ในการประเมินรูปแบบการจัดการต่าง ๆ ที่คาดว่าน่าจะให้ผลประโยชน์ต่อระบบการจัดการให้สูงขึ้นได้

ในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้ศึกษามาตรการการจัดช่องทางพิเศษและการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษ ซึ่งมาตรการเหล่านี้ให้ประสบการณ์ที่เป็นประโยชน์สูงมากจากการดำเนินการในต่างประเทศ และคาดว่าน่าจะให้ผลที่ดีเช่นกันเมื่อได้นำมาใช้ในประเทศไทย จึงได้มีการประเมินผลมาตรการทั้งสองประเภทนี้ โดยพบว่า

- มาตรการการจัดช่องทางพิเศษ การดำเนินการในลักษณะช่องทางพิเศษทิศทางเดียวกับการจราจร ดำเนินการในช่วงเวลาเร่งด่วนของวัน โดยจัดช่องทางด้านในสุดชิดเกาะกลางเป็นช่องทางพิเศษมีการควบคุมการใช้ช่องทางอย่างเคร่งครัด โดยการห้ามยานพาหนะที่ไม่มีลักษณะพิเศษเข้าใช้ช่องทางพิเศษที่ได้จัดขึ้นแต่ยานพาหนะในลักษณะพิเศษสามารถเลือกใช้ช่องทางอื่นได้เพื่อประโยชน์ที่ผู้ขับขี่จะได้รับจากการเดินทางเอง โดยมีรูปแบบการจัดยานพาหนะในการใช้ช่องทางพิเศษคือยานพาหนะที่มีผู้ร่วมเดินทางอย่างน้อย 2 คน ยกเว้นรถโดยสารประจำทางภายใต้สัดส่วนยานพาหนะในลักษณะพิเศษในช่วงร้อยละ 45 ถึง 55 เมื่อเทียบกับปริมาณจราจรทั้งหมดและระดับปริมาณจราจรที่ระดับความหนาแน่นการจราจรมีค่าในช่วง 24 ถึง 59 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร ที่ยังคงดำเนินการมาตรการในลักษณะนี้ได้ และจากการประเมินผลในระดับพื้นที่ทั้งโครงข่ายทางพิเศษไม่สามารถให้ผลทางด้านจราจรที่ดีกว่าสภาวะปกติ ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงสภาวะการจราจรในแต่ละพื้นที่ที่จะดำเนินการติดตั้งช่องทางพิเศษด้วย ดังแสดงผลในภาพรวมในรูปที่ 5.1

การจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษซึ่งมีกระบวนการควบคุมบริเวณทางเข้าทางพิเศษด้วยสัญญาณไฟจราจรแบบเป็นพื้นที่เดี่ยว มีการจัดรอบสัญญาณขึ้นกับสภาวะการจราจรที่มีค่าอัตราการควบคุมที่ขึ้นอยู่กับสภาพการจราจร 3 ตำแหน่งคือบนช่วงหลักก่อนเข้าสู่พื้นที่บริเวณติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมบริเวณจุดร่วมกระแสจราจรจากทางหลักกับทางเข้าและบริเวณทางเข้าที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณแถวคอยภายใต้สภาวะการจราจรที่มีความหนาแน่นในช่วง 36 ถึง 40 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจรที่ยังคงประสิทธิภาพในการดำเนินมาตรการอยู่ และในภาพรวมทั้งระบบโครงข่ายทางพิเศษ การดำเนินมาตรการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าสามารถปรับปรุงการจราจรในระบบได้ดีขึ้น ดังแสดงผลในภาพรวมในรูปที่ 5.1

การศึกษานี้สามารถให้ผลสรุปในด้านจราจรในมาตรการการจัดช่องทางพิเศษและการควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ ภายใต้สภาวะการจราจรที่ดำเนินการศึกษาในรูปแบบการดำเนินการดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นที่ผ่านการคัดเลือกในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าในด้านมูลค่าของเวลาของผู้เดินทางสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคลในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครที่มีการแนะนำโดยสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและการจราจร ในโครงการศูนย์ข้อมูลและแบบจำลองด้านจราจรและการขนส่ง (ระยะที่ 2) ที่ให้ค่า 75 บาทต่อชั่วโมง สรุปได้ว่า

- การดำเนินการจัดช่องทางพิเศษ สามารถลดระยะเวลาการเดินทางโดยรวมลงได้ร้อยละ 0.4 หรือคิดเป็นมูลค่าที่สามารถประหยัดจากการเดินทางลงได้ 8,100 บาท
- การดำเนินการในการควบคุมบริเวณทางเข้าทางพิเศษ สามารถลดระยะเวลาการเดินทางโดยรวมลงได้ร้อยละ 3.7 หรือคิดเป็นมูลค่าที่สามารถประหยัดจากการเดินทางลงได้ 79,400 บาท และ
- การดำเนินการจัดช่องทางพิเศษร่วมกับการควบคุมบริเวณทางเข้าทางพิเศษสามารถลดระยะเวลาการเดินทางโดยรวมลงได้ร้อยละ 5.9 หรือคิดเป็นมูลค่าที่สามารถประหยัดจากการเดินทางลงได้ 124,400 บาท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.1 สรุปผลการศึกษา

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากประสบการณ์ที่ได้จากการศึกษานี้สามารถให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมได้ในหลายประเด็น เช่น แบบจำลองคอมพิวเตอร์ถือเป็นวิธีการใหม่ที่วิศวกรได้นำมาใช้ทดลอง ทดสอบหาประสิทธิภาพในจำลองสภาพการจราจร และ ประเมินความถูกต้องของนโยบายก่อนการนำไปใช้จริง ซึ่งผลการศึกษาอาจเบี่ยงเบนจากความเป็นจริงได้ เนื่องมาจากข้อจำกัดของโปรแกรมแบบจำลอง ผลดังกล่าวย่อมทำให้แบบจำลองลดความน่าเชื่อถือในคำตอบของแบบจำลองนั้น ๆ ดังนั้นผู้อ่านควรแปลผลการศึกษาด้วยความรอบคอบและคำนึงถึงข้อจำกัดดังกล่าว

แบบจำลองคอมพิวเตอร์โครงข่ายระบบทางพิเศษที่ได้พัฒนาขึ้นในการศึกษานี้ได้ผ่านการปรับแก้และตรวจสอบความถูกต้องซึ่งมีความถูกต้องและมีลักษณะที่ใกล้เคียงสภาพความเป็นจริงในระดับหนึ่ง แต่ทั้งนี้การพัฒนาแบบจำลองนี้ได้อ้างอิงข้อมูลที่ได้นำมาใช้ ซึ่งเป็นข้อมูล

ล่าสุดที่มีการเก็บรวบรวมโดย การทางพิเศษ แห่งประเทศไทย เมื่อปี 2541 ทั้งข้อมูลในด้านการจราจรและข้อมูลด้านกายภาพ ดังนั้นโครงข่ายทางพิเศษที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ไม่ได้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งมีการต่อส่วนขยายต่าง ๆ ครอบคลุมพื้นที่กว้างขวางขึ้น ถ้ามีการพัฒนาแบบจำลองแทนระบบโครงข่ายทั้งหมดและใช้ข้อมูลด้านการจราจรที่เป็นปัจจุบันจะเป็นผลดีต่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลและตัดสินใจได้ดียิ่งขึ้น

