รหัสโครงการ SUT7-704-59-12-36

รายงานการวิจัย

การประเมินผลกระทบด้านการจราจรในการจัดระบบสัญญาณไฟจราจรควบคุมทางเข้า-ออกสายทางหลักของประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองจราจรระดับจุลภาค

The Traffic Evaluation of Adaptive Ramp Metering Using Microscopic Traffic Simulation in Thailand

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT7-704-59-12-36

รายงานการวิจัย

การประเมินผลกระทบด้านการจราจรในการจัดระบบสัญญาณไฟจราจรควบคุมทางเข้า-ออกสายทางหลักของประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองจราจรระดับจุลภาค

The Traffic Evaluation of Adaptive Ramp Metering Using Microscopic Traffic Simulation in Thailand

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศาสน์ สุขประเสริฐ

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

นายสนณรงค์ สุอังคะ

นางกาญจน์กรอง สุอังคะ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มิถุนายน 2560

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2559 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และการทางพิเศษแห่งประเทศไทยที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล รวมทั้งอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลภาคสนาม ขอขอบคุณคณะทำงานของโครงการวิจัยนี้ทุกคนที่ช่วยให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการศึกษานี้ จะเป็นแนวทางแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำผลที่ได้จาการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองจราจรเพื่อประกอบการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาการจราจรในพื้นที่ศึกษา เพื่อการเดินทางที่มีความสะดวกรวดเร็ว และปลอดภัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

ปัญหาการจราจรที่แออัดบริเวณทางเชื่อมเข้า และทางออกทางพิเศษ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการจราจรติดขัดบนทางพิเศษ การจัดการควบคุมการจราจรบริเวณทางเข้าทางพิเศษ (Ramp Metering) เป็นการจัดการบนทางพิเศษอีกลักษณะหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ และมีการดำเนินการอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ เพื่อควบคุมการจราจร จำกัดปริมาณจราจรที่จะเข้าใช้ระบบบริเวณทางเข้า เพื่อให้คงความสามารถในการให้บริการของระบบได้ และเพื่อช่วยบรรเทาปัญหาความคับคั่งทางด้านการจราจร ปรับปรุงสภาพจราจรให้มีความคล่องตัว งานวิจัยนี้เป็นการประเมินความเหมาะสมการจัดการควบคุมทางเข้าบนระบบทางพิเศษโดยใช้สัญญาณไฟควบคุมตามสภาพจราจร โดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง Aimsun โดยคัดเลือกพื้นที่ศึกษาที่มีสภาพจราจรไม่เกิน 800 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร และมีการกำหนดรอบสัญญาณไฟขึ้นกับสภาวะการจราจร (Actuated Control) โดยการกำหนดรอบสัญญาณไฟขึ้นอยู่กับปริมาณการถือครองพื้นที่โดยเฉลี่ยที่ได้จากเครื่องตรวจวัดสภาพจราจร ณ ตำแหน่งต่างๆ โดยในการศึกษานี้ได้เก็บตัวอย่างความเร็วบนทางพิเศษ ด้วยวิธี Floating Car ตลอดเส้นทางบนทางพิเศษเพื่อหาค่าเฉลี่ยความเร็ว และระยะเวลาการเดินทางบนทางพิเศษ เป็นจำนวน 15 รอบต่อเส้นทาง เพื่อใช้เป็นตัวแทนรถทั้งหมดบนทางพิเศษที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ความคลาดเคลื่อน ±10% โดยในการศึกษานี้กำหนดจุดตรวจวัดสภาพจราจรเพื่อกำหนดรอบสัญญาณไฟ 3 จุด ได้แก่ Mainline Detector , Queue Detector และ Merge Detector โดยมีการประเมินผลกระทบด้านการจราจรในด้านความเร็วเฉลี่ย และเวลาในการเดินของพื้นที่ศึกษา ที่ได้จากการกำนดรอบสัญญาณไฟจราจรที่คำนึงถึงสภาพการจราจร จากจุดตรวจวัดในสถานการณ์ต่างๆ 5 สถานการณ์

จากผลการวิเคราะห์พบว่า รูปแบบการกำหนดรอบสัญญาณไฟจราจรที่ดีที่สุด คือการกำหนดรอบสัญญาณไฟจราจรที่ขึ้นอยู่กับสภาพการจราจรที่ได้จากเครื่องตรวจวัดทั้ง 3 ตำแหน่ง ซึ่งทำให้เกิดเวลาในการเดินทางอยู่ในช่วงลดลงประมาณ 278.12 คัน-ชั่วโมง

คำสำคัญ : การจัดระบบสัญญาณไฟจราจรควบคุมทางเข้า (Ramp Metering), การจัดการจราจร (Traffic Management)

Abstract

The traffic congestion problem at the entrance points of the expressways is one of the problems causing traffic delays on the expressway. Ramp Metering at these points is a method of management that is effective and commonly used in many countries to control the flow of traffic. This method will limit the amount of traffic that can enter into the entrance and ensures the efficiency of the system's service capacity. It will also help to lessen the traffic congestion and improve the flow. This research study deals with assessing the appropriateness of the management system for controlling system at the entrance of the expressway using traffic light system based on the traffic condition. The Aimsun model is applied for this study and the area of study chosen has less an average traffic flow of no more than 800 vehicles per hour per lane. The light signal intervals will depend on the traffic condition using actuated control. This study used car floating test for survey speed of car and total travel time along each route of expressway. The 15 times of car floating test per route is a sample obtained by all vehicles on each route of expressway with an error tolerance of 10 percent and a confidence interval of 95 percent. The signal intervals will be set based on the averaged occupied area that is assessed from the traffic condition detection equipment at various points. This research study identified 3 monitoring points to install the detectors including the mainline detector, queue detector and merge detector. The impact on the traffic regarding the average speed and travel time of the study area was assessed based on the data as a result of the traffic light signal intervals specified from the actual traffic condition. These conditions were data from the detection stations from 5 different scenarios.