จากการพัฒนาแบบจำลองและประยุกต์ใช้แบบจำลองในการประเมินความเหมาะสมในแนวทางการจัดการบนระบบทางพิเศษโดยการใช้งานโปรแกรม PARAMICS พบได้ว่าการใช้งานโปรแกรมนี้สามารถใช้งานได้ง่าย สะดวกต่อการพัฒนาแบบจำลอง การประมวลผลและการแสดงผล รวมทั้งการวิเคราะห์ผลข้อมูล ทั้งนี้มาตรการที่ได้คัดเลือกเพื่อประเมินผลความเหมาะสมที่จะนำมาใช้กับระบบทางพิเศษในประเทศไทยนั้น ได้คัดเลือกรูปแบบมาตรการในการประเมินความเหมาะสมต่อระบบในเบื้องต้นที่มีกระบวนการการดำเนินการที่ไม่สลับซับซ้อน ซึ่งเป็นการง่ายต่อการจำลองด้านจราจร แต่ด้วยความหลากหลายในรูปแบบการควบคุมในมาตรการใด ๆ นั้นเช่นการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมบริเวณทางเข้าทางด่วนที่มีการควบคุมแบบ SWARM, ALINEA หรือ Bottleneck เป็นต้น ที่มีลักษณะการควบคุมที่ต่างกันซึ่งจะขึ้นอยู่กับเป้าหมายในการดำเนินการ หรือการจำลองช่องทางพิเศษเพื่อควบคุมการใช้ช่องทางของผู้ขับขี่ที่ต้องคำนึงถึงปัจจัยในด้านการเปลี่ยนช่องทางจราจรซึ่งแบบจำลองเหล่านี้ต้องคำนึงถึงพฤติกรรมของผู้ขับขี่ในหลาย ๆ ด้าน ทั้งนี้โปรแกรม PARAMICS ก็มีความสามารถในการจำลองแบบจำลองเหล่านี้ได้โดยทำงานผ่านส่วน API ของโปรแกรม ที่มีกระบวนการทำงานที่ค่อนข้างซ้ำซ้อน แต่ทั้งนี้จะเป็นการดีมากถ้าได้ศึกษาในรูปแบบการควบคุมเหล่านี้ซึ่งคาดว่าสามารถให้คำตอบทางด้านจราจรที่ดีกว่า

การประเมินความเหมาะสมในทางเลือกต่าง ๆ ที่ได้ศึกษานี้ได้คำนึงถึงผลกระทบด้านการจราจรเพียงด้านเดียว ทั้งนี้การประเมินความเป็นไปได้ในโครงการจะต้องมีการคำนึงถึงประเด็นด้านอื่นๆ อย่างถ้วนถี่เช่น มาตรการการจัดช่องทางพิเศษ ที่ได้ศึกษานี้ได้เจาะจงเฉพาะลักษณะการจัดช่องทางในทิศทางเดียวกับการจราจรและเปิดดำเนินการเฉพาะช่วงเวลาเร่งด่วนของวันโดยการเปลี่ยนการดำเนินการเป็นช่องทางปกติในช่วงนอกเวลาเร่งด่วน การจัดการอาจจะมีการใช้อุปกรณ์กั้น (Cone Pylons) หรือกำแพงคอนกรีตที่สามารถเคลื่อนย้ายได้เป็นตัวกั้นช่องทาง รวมถึงการใช้สัญลักษณ์บนพื้นทางและการใช้ป้ายอิเล็กทรอนิกส์ในการแสดงข่าวสารในสถานะการดำเนินการของช่องทางพิเศษนั้น

นอกจากนี้แนวทางวางแผนการดำเนินการการจัดช่องทางพิเศษยังมีรูปแบบอื่น ๆ ที่ค่อนข้างหลากหลาย เช่นการจัดช่องทางพิเศษที่มีการแยกช่องทางออกจากช่องทางปกติอย่างชัดเจนภายในพื้นที่เขตทาง มีการควบคุมการเข้าใช้ช่องทางอย่างเคร่งครัดโดยการใช้แผงคอนกรีตกั้นช่องทาง เปิดดำเนินการตลอดทั้งวัน โดยส่วนใหญ่การควบคุมในลักษณะนี้จะเปิดให้บริการเฉพาะรถโดยสารประจำทางเท่านั้น หรือการจัดช่องพิเศษในบางช่วงเวลาของวัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับ

สภาวะการจราจร รวมถึงปริมาณยานพาหนะในลักษณะพิเศษที่มีอยู่ในระบบหรือจำนวนชั่วโมงที่ต้องเผชิญกับสภาวะการจราจรคับคั่งในแต่ละพื้นที่ โดยการใช้งานช่องทางปกติ ซึ่งมักจะใช้ช่องทางด้านในสุดชิดเกาะกลางหรือใช้ไหล่ทางในการดำเนินการ โดยการจัดช่องทางพิเศษในทิศทางเดียวกันหรือสวนกระแสจราจร รวมไปถึงปัจจัยในด้านจำนวนผู้ร่วมเดินทางต่อคัน (Vehicle Occupancy) ที่จะจัดสิทธิให้เข้าใช้ช่องทางพิเศษได้ เช่นที่ระดับจำนวนผู้เดินทางต่อคันอย่างน้อย 2 คน (2+) หรือ 3 คน (3+) ทั้งนี้ค่าที่เหมาะสมจะต้องผ่านการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับปริมาณความต้องการที่อาจจะเกิดขึ้นในปีอนาคตซึ่งการจัดสิทธิพิเศษในส่วนนี้มีส่วนช่วยส่งเสริมการเดินทางในการเข้าใช้ช่องทางพิเศษหรือสามารถลดปริมาณจราจรโดยรวมในระบบลงได้ โดยที่ช่องทางพิเศษนั้นยังคงอยู่ภายใต้ความสามารถในการให้บริการอยู่ ซึ่งถ้าหากช่องทางพิเศษนั้นเข้าสู่สภาวะที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้ใช้ช่องทางแล้ว ทางเลือกหนึ่งคือการเปลี่ยนรูปแบบการดำเนินการ เช่นการเปลี่ยนจากช่องทางพิเศษที่ให้บริการแก่ยานพาหนะประเภท 2+ ไปเป็น 3+ ซึ่งการเปลี่ยนการดำเนินการในลักษณะนี้มีผลให้ปริมาณความต้องการในการเดินทางโดยใช้ช่องทางพิเศษลดน้อยลงหรือช่องทางปกติต้องแบกรับกับปริมาณจราจรที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดผลเสียต่อระบบโดยรวมได้

ยิ่งไปกว่านั้น การคำนึงถึงปัจจัยในด้านการเข้าถึงช่องทางของยานพาหนะในลักษณะพิเศษที่ต้องการใช้ช่องทางพิเศษนั้น หน่วยงาน FHWA ได้นำเสนอทางเลือกการจัดการบริเวณทางเข้า- ออกจากช่องทางพิเศษที่มีการดำเนินการในลักษณะนี้คือการเข้าใช้ช่องทางพิเศษโดยตรง (Direct Merge) ซึ่งมีแนวทางคือการยอมให้ยานพาหนะในลักษณะพิเศษเข้าช่องทางพิเศษโดยการเข้าร่วมกระแสจราจรโดยตรงจากช่องทางปกติ ทั้งนี้ระยะที่ใช้ในการร่วมกระแสจราจรจะถูกกำหนดขึ้นตามข้อกำหนดโดยการใช้ป้ายหรือเครื่องหมายบนผิวทางเป็นการนำทางให้ผู้ใช้ช่องทาง (Louis et al., 2003) และ