Analysis of the information obtained showed that the best pattern for specifying the traffic light signal is to specify based on the actual traffic condition obtained from all 3 detectors. The information obtained showed a traffic time of 278.12 cars - hour.

Keywords: Ramp Metering, Traffic Management

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญรูป ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 1

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 การจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ทางด่วน 4

2.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากการควบคุมการเข้าใช้ทางด่วน 9

2.3 ผลกระทบจากการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ทางด่วน 10

2.4 แนวคิดระบบวิศวกรรมจราจร 12

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 20

3.1 การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น 21

3.2 การวิเคราะห์สภาพการจราจรและการเดินทางบนทางพิเศษ 23

3.3 การพัฒนาแบบจำลองการจราจร 31

3.4 การจำลองสถานการณ์ 37

3.5 การประเมินผลมาตรการในระดับพื้นที่ทั้งโครงข่ายทางพิเศษ 43

บทที่ 4 ผลการศึกษา 44

4.1 กระบวนการประเมินผลแบบจำลอง 44

4.2 ข้อมูลด้านการจราจรบนทางพิเศษ 44

4.3 การจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษ 49

สารบัญ

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 แบบจำลองสำหรับประเมินสภาพการจราจรจากมาตรการควบคุมการจราจรบริเวณทางเข้า-ออกของทางพิเศษ 55

5.2 รูปแบบการจัดสัญญาณไฟควบคุมที่เหมาะสม 55

5.3 ผลกระทบต่อผู้ใช้ทางด่วนพิเศษเมื่อมีมาตรการควบคุมการเข้าใช้ระบบ 56

5.4 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป 56

บรรณานุกรม 58

ประวัติผู้วิจัย 59

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

1.1 แผนที่โครงข่ายทางพิเศษ 2
2.1 ตัวอย่างลักษณะการจัดสัญญาณไฟควบคุมทางเข้า-ออกสายทางหลัก 4
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจร-ความหนาแน่น ความเร็ว-ปริมาณจราจร และความเร็ว - ปริมาณจราจร และความเร็ว-ความหนาแน่น 15
3.1 ขั้นตอนการศึกษา 20
3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรบนช่วงทางพิเศษและที่ทางขึ้น-ลงทางพิเศษ 24
3.3 สภาพการจราจรที่รับการให้บริการต่างๆ 27
3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ระดับการให้บริการของทางพิเศษโดยวิธี Basic Freeway Segment 28
3.5 แบบจำลองการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษผ่านโปรแกรม AIMSUN 38
3.6 กระบวนการการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเขาทางพิเศษโดยโปรแกรม AIMSUN 38
3.7 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องตรวจวัดในการควบคุมบริเวณทางเข้า 40
3.8 ผังเงื่อนไขการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าระบบทางพิเศษ 41
4.1 ภาพรวมในกระบวนการประเมินผลแบบจำลอง 44
4.2 ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางบนทางพิเศษบูรพาวิถี ช่วงบางนา-ชลบุรี ในช่วงเวลาเร่งด่วน ตอนเช้าของวันทำงาน (ทิศทางชลบุรี-บางนา) 48
4.3 ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางบนทางพิเศษบูรพาวิถี ช่วงบางนา-ชลบุรี ในช่วงเวลาเร่งด่วน ตอนเช้าของวันทำงาน (ทิศทางบางนา-ชลบุรี) 48
4.4 รูปแบบการจัดสถานการณ์จำลองในการควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ 50
4.5 ปริมาณรถที่เข้าในระบบแบบจำลองแต่ละสถานการณ์ 51
4.6 ความเร็วและเวลาในการเดินทางในการคัดเลือกรูปแบบควบคุมการเข้าใช้ระบบ 52
4.7 การตรวจสอบปริมาณจราจรในการจัดการควบคุมการเข้าใช้ระบบ 53
4.8 ความเร็วเฉลี่ย ณ ระดับปริมาณจราจรต่างๆ ในการจัดการควบคุมในบริเวณ ทางเข้าระบบ 54
4.9 เวลาในการเดินทางโดยรวม ณ ระดับปริมาณจราจรต่างๆ ในการจัดการควบคุม บริเวณทางเข้าระบบ 54