ในมาตรการการควบคุมทางเข้าบนระบบทางพิเศษ ที่ต้องคำนึงถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดจากการควบคุมบริเวณทางเข้าสู่ระบบ เนื่องจากการจัดการควบคุมในลักษณะนี้จะมีผลต่อพฤติกรรมของผู้ขับขี่ในด้านการเลือกใช้เส้นทางเดินทางที่อาจจะมีการเปลี่ยนเส้นทางการเดินทางคือการเปลี่ยนเส้นทางการเดินทางหรือการใช้ถนนแทนการเดินทางโดยใช้ช่องทางพิเศษ ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนเส้นทางประกอบด้วย รูปแบบการเดินทางจากต้นทางถึงปลายทาง ระยะทางการเดินทาง ความล้าช้าที่เกิดบริเวณจุดควบคุมทางเข้ารวมทั้งประสิทธิภาพของถนนที่ต้องการเลือกใช้ แต่ทั้งนี้การออกแบบระบบทางพิเศษไม่ได้รองรับการเดินทางระยะทางสั้น (Short Trip) ดังนั้นผู้ขับขี่อาจจะใช้ระบบถนนแทนถ้าหากให้ผลประโยชน์ที่สูงกว่า เป็นต้น นอกจากนี้การนำระบบสิ่งอำนวยความสะดวกประเภทอื่นนำมาเป็นตัวช่วยสนับสนุนระบบ เช่นเครื่องมือในด้านการแจกแจงการเดินทางในลักษณะที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเพื่อทำการส่งเสริมการเข้าใช้พื้นที่โครงข่ายทางด่วนได้อีกด้วย

ทั้งนี้ปัจจัยที่มีความสำคัญที่ต้องพิจารณาในการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าได้แก่ ข้อกำจัดทางด้านเรขาคณิต ซึ่งต้องพิจารณาองค์ประกอบด้านสาธารณูปโภคพื้นฐานต่าง ๆ ได้แก่ความสามารถในการให้บริการในบริเวณทางเข้าระบบ (Ramp Storage) รวมถึงความกว้าง (Ramp Width) และจำนวนช่องทางบริเวณทางเข้าระบบ ซึ่งต้องรองรับกับจำนวนแถวคอยที่จะเกิดขึ้นได้บริเวณต้นทางก่อนตำแหน่งสัญญาณไฟ ซึ่งความยาวแถวคอยที่เกิดขึ้นต้องไม่ส่งผลกระทบต่อระบบโครงข่ายถนน และปัจจัยทางด้านความลาดชันบริเวณทางเข้า โดยเฉพาะเมื่อต้องเผชิญกับทัศนวิสัยไม่ดีหรือสำหรับรถบรรทุกหนักที่อาจก่อให้เกิดการไถลได้บริเวณจุดจอดรอสัญญาณไฟจราจร และในบริเวณพื้นที่ร่วมกระแสจราจรที่ต้องออกแบบให้กระแสจราจรเกิดความราบเรียบที่สุด ทั้งนี้ถนนตัดผ่าน (Cross Road) และถนนที่รองรับการเข้าใช้ทางพิเศษ (Service Road) ก็ต้องถูกออกแบบให้สามารถจัดการกับแถวคอยที่เกิดขึ้นบริเวณทางเข้าด้วย

นอกจากประเด็นที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ประเด็นอื่นๆ ที่ต้องคำนึงถึงในการประเมินความเป็นไปได้ในมาตรการต่าง ๆ เช่น การตอบรับจากสังคมจากการดำเนินมาตรการ สภาวะทางเศษรฐกิจ การบังคับใช้ทางกฎหมาย รวมทั้งการจัดสิ่งอำนวยความสะดวกอื่นๆ เพื่อเป็นการสนับสนุนให้การดำเนินการมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย. ปริมาณรถ โครงข่ายทางพิเศษ สิ่งอำนวยความสะดวกบนทางด่วน อัตราค่าผ่านทาง [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.eta.co.th, 2549.

จริยา ทองจันทึก. ลักษณะการเดินทางบนระบบทางด่วนเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543.

บริษัทมูเซล (ประเทศไทย) จำกัด. งานศึกษาสภาพการจราจรและการเดินทางบนระบบทางด่วน รายงานฉบับสมบูรณ์ เล่มที่ 1 รายงานหลัก. การทางพิเศษแห่งประเทศไทย, กุมภาพันธ์ 2541.

สมประสงค์ สัตยมัลลี. หลักการพื้นฐานการไหลของการจราจร. การจัดการจราจร, 26-30. สำนักงานคณะกรรมการจัดระบบการจราจรทางบก, 2542.

ภาษาอังกฤษ

Chu, L. PARAMICS Plugin Document-ALINEA ramp metering control. PATH ATMS Center: University of California, 2003.

Chu, L., Liu, H. X., Oh, J.-S. and Recker, W. A Calibration Procedure for Microscropic Traffic Simulation. TRB 2004 Annual Meeting, 2004.

Federal Highway Administration. Ramp Management and Control Handbook. Report No.DTFH61-01-C-00181. Office of Transportation Management : Federal Highway Administration, 2004.

Gardes, Y., May, A. D., Dahlgren, J. and Skarbardonis, A. Bay Area Simulation and Ramp Metering Study. California PATH Research Report UCB-ITS-PRR-2002-6. University of California, 2002.

Gardes, Y., May A. D., Dahlgren, J. and Skabardonis, A. Freeway Calibration and Application of the PARAMICS Model. 81th Annual Meeting Transportation Research Board. Washington, D.C., 2002.

ITS, University of Leeds. Final Report for Publication : SMARTEST. Contract No: RO-97-SC.1059, 2000.

James, Jr., Kevin, B., Jerry, U., Katherine, F., Lewis, N. and Christopher, B. Freeway Management Handbook. FHWA : U.S. Department of Transportation, 1997.

Junsuwan, S. Assessment of Area Traffic Control System in Bangkok by the Microscopic Simulation Model. Thesis for the Degree of Master, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, 2001.

Kenis, E. and Tegenbos, R. Ramp Metering Synthesis. The Europpean Commission DG TREN-TEN-T, 2001.

Neudorff, G. L., Randall, E. J., Reiss, R., Gordon, R. Freeway Management and Operations Handbook. Report No.FHWA-OP-04-003. Office of Transportation Management : Federal Highway Administration, 2003.

Quadstone Ltd. Analyser Reference Manual V5.0. Edinburgh, 2003.

Quadstone Ltd. PARAMICS V4.2 Modelling for Traffic Problems V4. Edinburgh, 2003.

Quadstone Ltd. PARAMICS V4.2 System Overview. Edinburgh, 2003.

Turnbull, F. K. An Assessment of High Occupancy Vehicle (HOV) Facilities in North America: Executive Report. U.S. Department of Transportation, 1992.

Woolley, J. E. Use of PARAMICS for Traffic Modeling and Visualization in Adelaide, South Australia. University of South Australia, 2001.

Zhang, M., Kim, T., Nie, X., Jin, W., Chu, L. and Recker, W. Evaluation of On-ramp Control Algorithms. California PATH Research Report UCB-ITS-PRR-2001-36. University of California, 2001.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

พื้นที่บริเวณด่านทางเข้า-ออกจากระบบทางพิเศษ (Zone) และ

ปริมาณการเดินทางจากต้นทาง - ปลายทาง (O-D Trip)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.1 พื้นที่บริเวณด่านทางเข้า-ออกจากระบบทางพิเศษ

ลำดับ (พื้นที่)	ด่านทางขึ้น	ทางลง
1	ดินแดง	ดินแดง (ถนนดินแดง-อโศก)
2	เพชรบุรี	เพชรบุรี (ถนนเพชรบุรี)
3	สุขุมวิท	สุขุมวิท (ถนนสุขุมวิท)
4	พระราม 4 - 1/พระราม 4 - 2	พระราม 4 - 1/พระราม 4 - 2 (ถนนพระราม 4)
5	เลียบแม่น้ำ	เลียบแม่น้ำ (ถนนพระราม 3)
6	บางนา	บางนา (ถนนสุขุมวิท)
7	สุขุมวิท 62	สุขุมวิท 62
8	อาจณรงค์	อาจณรงค์
9	ท่าเรือ 1/ท่าเรือ 2	ท่าเรือ 1/ท่าเรือ 2
10	ดาวคะนอง	ดาวคะนอง (ถนนพระราม 2)
11	สุขสวัสดิ์	สุขสวัสดิ์ (ถนนสุขสวัสดิ์)
12	สาธุประดิษฐ์ 1	สาธุประดิษฐ์ 1 (ถนนสาธุประดิษฐ์)
13	รัชดาภิเษก	รัชดาภิเษก (ถนนวงศ์สว่าง)
14	บางซื่อ	บางซื่อ (ถนนกำแพงเพชร2)
15	ย่านพหลโยธิน	ย่านพหลโยธิน (ถนนกำแพงเพชร)
16	คลองประปา 1/คลองประปา 2	คลองประปา 1/คลองประปา 2
17	พหลโยธิน 1/พหลโยธิน 2	พหลโยธิน 1/พหลโยธิน 2
18	อโศก 1	อโศก 1
19	อโศก 2	อโศก 2 (ถนนอโศก-ดินแดง)
20	ยมราช/อุรุพงษ์	ยมราช (ถนนพระราม 6)/อุรุพงษ์
21	หัวลำโพง	หัวลำโพง (ถนนพระราม 4)
22	สะพานสว่าง	สะพานสว่าง
23	สุรวงศ์	สุรวงศ์ (ถนนสีลม)
24	สาทร	สาทร (ถนนเจริญกรุง)
25	จันทน์	จันทน์ (ถนนจันทน์)
26	สาธุประดิษฐ์ 2/สาธุประดิษฐ์ 3	สาธุประดิษฐ์ 3
27	พระราม 3	พระราม 3
28	งามวงศ์วาน	งามวงศ์วาน (ถนนงามวงศ์วาน)
29	แจ้งวัฒนะ	แจ้งวัฒนะ (ถนนแจ้งวัฒนะ)
30	รามอินทรา	รามอินทรา (ถนนประดิษฐ์มนูธรรม)
31	โยธินพัฒนา	โยธินพัฒนา (ถนนประดิษฐ์มนูธรรม)
32	ลาดพร้าว	ลาดพร้าว (ถนนประดิษฐ์มนูธรรม)
33	ประชาอุทิศ	ประชาอุทิศ (ถนนประดิษฐ์มนูธรรม)
34	พระราม 9 - 2	พระราม 9-2 (ถนนประดิษฐ์มนูธรรม)
35	พระโขนง	ซอยสุขุมวิท 62
36	พัฒนาการ 1/พัฒนาการ 2	พัฒนาการ 1/พัฒนาการ 2(ถนนพัฒนาการ)

ก.2 ปริมาณการเดินทางจากต้นทาง – ปลายทาง (O-D Trip) ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (06:00-09:00 น.)