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 ตัวอย่างประโยชน์จากการดำเนินการควบคุมการจราจรที่ ทางเข้า-ออกระบบ 9
2.2 สรุปตัวชี้วัดข้อดีของการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้า-ออก 10
2.3 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในด้านการจราจรและขนส่ง ของโปรแกรมต่างๆ 17
3.1 จำนวนตัวอย่างของการสำรวจความเร็วบนทางพิเศษ 22
3.2 ค่าเทียบเท่าหน่วยรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Unit: PCU) 23
3.3 เกณฑ์การให้บริการของทางพิเศษของวิธี Basic Freeway Segments 29
3.4 เกณฑ์การให้บริการสำหรับทางพิเศษของช่วงทางปลอด (Basic Freeway Segments) 30
3.5 ประเภท ลักษณะ และสัดส่วนของยานพาหนะที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง 31
3.6 พื้นที่บริเวณด้านทางเข้า-ออกจากระบบทางพิเศษ 32
3.7 ปริมาณการเดินทางจากต้นทาง-ปลายทาง ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (06:00-09:00) 33
3.8 เปรียบเทียบผลการปรับแก้แบบจำลองโดยกำหนดค่าระยะห่างระหว่างรถ 0.7 วินาทีและค่าระยะเวลาตอบสนอง 1.2 วินาที ตามลำดับ 36
3.8 สถานการณ์การจำลองการควบคุมทางเข้าทางพิเศษด้วยสัญญาณไฟจราจร 43
4.1 ปริมาณจราจรที่ทางขึ้น-ลงทางพิเศษบูรพาวิถีในวันทำงาน แยกเป็นรายด่าน 45
4.2 ความเร็วเฉลี่ยบนช่วงทางพิเศษบูรพาวิถี (กม./ชม.) 46
4.3 ผลการสำรวจอัตราส่วนปริมาณจราจรต่อความจุ (V/C) และความหนาแน่นบนช่วงทางพิเศษบูรพาวิถี 49
4.4 ผลการการทดสอบค่าความแตกต่างปริมาณจราจรของแต่ละสถานการณ์ในด้านปริมาณรถที่เคลื่อนที่ได้ 51
4.5 ผลการการทดสอบค่าความแตกต่างปริมาณจราจรของแต่ละสถานการณ์ในด้านความเร็วและเวลาในการเดินทาง 52

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สภาพการจราจรติดขัดในปัจจุบันโดยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครนั้น เป็นปัญหาหลักที่ประชาชนล้วนต้องการให้ภาครัฐดำเนินการแก้ไข ซึ่งรัฐบาลได้ให้ความสำคัญในการพัฒนาระบบขนส่งมวลชน อาทิ รถไฟฟ้ามหานคร รถไฟฟ้า BTS และรถโดยสาร BRT แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ และไม่ครอบคลุมพื้นที่ในการเดินทางของประชาชนผู้อยู่อาศัยในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งทำให้การเดินทางจากเมืองรอบนอกยังใช้การเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนตัวเป็นรูปแบบการเดินทางหลัก โดยการเดินทางนั้นจะครอบคลุมทั้งโครงข่ายถนนของกรุงเทพมหานคร ถนนวงแหวนรอบนอก และโครงข่ายทางด่วนของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ปัญหาการจราจรที่แออัดบริเวณทางเชื่อมเข้า และทางออกทางพิเศษ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการจราจรติดขัดบนทางพิเศษ แม้หน่วยงานที่รับผิดชอบโดยตรงได้พยายามแก้ไขปัญหาการจราจรโดยการใช้พนักงานและเจ้าหน้าที่ตำรวจช่วยในการอำนวยความสะดวกและการระบายรถในบริเวณดังกล่าว แต่ก็ยังไม่สามารถลดปัญหาการติดขัดบริเวณทางเชื่อมเข้าและทางออกทางพิเศษได้อย่างมีประสิทธิภาพมากนัก

การจัดการควบคุมการจราจรบริเวณทางเข้า-ออกทางพิเศษ (Ramp Metering) เป็นการจัดการบนทางพิเศษอีกลักษณะหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ และมีการดำเนินการอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ ลักษณะการดำเนินการอาจใช้การจัดสัญญาณไฟจราจร การใช้ป้ายเตือน หรือการยกเลิกการให้บริการทางเข้า-ออกจากระบบ ซึ่งเป็นเป้าหมายหลักในการควบคุมบริเวณทางเข้า-ออกเพื่อควบคุมการจราจร จำกัดปริมาณจราจรที่จะเข้าใช้ระบบเพื่อให้คงความสามารถในการให้บริการของระบบได้ หรือเพื่อช่วยบรรเทาปัญหาความคับคั่งทางด้านการจราจร ปรับปรุงสภาพจราจรให้มีความคล่องตัว ซึ่งเป็นการช่วยลดระยะเวลาในการเดินทางแก่ผู้ใช้บริการระบบ เพิ่มความปลอดภัยในการเดินทาง และช่วยลดมลภาวะทางอากาศได้อีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาแบบจำลองการจราจรสำหรับใช้ในการวิเคราะห์สภาพการจราจรบนทางพิเศษ

1.2.2 เพื่อพัฒนาแบบจำลองการจราจรสำหรับประเมินสภาพการจราจร จากการจัดการควบคุมการจราจรบริเวณทางเข้า-ออกของทางพิเศษ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งศึกษาการพัฒนาแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคเพื่อจำลองสภาพการจราจรบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่1) ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) เฉพาะส่วน A B และ C และทางพิเศษฉลองรัช ทางพิเศษบูรพาวิถี ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ทั้งนี้ในขั้นตอนการประเมินผลกระทบการจราจรจากการจัดระบบสัญญาณไฟจราจรควบคุมทางเข้า-ออกบนทางพิเศษได้คัดเลือกพื้นที่ส่วนย่อย ได้แก่ ทางพิเศษบูรพาวิถี โดยการวิเคราะห์ผลกระทบการจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนของวันบนระบบโครงข่ายทางพิเศษ

รูปที่ 1.1 แผนที่โครงข่ายทางพิเศษ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิ กรมทางหลวง และการทางพิเศษแห่งประเทศไทย สามารถนำแบบจำลองจราจรที่ได้ มาใช้ในการวิเคราะห์สภาพการจราจรจากการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมทางเข้า-ออกทางพิเศษ โดยไม่กระทบต่อสภาพจราจรจริง เพื่อเป็นตัวชี้วัดในการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาการจราจรในพื้นที่ศึกษาได้