พื้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	รวม
1	0	0	2,147	759	32	3,196	210	27	737	1,076	581	430	16	0	16	5	54	188	38	700	204	0	592	474	156	27	328	16	81	27	0	0	0	285	0	27	12,429
2	0	0	0	24	0	831	93	13	39	158	39	52	0	0	2	0	0	0	0	4	0	2	0	9	0	0	28	0	2	7	2	0	7	2	0	2	1,316
3	1,229	0	0	0	0	0	0	0	0	33	12	0	62	43	25	2	43	175	14	53	8	0	4	0	0	2	12	158	203	0	0	0	0	0	0	0	2,083
4	571	14	0	0	0	823	109	5	2	178	58	7	56	28	16	9	0	167	5	37	0	3	0	0	0	0	3	90	134	106	12	0	5	21	0	2	2,469
5	640	104	104	18	0	43	1,256	122	12	0	0	0	30	24	30	0	0	18	0	49	0	0	0	0	0	0	0	98	232	305	6	0	0	183	0	12	3,291
6	2,767	1,227	0	1,155	0	0	0	0	914	1,787	223	662	199	169	102	24	108	235	0	884	0	409	0	559	90	0	186	427	559	108	12	0	18	223	0	54	13,108
7	903	272	0	677	5	0	0	0	138	903	282	395	26	51	51	21	77	82	36	344	0	149	0	282	46	0	174	97	231	26	10	0	10	67	0	10	5,374
8	729	173	0	29	0	0	0	0	0	851	137	79	72	94	7	0	0	0	0	144	0	188	0	216	14	0	0	296	188	0	0	0	0	0	0	0	3,225
9	850	44	0	14	0	0	1,627	89	0	310	160	17	55	27	10	0	34	75	3	106	0	34	0	51	3	0	27	126	201	96	14	0	7	10	0	20	4,021
10	1,162	465	0	807	0	3,040	379	214	508	0	0	0	220	159	86	18	165	752	43	147	0	208	0	263	587	0	0	159	361	202	49	0	0	300	0	18	10,323
11	1,275	386	0	987	0	1,131	105	157	432	0	0	0	255	209	144	26	222	798	20	321	0	242	0	536	719	0	0	346	471	183	72	0	6	157	0	33	9,244
12	374	115	0	64	0	1,191	136	30	8	0	0	0	13	17	0	0	0	115	4	55	17	0	0	0	0	0	0	4	30	81	21	0	0	21	0	25	2,335
13	7	0	390	278	15	1,066	203	37	285	308	210	15	0	0	0	158	37	90	37	901	646	0	1,231	0	240	345	105	0	0	37	0	0	0	353	0	30	7,039
14	4	0	28	6	0	148	18	24	26	60	36	33	0	0	0	0	9	3	0	60	46	0	73	0	24	1	33	0	0	4	0	0	0	38	0	1	688
15	28	0	73	279	0	519	100	0	22	296	173	28	0	0	0	11	0	190	0	156	106	0	346	0	73	56	61	0	0	0	6	0	0	17	0	6	2,560
16	13	0	112	30	3	314	63	3	96	93	155	10	40	16	3	0	10	152	16	43	63	0	155	0	10	26	46	360	965	10	0	0	0	73	0	3	2,900
17	12	3	27	43	0	183	13	22	17	93	28	24	5	3	0	0	0	2	0	10	6	0	28	15	9	13	21	164	186	6	0	0	4	53	0	2	1,010
18	235	0	571	8	0	445	126	92	42	630	67	168	84	151	8	0	101	0	0	915	411	0	0	663	109	0	75	311	378	0	8	0	25	0	0	17	5,658
19	40	0	71	16	0	122	27	38	7	204	40	31	2	36	4	7	58	0	0	315	106	0	0	257	13	0	73	33	51	4	0	0	0	0	0	2	1,576
20	297	14	55	52	3	1,425	45	48	148	369	117	17	41	34	21	10	24	335	3	0	3	0	152	0	103	114	114	200	566	24	0	0	3	179	0	0	4,539
21	329	0	39	17	0	229	4	22	4	0	0	13	199	4	43	0	4	429	4	30	0	0	0	0	0	0	0	221	641	56	0	0	0	4	0	4	2,320
22	20	6	0	70	0	797	127	14	44	249	188	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	3	0	35	29	84	0	0	49	3	0	0	12	0	9	1,766
23	465	0	3	0	0	29	0	12	6	3	0	0	91	77	59	12	77	471	0	38	0	24	0	0	0	0	0	203	277	3	0	0	0	0	0	6	1,878
24	163	21	0	5	0	563	176	11	13	99	91	0	0	0	0	0	3	93	11	3	0	0	0	0	27	8	21	8	21	64	5	0	3	5	0	16	1,455
25	272	0	35	0	0	15	0	0	0	0	0	0	99	79	94	40	30	267	15	163	0	45	0	0	0	0	0	178	302	25	0	0	0	0	0	5	1,688
26	75	0	3	82	0	0	3	0	0	604	365	0	82	59	32	19	5	82	3	80	0	45	0	3	0	0	0	104	240	0	0	0	0	0	0	0	1,910
27	243	8	0	76	2	42	10	4	4	0	0	0	114	48	26	18	44	271	10	40	30	0	2	0	0	0	0	90	211	16	16	0	2	4	0	2	1,363
28	199	0	902	214	30	1,987	306	168	428	382	245	474	15	122	15	306	581	1,177	153	1,299	336	0	764	0	275	0	168	0	0	0	0	0	0	46	0	107	10,729
29	48	0	195	43	0	450	79	10	103	118	72	101	0	5	2	113	250	238	22	293	75	0	178	0	38	0	65	0	0	0	10	0	0	5	0	10	2,551
30	87	24	0	881	8	1,275	141	0	488	370	110	63	0	8	8	8	8	16	0	110	0	87	0	134	24	0	94	39	8	0	0	134	0	881	102	315	5,450
31	37	37	0	411	0	468	177	0	290	309	28	187	0	0	0	0	19	0	0	84	0	28	0	103	0	0	150	0	0	0	0	0	0	225	19	252	2,855
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	51
33	22	0	0	260	4	615	84	0	102	205	48	91	0	0	4	0	4	0	0	26	0	22	0	44	29	0	69	0	0	0	0	0	0	29	15	179	1,884
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	182	2	0	0	0	0	0	218
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	366	151	0	3	123	0	11	690
36	121	48	0	116	0	133	24	0	2	174	34	70	0	0	0	0	0	7	0	48	0	82	0	150	0	0	43	22	135	817	155	0	2	75	10	0	2,306
รวม	13,219	2,963	4,757	7,425	107	21,086	5,649	1,170	4,928	9,870	3,510	2,979	1,790	1,479	824	822	1,982	6,452	457	7,480	2,079	1,589	3,551	3,783	2,651	648	2,012	3,780	6,702	2,854	585	166	129	3,425	180	1,217	134,302

ภาคผนวก ข

การกำหนดค่าเบื้องต้นในการจัดสัญญาณไฟควบคุมทางเข้าระบบทางพิเศษในโปรแกรม PARAMICS

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.1 ไฟล์ Priorities

```
actions 173
        phase offset 0.00 sec
        phase 1
                0.00
                max 2.00
        red phase 2.00
        fill
        all barred except
        phase 2
                2.00
                max 18.00
        red phase 0.00
        fill
        all barred except
        from 164 to 229 major
        from ramp1365 to 229 medium
```

ข.2 ไฟล์ Phase

```
use plan 1 on node 173 phase 1 with loops
        Queue lane 1
        Queue lane 2
        Merge lane 1
        Mainline lane 1
        Mainline lane 2
        Mainline lane 3
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.3 ไฟล์ Plans สำหรับ Plan 1

```
plan count 4
plan 1 definition
loops 6
if (init) {variable ;}
        if ((occupancy [3]/(occupancy [3]+ gap [3])) < 0.30)
        {
                if ((((occupancy [1]/(occupancy [1]+ gap [1])) + (occupancy [2]/(occupancy [2]+ gap
[2])))/2) < 0.30)
                {
if ((((occupancy [4]/(occupancy [4]+ gap [4])) + (occupancy[5]/(occupancy [5]+ gap [5])) + (occupancy
[6]/(occupancy [6]+ gap[6]))) / 3) < 0.15)
                        {
                                green1 = 2 ; red3 = 2 ;
                        }
else if ((((occupancy [4]/(occupancy [4] + gap [4])) + (occupancy[5] /(occupancy[5] + gap [5]))+ (occupancy
[6]/(occupancy [6] + gap[6])))/3) >0.25)
                        {
                                green1 = 2 ; red3 = 18 ;
                        }
                        else
                        {
green1 = 2 ; red3 = 2 + 160 *((((occupancy[4]/(occupancy [4] + gap [4]))+(occupancy[5]/(occupancy[5] + gap
[5]))+(occupancy   [6])/(occupancy [6]+ gap [6]))/3) - 0.15) ;
                        }
                }
                else
                {
                green1 = 2; red3 = 2;
                }
        }
        else
        {
        red3 = 18;
        }
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ผลการปรับแก้แบบจำลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค.1 ผลการปรับแก้แบบจำลองในระดับพื้นที่ย่อย (ช่วง สุขุมวิท-พระราม 4)

Flow (Veh/Hr)

Headway (second) \ Reaction Time (Second)	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1
0.4	2264	2201	2148	2064	2084	2016	2046	1917	1853	1834	1805	1826	1719	1756	1726	1697	1621	1605
0.5	1995	2061	2018	2040	1964	1928	1917	1784	1739	1729	1725	1702	1685	1646	1674	1676	1622	1602
0.6	1633	1848	1597	1800	1807	1814	1815	1743	1641	1682	1574	1557	1561	1633	1661	1596	1565	1537
0.7	1429	1468	1429	1769	1571	1644	1626	1561	1556	1519	1460	1536	1424	1503	1551	1569	1472	1508
0.8	1202	1430	1503	1396	1574	1530	1531	1496	1465	1427	1407	1381	1412	1377	1387	1562	1486	1400
0.9	1299	909	1210	1156	1403	1290	1349	1380	1406	1333	1378	1288	1268	1301	1178	1209	1385	1380
1.0	1078	860	1210	1169	1264	1349	1369	1311	1277	1297	1231	1259	1222	1191	1119	1269	1346	1388
1.1	1092	849	1151	1087	1139	1369	1176	1223	1305	1248	1256	1138	1196	1097	1084	1125	1270	1259
1.2	986	798	978	1065	1076	1168	1114	1153	1134	1171	1164	1136	1072	1018	1017	1018	1191	1043