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยสามารถจัดแบ่งกระบวนการศึกษาได้ 4 ขั้นตอนได้แก่

1.5.1 ศึกษาและรวบรวมผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดสัญญาณไฟควบคุมทางเข้า-ออกทางพิเศษทั้งในประเทศและต่างประเทศ

1.5.2 ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของบริเวณทางเข้า-ออกทางพิเศษ และคุณลักษณะต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสภาพจราจร

1.5.3 ศึกษาพฤติกรรม ลักษณะการไหลของกระแสจราจร ประเภทของรถ สัดส่วน และลักษณะของยานพาหนะ ในพื้นที่ศึกษาที่เกี่ยวข้อง

1.5.4 การสร้างแบบจำลองจราจร เพื่อใช้วิเคราะห์การควบคุมทางเข้า-ออกทางพิเศษ รวมทั้งปรับแก้แบบจำลองเพื่อให้มีลักษณะเสมือนจริงมากที่สุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าออกระบบทางด่วน

การจัดการควบคุมการจราจรบริเวณทางเข้า-ออกจากระบบทางด่วน (Ramp Control) เป็นการจัดการบนระบบทางด่วนอีกลักษณะหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและมีการดำเนินการอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ ลักษณะการดำเนินการอาจใช้การจัดสัญญาณไฟจราจร การใช้ป้ายเตือนหรือการยกเลิกการให้บริการทางเข้า-ออกจากระบบดังรูปที่ 2.1 ซึ่งเป้าหมายหลักในการควบคุมบริเวณทางเข้า-ออกก็เพื่อควบคุมการจราจร จำกัดปริมาณยวดยานที่จะเข้าใช้ระบบเพื่อให้คงความสามารถในการให้บริการของระบบได้ หรือเพื่อช่วยบรรเทาปัญหาความคับคั่งทางด้านการจราจร ปรับปรุงสภาวะการจราจรให้มีความคล่องตัวขึ้น เป็นการช่วยลดระยะเวลาการเดินทางแก่ผู้ที่เข้าใช้ระบบทางด่วน เพิ่มระดับความปลอดภัยและยังช่วยลดมลภาวะทางอากาศได้อีกด้วย

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างลักษณะการจัดสัญญาณไฟควบคุมทางเข้า-ออกสายทางหลัก

การควบคุมการจราจรบริเวณทางเข้า-ออกจากระบบทางด่วนได้เปิดดำเนินการครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1963 ที่ นครชิคาโก ประเทศสหรัฐอเมริกา บนทางพิเศษ Eisenhower ซึ่งมีการควบคุมแบบจัดรอบสัญญาณไฟจราจรแบบคงที่ (Fixed Time) และต่อมาได้พัฒนาการจัดการในด้านการควบคุมโดยการขยายการดำเนินการครอบคลุมพื้นที่ ที่กว้างขึ้นเนื่องจากความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี โดยการใช้ระบบคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมในระดับโครงข่าย (System-Wide Ramp Metering) (Neudorff, Randall, Reiss, & Gordon, 2003)

การจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ระบบนั้น จะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการอย่างครบถ้วน ในส่วนต่อไปจะนำเสนอประเด็นต่างๆ ได้แก่ ประเภทของการควบคุมบริเวณทางเข้า-ออกทางด่วน มาตรการในการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วน (Ramp Metering Strategies) และกระบวนการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วน (Ramp Metering Algorithm) และในส่วนสุดท้ายจะนำเสนอผลจากการจัดมาตรการในต่างประเทศ

2.1.1 ประเภทของการควบคุมบริเวณทางเข้า-ออกทางด่วน

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

2.1.1.1 การตรวจวัดบริเวณทางเข้า (Entrance Ramp Metering) เป็นการควบคุมที่มีกระบวนโดยใช้หลักการตรวจวัด การเข้าใช้ระบบ ณ บริเวณทางเข้า ซึ่งโดยทั่วไปมักจะจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมโดยกำหนดอัตราไฟสัญญาณต่ำสุด-สูงสุดอยู่ ในช่วง 4-15 คันต่อนาทีสำหรับ 1 ช่องจราจร การควบคุมไฟสัญญาณจราจรอาจจะมีลักษณะแบบคงที่ (Pre-Timed) ในช่วงเวลาที่มีปริมาณการจราจรค่อนข้างคงตัวหรืออาจจะกำหนดอัตราการควบคุมที่ให้สัญญาณไฟจราจรแปรเปลี่ยนไปตามสภาวะการจราจร (Traffic Responsive)

2.1.1.2 การปิดให้บริการช่องทางเข้า (Entrance Ramp Closure) ลักษณะการดำเนินการค่อนข้างจะเหมือนกับการตรวจวัดบริเวณทางเข้า แต่การกำหนดอัตราการตรวจวัดจะอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 2-4 คันต่อนาทีต่อช่องทาง เนื่องจากอัตราการให้บริการของระบบในบางช่วงเวลามีค่าน้อยมาก ส่งผลให้ผู้ใช้เส้นทางไม่เกิดการยอมรับในกระบวนการควบคุมลักษณะนี้ ทำให้ต้องปิดการให้บริการทางเข้านั้นๆ แต่โดยทั่วไปมักจะไม่เกิดเหตุการณ์ในลักษณะนี้ นอกจากจะมีเหตุการณ์ที่ไม่ปกติเกิดขึ้น เช่น มีการก่อสร้าง ปรับปรุงช่องทาง มีอุบัติเหตุหรือเหตุการณ์พิเศษต่างๆ เป็นต้น

2.1.1.3 การควบคุมบริเวณทางออก (Exit Ramp Control) เป็นการควบคุมการจราจรบริเวณทางออกจากระบบทางด่วน อาจจะมีลักษณะการปิดให้บริการ เพื่อต้องการปรับปรุงการเคลื่อนตัวของกระแสการจราจรบริเวณช่วงหลักหรือใกล้ทางออกซึ่งมีผลจากสภาวะการรบกวนการจราจรบริเวณทางออกหรือปรับปรุงสภาพการจราจรบริเวณโครงข่ายถนนที่อยู่ใกล้เคียง

2.1.2 มาตรการในการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วน

มาตรการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วนในปัจจุบัน มีความหลากหลายค่อนข้างสูงเนื่องจากมีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงค่อนข้างหลากหลาย เช่น สภาพพื้นที่ ความสามารถในการนำระบบการจัดการที่มีประสิทธิภาพเข้ามาใช้ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ซึ่งมาตรการที่มีการใช้งานกันโดยทั่วไปประกอบด้วย (Neudorff, et al., 2003)

2.1.2.1 การจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วนแบบมีและไม่มีข้อจำกัด (Restrictive and Non-Restrictive Ramp Metering)

การจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วนแบบมีข้อจำกัดจะมีการกำหนดค่าอัตราการตรวจวัดการจราจรในระดับที่ต่ำกว่าสภาวะที่ ไม่มีการควบคุมในบริเวณนั้น เพื่อปรับปรุงสภาวะความคับคั่งด้านการจราจรบนระบบทางด่วนเนื่องจากช่วยลดปริมาณยานพาหนะที่ ต้องการเข้าใช้ระบบทางด่วนที่เผชิญกับสภาวะความคับคั่งด้านปริมาณจราจรโดยเฉพาะบริเวณต้นทาง (Upstream) ซึ่งส่งผลให้ผู้ที่ต้องการเข้าใช้ระบบจำนวนหนึ่งเปลี่ยนทางเลือกในการเดินทางโดยหันไปใช้โครงข่ายถนนแทน ในขณะที่ การจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วนแบบไม่มีข้อจำกัด ควบคุมระบบโดยการกำหนดค่าอัตราการตรวจวัดที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าเฉลี่ยการมาถึงของยวดยานเพื่อควบคุมปริมาณแถวคอยที่เกิดบริเวณทางเข้าให้มีค่าน้อยกว่าสภาวะที่มีการควบคุมแบบมีข้อจำกัดโดยการยอมให้กลุ่มของยานพาหนะสามารถเข้าใช้ช่องทางหลักได้ครั้งละหนึ่งถึงสองคัน การควบคุมลักษณะนี้ สามารถลดปัญหาการเฉี่ยวชน ขัดแย้งกัน และมักจะใช้เมื่อระบบทางด่วนยังคงประสิทธิภาพในการให้บริการอยู่ แต่ถ้าหากเกิดสภาวะวิกฤติเนื่องจากการจราจรคับคั่งทั่วทั้งพื้นที่ โครงข่ายการดำเนินการควบคุมแบบมีข้อจำกัดก็ไม่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพเช่นกันเนื่องจากผู้ใช้ยานพาหนะไม่สามารถเลือกเส้นทางการเดินทางได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.1.2.2 การจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วนแบบเป็นพื้นที่ย่อยและแบบระบบโดยรวม (Local and System-Wide Ramp Metering)

- การจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วนแบบเป็นพื้นที่ย่อยเป็นการควบคุมการจราจรที่ถูกนำมาใช้เฉพาะพื้นที่ ที่เผชิญกับปัญหาทางด้านการจราจรโดยใช้อัตราการตรวจวัดสามารถจัดดำเนินการได้ทั้งบริเวณทางเข้าและออกแบบมีและไม่มีข้อจำกัดหรือสามารถจัดการควบคุมแบบเดี่ยวหรือแบบกลุ่มในแต่ละทางเข้า-ออก โดยทั่วไปการพิจารณาการดำเนินการมักจะพิจารณาตามลักษณะการควบคุมแบบมีและไม่มีข้อจำกัด เนื่องจากการควบคุมแบบไม่มีข้อจำกัด การตรวจวัดทางเข้า -ออกแบบพื้นที่ เดี่ยวจะถูกนำมาใช้เมื่อเกิดสภาวะจราจรติดขัดในบางพื้นที่ ที่สามารถใช้การความคุมทางเข้า-ออกเดี่ยวได้ซึ่งจะไม่เหมาะสำหรับนำมาใช้

จัดการกับสภาวะการจราจรคับคั่งที่เกิดขึ้นทั่วทั้งระบบโครงข่ายถนนและสำหรับการควบคุมแบบมีข้อจำกัด การตรวจวัดทางเข้า-ออกแบบพื้นที่ จะถูกนำมาใช้ในการกำหนดอัตราการตรวจวัดในระดับที่ต่ำกว่าอัตราการเข้ามาถึงบริเวณการควบคุมของยวดยานและจะขึ้นอยู่กับความยาวของแถวคอยบริเวณทางเข้าและความสามารถในการให้บริการได้ของระบบโครงข่ายถนนที่อยู่ใกล้เคียงด้วย

- การจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วนแบบเป็นระบบโดยรวม การควบคุมในลักษณะนี้ มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายซึ่งการควบคุมจะครอบคลุมพื้นที่ เป็นช่วงบนทางด่วนหรือเป็นกลุ่มของตัวควบคุมหรือกลุ่มของทางเข้าที่สนใจโดยทั่วไปมักจะใช้จัดการกับปัญหาทางด้านการจราจรที่ เผชิญอยู่แล้วในระดับโครงข่าย เช่นสภาวะคอขวดหรือความคับคั่งที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเร่งด่วนที่เกิดขึ้นในหลายๆ พื้นที่ เป็นต้น

2.1.3 กระบวนการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วน (Ramp Metering Algorithm)

ในปัจจุบันมีความหลากหลายในการวางแผนและการดำเนินการด้านการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ระบบทางด่วนซึ่งสามารถแบ่งประเภทตามกระบวนการควบคุมเป็น 2 ประเภทหลัก คือกระบวนการควบคุมแบบเป็นพื้นที่เดี่ยว(Isolate Ramp Metering Algorithms) และกระบวนการควบคุมแบบเป็นพื้นที่ ประสานกัน(Coordinate Ramp Metering Algorithms) ซึ่งสามารถแบ่งย่อยรายละเอียดเป็น 4 ประเภท ได้แก่ (Jin & Zhang, 2001)

2.1.3.1 กระบวนการควบคุมแบบเป็นพื้นที่เดี่ยว (Isolate Ramp Metering Algorithms)

เป็นกระบวนการที่ ได้จัดอัตราการควบคุมบริเวณทางเข้าออกจากทางด่วนสำหรับทางเข้าเดี่ยวซึ่งการควบคุมจะเป็นอิสระจากทางเข้าทางด่วนอื่นๆ และอัตราการควบคุมจะขึ้นกับสภาวะการจราจรในพื้นที่นั้นๆ เช่น ปริมาณการจราจรต่อชั่วโมง อัตราการครอบครองพื้นที่ ความเร็วในการเดินทางหรือแถวคอยที่ เกิดขึ้นเป็นครั้งคราวบริเวณทางเข้าออกนั้นๆ ตัวอย่างการควบคุมในลักษณะนี้ เช่น กระบวนการควบคุมในโซนพื้นที่ (Zone Algorithm) และกระบวนการแบบ Asservissement Linéaire d’Entrée Autoroutière (ALINEA) เป็นต้น

2.1.3.2 กระบวนการควบคุมแบบเป็นพื้นที่แบบสัมพันธ์กัน (Cooperative Ramp Metering Algorithms)

เป็นกระบวนการที่มีระบบการควบคุมครอบคลุมทั่วพื้นที่ ทั้งระบบลักษณะการทำงานประสานกันซึ่งจะพิจารณาสภาวะการจราจรทั่วทั้งระบบโดยมีศูนย์กลางซึ่งคอยรับข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์หาอัตราการควบคุมตามสภาวะการจราจรในแต่ละทางเข้าออก และจะทำการ

ปรับแก้ข้อมูลก่อนที่ จะส่งอัตราการควบคุมที่ เหมาะสมไปทำการดำเนินการจริง ซึ่งกระบวนการควบคุมนี้ ได้พัฒนามาจากกระบวนการควบคุมแบบเป็นพื้นที่เดี่ยวเพื่อจัดการกับความคับคั่งด้านการจราจรเนื่องจากสภาวะคอขวด และข้อจำกัดทางด้านความยาวแถวคอย โดยเฉพาะบริเวณทางเข้าออกที่มีสภาวะการจราจรค่อนข้างวิกฤตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างการควบคุมในลักษณะนี้ เช่น กระบวนการควบคุมแบบ Helper การควบคุมแบบ Link-Ramp Algorithm เป็นต้น

2.1.3.3 กระบวนการควบคุมแบบแข่งขัน (Competitive Algorithms)

เป็นกระบวนการควบคุมพื้นที่ของทางเข้าซึ่งอาจจะมีมากกว่าหนึ่งทางในรูปแบบการทำงานประสานกันซึ่งเป็นลักษณะหนึ่งของการควบคุมแบบพื้นที่ ประสานกันแต่การควบคุมแบบนี้ จะพิจารณาค่าอัตราการตรวจวัดสองกลุ่มด้วยกัน ซึ่งค่าหนึ่งมาจากการพิจารณาสภาวะจราจรแบบพื้นที่ ย่อย(Local Traffic Condition) และอีกค่ามาจากการพิจารณาพื้นที่กว้าง (Global Traffic Condition) ซึ่งจะเปรียบเทียบค่าที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้งานจริง ตัวอย่างการควบคุมในลักษณะนี้เช่น กระบวนการควบคุมสภาวะคอขวด (Bottleneck Algorithm) ระบบการควบคุมแบบเป็นพื้นที่กว้าง (System-Wide Adaptive Ramp Metering; SWARM)

2.1.3.4 กระบวนการควบคุมแบบรวมกลุ่ม (Integral Ramp Metering Algorithms)

เป็นกระบวนการควบคุมครอบคลุมพื้นที่ทั้งระบบและเป็นลักษณะหนึ่งของกระบวนการควบคุมแบบเป็นพื้นที่ประสานกัน มีหลักในการควบคุมเพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายหลักในการดำเนินการซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะคำนึงถึงเป้าหมายในด้านเวลาการเดินทาง การวิเคราะห์ต้องคำนึงถึงข้อจำกัดของระบบ เช่น ค่าความยาวแถวคอยสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ในบริเวณทางเข้า ค่าความสามารถในการให้บริการในสภาวะคอขวด และปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ประเมินรูปแบบมาตรการที่ มีความเหมาะสมกับเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ ตัวอย่างการควบคุมลักษณะนี้ เช่นการควบคุมแบบ Fuzzy Logic Algorithm การควบคุมโดยการใช้ วิธี Linear Programming Algorithm หรือการควบคุมแบบ Dynamic Metering Control Algorithm เป็นต้น