Speed (Km/Hr)

Headway (second) \ Reaction Time (Second)	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1
0.4	113.4	113.6	114.1	97.3	109.6	104.0	88.9	88.2	101.5	104.5	98.5	115.4	116.4	115.8	115.5	116.1	109.6	115.7
0.5	74.7	95.8	107.8	93.9	81.8	100.0	85.7	85.9	72.2	78.5	78.7	76.4	95.5	94.6	115.6	115.3	115.8	111.9
0.6	49.9	79.8	45.3	78.5	90.5	57.2	75.0	76.3	47.2	70.7	48.3	45.0	69.5	105.7	114.0	114.6	115.4	115.5
0.7	47.2	45.4	37.3	77.5	38.8	55.0	69.8	43.2	46.3	40.8	44.5	65.1	44.8	72.0	94.9	114.5	116.3	114.6
0.8	28.9	47.6	62.2	37.8	60.1	50.2	51.6	43.8	32.8	26.9	46.2	30.9	47.7	58.0	56.1	112.9	114.9	115.5
0.9	39.2	8.2	32.8	19.7	43.3	21.7	21.9	26.9	37.0	25.9	38.9	27.1	24.8	46.5	24.6	29.6	99.3	115.9
1.0	21.9	7.9	33.8	27.3	34.3	21.9	34.5	33.5	18.3	22.2	20.1	22.4	23.9	28.5	24.3	72.8	97.1	113.2
1.1	26.4	7.8	27.0	21.6	22.6	34.5	14.4	19.6	24.9	19.5	31.3	25.1	27.2	22.4	24.2	43.2	95.2	78.1
1.2	13.5	7.5	13.9	25.1	22.0	27.3	15.8	16.4	15.3	23.5	18.3	21.8	20.7	23.6	22.4	25.5	81.0	29.9

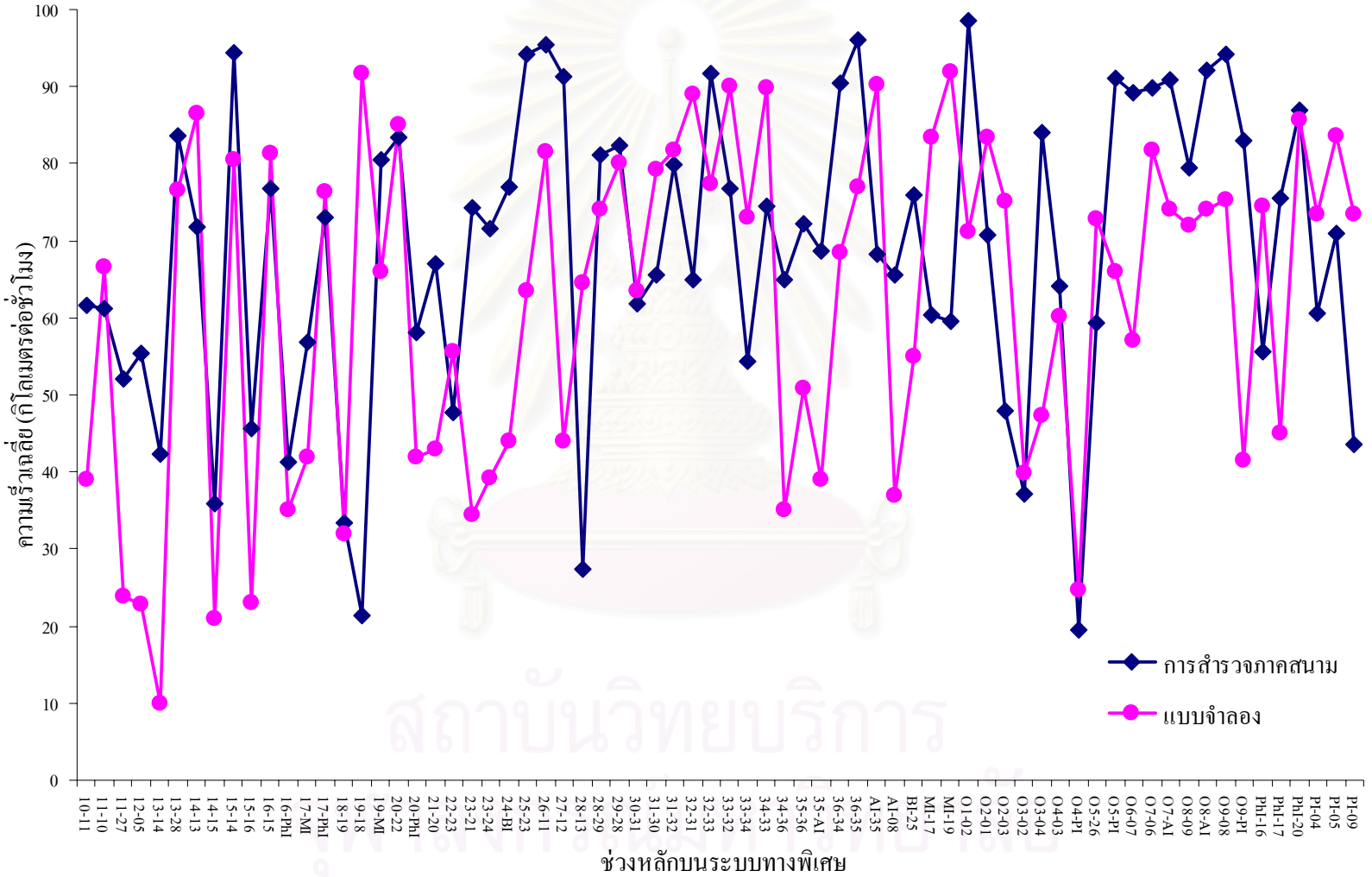
GEH for Flow (Veh/Hr)

Headway (Second) \ Reaction Time (Second)	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1
0.4	18	17	16	14	14	13	14	11	9	9	8	9	6	7	6	6	4	3
0.5	12	14	13	13	12	11	11	8	7	6	6	6	5	4	5	5	4	3
0.6	4	9	3	8	8	8	8	7	4	5	2	2	2	4	5	3	2	2
0.7	1	0	1	7	2	4	4	2	2	1	0	2	1	1	2	2	0	1
0.8	8	1	1	2	2	1	1	0	0	1	2	3	2	3	2	2	0	2
0.9	5	16	7	9	2	5	3	3	2	4	3	5	6	5	8	7	2	3
1.0	11	18	7	8	6	3	3	4	5	5	7	6	7	8	10	6	3	2
1.1	11	18	9	11	9	3	8	7	5	6	6	9	8	11	11	10	6	6
1.2	14	20	14	12	11	8	10	9	10	8	9	9	11	13	13	13	8	12

GEH for Speed (Km/Hr)