ทั้งนี้การใช้สัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าทางด่วนในต่างประเทศมีเป้าหมายหลักเพื่อจำกัดปริมาณจราจรในสายทางหลักหรือรักษาระดับความจุของระบบและเพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดปัญหาความคับคั่งนั่นเอง แต่ทั้งนี้ผลกระทบที่เกิดจากการควบคุมบริเวณทางเข้าสู่ระบบจะมีผลต่อพฤติกรรมของผู้ขับขี่ในด้านการเลือกใช้เส้นทางเดินทางและอาจจะต้องใช้เครื่องมือใน

ด้านการแจกแจงการเดินทางในลักษณะที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (Dynamic Assignment Tool) เพื่อทำการส่งเสริมการเข้าใช้พื้นที่โครงข่ายทางด่วนด้วย (Jin & Zhang, 2001)

2.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากการควบคุมการเข้าใช้ทางด่วน

จากการดำเนินการจัดการควบคุมบริเวณทางเข้าใช้ทางด่วนในต่างประเทศที่ผ่านมา สามารถประเมินประโยชน์จากการดำเนินการในด้านสภาพการจราจร และด้านความปลอดภัยในที่พื้นที่ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างประโยชน์จากการดำเนินการควบคุมการจราจรที่ ทางเข้า-ออกระบบ (Jacobson, Stribiak, Nelson, & Sallman, 2006)

เมือง	ประโยชน์ด้านสภาพการจราจร	ประโยชน์ด้านความปลอดภัย	เวลาดำเนินการ (ปี ค.ศ.)
Portland, Oregon	เพิ่มความเร็วจาก 24 กม./ชม. เป็น 66 กม./ชม.	ลดการเกิดอุบัติเหตุในช่วงเร่งด่วนได้ 43%	1981
Minneapolis/ St. Paul, Minnesota	ในช่วงเร่งด่วนความเร็วเพิ่มขึ้นจาก 64 กม./ชม. เป็น 69 กม./ชม. และปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้น 25%	ลดการเกิดอุบัติเหตุในช่วงเร่งด่วนได้ 38%	1989
Seattle, Washington	ในช่วงเร่งด่วนเวลาการเดินทางลดลงจาก 22 นาที เป็น 11.5 นาที และปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้น 74%	ลดการเกิดอุบัติเหตุได้ 34%	1981-1987
Denver, Colorado	ในช่วงเร่งด่วนเช้าความเร็วเพิ่มขึ้นจาก 69 กม./ชม. เป็น 80 กม./ชม. และปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้น 18.5%	ลดการเกิดอุบัติเหตุได้ 50%	1981-1989
Detroit, Michigan	ความเร็วเพิ่มขึ้น 8% และปริมาณจราจรเพิ่มขึ้น14%	ลดการเกิดอุบัติเหตุได้ 50%	1984
Long Island, New york	ความเร็วเพิ่มขึ้น 9%	ลดการเกิดอุบัติเหตุได้ 15%	1991

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นอกจากประเด็นดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น การวางแผนการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าระบบจะต้องคำนึงถึงประเด็นในด้านการตอบรับจากผู้ใช้ระบบการบังคับใช้ทางกฎหมาย รวมถึงการจัดสิ่งอำนวยความสะดวกประเภทอื่นที่ สนับสนุนการจัดการในระบบนี้ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น

2.3 ผลกระทบจากการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ทางด่วน

จากการทบทวนการศึกษาการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้า-ออก ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสีย ของการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้า-ออก มีดังนี้

2.3.1 ข้อดีของการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้า-ออก

จากการทบทวนงานวิจัยพบว่าการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้า-ออก จะช่วยในการเพิ่มความเร็วบนทางด่วนให้มีการเคลื่อนตัวได้ดีขึ้น ซึ่งจะช่วยลดเวลา และความล่าช้าในการเดินทางบนทางด่วน และลดความล่าช้าในการเดินทาง ช่วยเพิ่มความจุบนทางด่วน ลดการเกิดอุบัติเหตุ ลดการติดขัดบนทางด่วน ลดการปล่อยมลพิษ ลดอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบตัวชี้วัดข้อดีของการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้า-ออก

ตารางที่ 2.2 สรุปตัวชี้วัดข้อดีของการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้า-ออก

ตัวชี้วัด	ประโยชน์ที่ได้
เวลาในการเดินทาง	ลดลง 20%-48%
ความเร็วในการเดินทาง	เพิ่มขึ้น 16%-62%
ความจุบนทางด่วน	เพิ่มขึ้น 17%-25%
อัตราการเกิดอุบัติเหตุ	ลดลง 15%-50%
การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	ลดลง 41%
การปล่อยมลพิษ	ลดการปล่อย CO 122,000 ตัน/ปี
	ลดการปล่อย HC 1,400 ตัน/ปี
	ลดการปล่อย NOx 1,200 ตัน/ปี

จากการสำรวจของ FHWA ของการติดตั้ง Ramp metering จำนวน 7 เมืองในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศแคนาดา พบว่าความเร็วเฉลี่ยบนทางด่วนเพิ่มขึ้น 29 % จากการติดตั้ง Ramp metering