Headway (Second) \ Reaction Time (Second)	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1
0.4	3.0	3.0	3.0	1.4	2.6	2.0	0.5	0.4	1.8	2.1	1.5	3.1	3.2	3.2	3.1	3.2	2.6	3.2
0.5	1.1	1.2	2.4	1.0	0.2	1.7	0.2	0.2	1.3	0.6	0.6	0.9	1.2	1.1	3.2	3.1	3.2	2.8
0.6	4.2	0.5	4.8	0.6	0.7	3.2	1.0	0.9	4.5	1.5	4.4	4.9	1.7	2.2	3.0	3.1	3.1	3.1
0.7	4.6	4.8	6.0	0.7	5.8	3.5	1.6	5.1	4.7	5.5	4.9	2.2	4.9	1.4	1.1	3.1	3.2	3.1
0.8	7.3	4.5	2.6	5.9	2.8	4.1	3.9	5.0	6.7	7.7	4.7	7.0	4.5	3.1	3.3	2.9	3.1	3.1
0.9	5.7	11.2	6.7	8.9	5.1	8.6	8.5	7.7	6.1	7.8	5.8	7.6	8.0	4.7	8.1	7.2	1.6	3.2
1.0	8.5	11.2	6.5	7.6	6.5	8.5	6.4	6.6	9.2	8.5	8.9	8.5	8.2	7.4	8.1	1.3	1.4	2.9
1.1	7.8	11.3	7.7	8.6	8.4	6.4	9.9	9.0	8.0	9.0	6.9	8.0	7.6	8.5	8.1	5.1	1.2	0.7
1.2	10.1	11.3	10.0	8.0	8.5	7.6	9.7	9.6	9.8	8.3	9.2	8.6	8.8	8.2	8.5	7.9	0.3	7.2

ค.2 ผลการปรับแก้แบบจำลองในระดับพื้นที่โครงข่าย

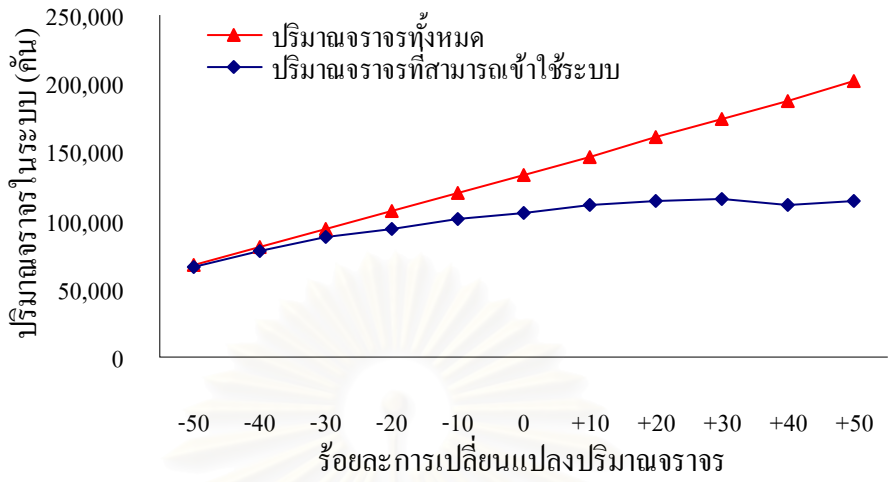


ภาคผนวก ง

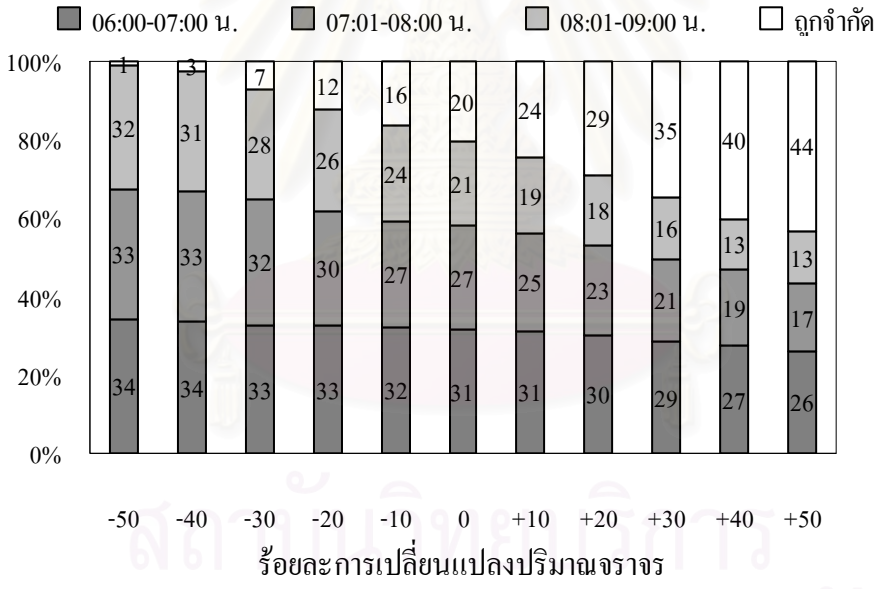
ข้อจำกัดในการจัดสัดส่วนปริมาณจราจรเข้าใช้ระบบในแบบจำลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง.1 ประสิทธิภาพการปล่อยรถเข้าสู่ระบบ

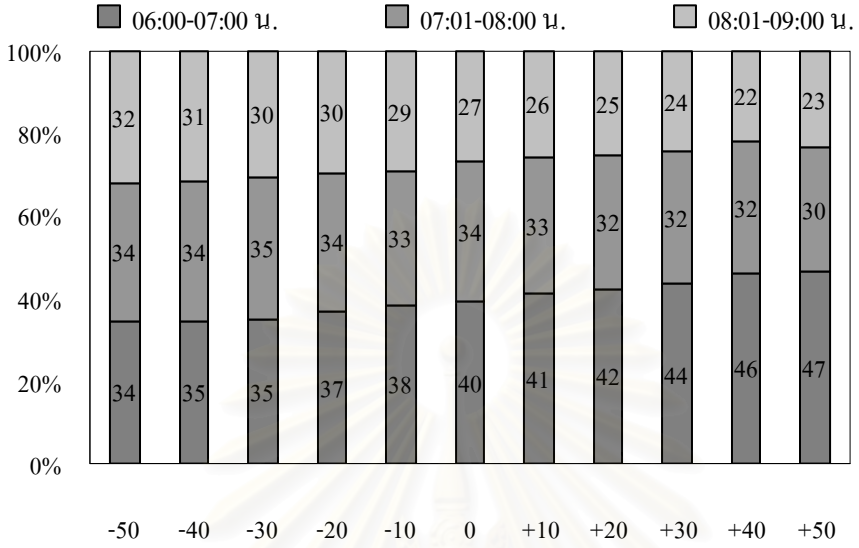


ง.2 ประสิทธิภาพการปล่อยรถเข้าสู่ระบบ ณ ช่วงเวลาใด ๆ ตามสัดส่วนปริมาณจราจรทั้งหมด



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง.3 ประสิทธิภาพการปล่อยรถเข้าสู่ระบบ ณ ช่วงเวลาใด ๆ ตามสัดส่วนปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบได้



ร้อยละการเปลี่ยนแปลงปริมาณจราจร (เทียบกับสภาวะที่ทำการศึกษา)

จากกระบวนการพัฒนาแบบจำลองและการประเมินผลแบบจำลองในขั้นต้น พบข้อจำกัดในด้านประสิทธิภาพการจัดปล่อยรถออกจากพื้นที่ต่าง ๆ เมื่อระดับปริมาณจราจรที่ได้กำหนดให้เข้าใช้ระบบมีสัดส่วนที่สูงขึ้น

การจัดระดับปริมาณจราจร ณ ระดับต่าง ๆ เข้าใช้ระบบในแบบจำลองระดับโครงข่ายทางพิเศษ โดยการวิเคราะห์ผลจากส่วน ง.1 ที่ได้แสดงระดับปริมาณจราจรทั้งหมดที่ได้กำหนดขึ้นเมื่อเทียบกับระดับปริมาณจราจรที่ทำการศึกษาและประสิทธิภาพการปล่อยรถของแบบจำลอง ร่วมกับส่วน ง.2 และ ง.3 ที่แสดงประสิทธิภาพการปล่อยรถทั้งหมดเข้าสู่ระบบและที่สามารถปล่อยรถเข้าสู่ระบบได้ตามลำดับ โดยแบ่งตามช่วงเวลาการประมวลผลในช่วงเร่งด่วนของวัน (06:00-09:00 น.) พบได้ว่าเมื่อกำหนดสัดส่วนปริมาณจราจรเข้าใช้ระบบที่ระดับสูงขึ้น ส่งผลให้สัดส่วนรถที่ถูกจำกัดในการใช้ระบบเนื่องจากการปล่อยรถออกจากพื้นที่เข้าสู่ระบบสูงขึ้นด้วยหรือความสามารถในการให้บริการของระบบถูกจำกัดโดยปริมาณจราจรที่เพิ่มสูงขึ้นในระบบ ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่สามารถปล่อยรถได้ใน 3 ช่วงเวลา (06:00-09:00 น.) ที่ทำการประมวลผล พบว่าในช่วงเวลาการเริ่มทดสอบผล (Warm Up) สัดส่วนปริมาณรถที่สามารถเข้าใช้ระบบได้มีสัดส่วนสูงขึ้นตามสัดส่วนปริมาณจราจรที่ถูกกำหนดให้สูงขึ้น แต่เมื่อระดับปริมาณจราจรสูงกว่าสภาวะที่ศึกษาสัดส่วนยานพาหนะที่เข้าใช้ระบบได้มีสัดส่วนที่น้อยลง ซึ่งเมื่อพิจารณาจำนวนรถทั้งหมดในช่วงเวลานี้ที่ระดับปริมาณจราจรที่กำหนดให้เข้าใช้ระบบที่ค่าสูง ๆ ก็ให้ค่าสัดส่วนการปล่อยรถที่น้อยลง (สภาพจราจรเริ่มเข้าสู่สภาพติดขัดในชั่วโมงนี้) และเมื่อพิจารณาใน

ช่วงเวลาที่ใช้ในการประเมินผล (07:00-08:00 น.) หรือชั่วโมงที่สองพบว่าด้วยอิทธิพลจากสภาพจราจรที่เริ่มตัดขิดในชั่วโมงแรกส่งผลให้ชั่วโมงที่สองต้องเผชิญกับสภาพที่ติดขัดเช่นกัน โดยเฉพาะที่ระดับปริมาณจราจรที่กำหนดให้เข้าใช้ระบบที่มีค่าสูงๆ การกำหนดปริมาณจราจรที่เพิ่มสูงขึ้นไม่ก่อให้ระบบเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปริมาณจราจรที่เพิ่มสูงขึ้นนี้ (สภาพจราจรเข้าสู่สภาวะติดขัดในชั่วโมงแรก) และที่ในชั่วโมงที่ 3 (08:00-09:00 น.) ณ ช่วงเวลานี้ถูกจำกัดด้วยปริมาณจราจรที่เพิ่มสูงขึ้นและผลจากอิทธิพลจากการปล่อยรถในสองชั่วโมงแรกส่งผลให้สัดส่วนปริมาณจรช่วงชั่วโมงนี้มีสัดส่วนที่ลดน้อยลงตามสัดส่วนปริมาณจราจรที่เพิ่มสูงขึ้น

ด้วยข้อจำกัดในประสิทธิภาพการปล่อยรถที่ระดับปริมาณจราจรที่กำหนดให้เข้าใช้ระบบที่ระดับต่าง ๆ สาเหตุหนึ่งอาจจะเนื่องมาจากข้อจำกัดของพื้นที่ปล่อยรถบางพื้นที่ ที่ต้องรองรับกับปริมาณจราจรที่สูงมาก ๆ ร่วมกับลักษณะทางด้านจราจรในพื้นที่ทางเข้าสู่ระบบทางพิเศษโดยเฉพาะบริเวณจุดร่วมกระแสจราจร (Merge Area) และพื้นที่จุดตัดกระแสจราจร (Weaving Area) ที่ต้องประสบกับสภาพความปั่นป่วนทางด้านจราจรค่อนข้างสูงส่งผลกระทบต่อยวดยานที่ต้องการเข้าใช้ระบบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววิจิตรา วัชสังค์ เกิดเมื่อ วันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2523 ณ เลขที่ 455 หมู่ที่ 11 ตำบลเขาขาว อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

การศึกษาเริ่มจากมัธยมศึกษาตอนต้น ณ โรงเรียนทุ่งสงสหประชาสรรค์ ปีการศึกษา 2536-2538 มัธยมศึกษาตอนปลาย ณ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคใต้ ปีการศึกษา 2539-2541 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (สาขาวิศวกรรมโยธา) สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ปีการศึกษา 2542-2545 และเข้าศึกษาต่อระดับวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2546

ทั้งนี้ในระหว่างการดำเนินการศึกษา ได้มีผลงานวิชาการในด้านต่าง ๆ ได้แก่

วิจิตรา วัชสังค์ และเกษม ชูจารุกุล, 2547. การประเมินแนวทางการจัดการช่องจราจรบนระบบทางพิเศษโดยการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์. การประชุมวิชาการวิศวกรรมขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 2, หน้า 163 ถึง 170.

กฤติไกรพ์ กรลักษณ์ และวิจิตรา วัชสังค์, 2547. อุบัติเหตุบนท้องถนนจากการที่ผู้ขับขี่ยานพาหนะไม่สามารถสังเกตเห็นสัญญาณไฟจราจรได้ในกรณีที่ยานพาหนะขนาดเล็กตามหลังยานพาหนะขนาดใหญ่เข้าสู่ทางแยกสัญญาณไฟ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 2, หน้า 80 ถึง 85.

กฤติไกรพ์ กรลักษณ์ และวิจิตรา วัชสังค์, 2547. การลดความสับสนในการใช้ป้ายบอกทางบนระบบทางพิเศษ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10, หน้า TRP-119 ถึง 125.

วิจิตรา วัชสังค์ และเกษม ชูจารุกุล, 2549. มาตรการการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางเหมาะสมหรือไม่สำหรับทางด่วนในกรุงเทพมหานคร. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 11, หน้า TRP-053.