2.3.2 ข้อเสียของการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้า-ออก

จากการดำเนินการจัดการควบคุมบริเวณทางเข้า-ออกจากทางด่วนในต่างประเทศที่ผ่านมา สามารถสรุปข้อเสียของการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้า-ออกประกอบได้ดังนี้

2.3.2.1 การปรับเปลี่ยนเส้นทาง

การปรับเปลี่ยนเส้นทางของผู้ใช้ทาง เป็นผลจากการหยุดชะงักทางเข้า-ออกทางด่วนจากการติดตั้งสัญญาณไฟควบคุม ส่งผลให้เกิดแถวคอยบริเวณ meter ramp ส่งผลให้เกิดความล่าช้าบริเวณทางเข้าทางด่วน จากการสำรวจผู้ใช้ทางบางส่วนโดยเฉพาะผู้ที่เดินทางสั้นๆ จะเปลี่ยนไปใช้เส้นทางรองอื่นๆ ที่เป็นทางเลือก เพื่อหลีกเลี่ยงการติดขัดบริเวณทางเข้า จากการสำรวจพบว่าจะมีรถที่เปลี่ยนเส้นทางอื่นประมาณ 5-10% โดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเส้นทางสายรองที่เป็นทางเลือกว่าสามารถตอบสนองการเดินทางของผู้ใช้ทางที่ทำให้เวลาในการเดินทาง หรือระยะทางที่น้อยกว่าได้หรือไม่

2.3.2.2 การเพิ่มขึ้นของความล่าช้าบริเวณทางเข้า และการติดขัดบริเวณทางเข้าย้อนกลับไปถนนสายรอง

จากการสำรวจพบว่าการติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมทางเข้าออก พบว่าจะทำให้เกิดความล่าช้าบริเวณทางเข้า แต่อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ความล่าช้าโดยภาพรวม ซึ่งจะทำให้ทางสายหลักสามารถระบายรถได้ดีขึ้น ซึ่งทำให้ความล่าช้าโดยภาพรวมน้อยลงได้ แต่บ่อยครั้งการติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมทางเข้า ส่งผลให้เกิดแถวคอยบริเวณทางเข้าทางด่วน และย้อนกลับไปจนถึงถนนสายรอง ทำให้ถนนสายรองเกิดการติดขัดตามไปด้วย

2.3.2.3 การยอมรับของประชาชนในพื้นที่

การยอมรับของประชาชนในพื้นที่ เป็นที่กล่าวถึงบ่อยในการรับฟังเสียงประชาชน ซึ่งถึงแม้การติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมทางเข้าออกจะทำให้เวลาในการเดินทางโดยรวมดีขึ้น โดยเฉพาะการเดินทางระยะยาว แต่เนื่องจากติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมทางเข้าออก จะส่งผลให้เกิดการจำกัดการเข้าสายทางหลัก ส่งผลให้การเดินทางในพื้นที่เกิดความไม่สะดวก และรถต้องมีการหยุดปล่อย บ่อยครั้งทำให้เกิดความรำคาญของผู้ใช้ทาง นอกจากนี้การฝ่าฝืนสัญญาณไฟจะเกิดขึ้นบ่อยครั้ง โดยเฉพาะการติดตั้งในช่วงแรกๆ ซึ่งทำให้การควบคุมการเข้า ออก ไม่มีประสิทธิภาพมากนัก

2.3.2.4 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง และบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้น

ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง และบำรุงรักษาอุปกรณ์สัญญาณไฟควบคุมทางเข้าออกเป็นสิ่งที่สำคัญ โดยค่าใช้จ่ายขึ้นอยู่กับลักษณะเรขาคณิตทางทางเข้าออกเดิมด้วย ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อการตัดสินใจของบริหาร ในการคิดถึงความคุ้มทุนในการติดตั้ง ทั้งนี้ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นผลประโยชน์ในภาพรวมทางด้านเศรษฐกิจมากกว่า ผลประโยชน์ทางด้านการเงิน

2.3.2.5 การปล่อยมลพิษ และการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงบริเวณทางเข้า

จากการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรควบคุมทางเข้า-ออก จะส่งผลให้เกิดความล่าช้า และเกิดสภาพการ หยุดและไปตามช่วงจังหวะสัญญาณไฟ ส่งผลให้เกิดมลพิษ และการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงบริเวณทางเข้าออกมากขึ้น

2.4 แนวคิดระบบวิศวกรรมจราจร (Traffic System Concepts)

ในการศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของกระแสจราจรนั้น จำเป็นต้องเข้าใจลักษณะพื้นฐานของสภาพการจราจร ซึ่งสามารถทำได้โดยกำหนดตัวแปรที่เหมาะสมที่สามารถใช้อธิบายลักษณะพื้นฐานของการเคลื่อนของกลุ่มยวดยานเหล่านั้น ตัวแปรสำคัญที่นิยมใช้บ่งบอกลักษณะของกระแสจราจรได้แก่ ปริมาณจราจรหรืออัตราการไหล (Traffic volume or Flow) ความเร็วและเวลาในการเดินทาง (Speed and Travel time) ความหนาแน่นและการครอบครองผิวจราจร (Density and Occupancy) ระยะห่าง (Spacing) และช่วงห่าง (Headway) โดยตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์ในระดับมหภาค (Macroscopic parameters) ได้แก่ ปริมาณจราจรและอัตราการไหลความเร็ว และความหนาแน่น สำหรับตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์ในระดับจุลภาค (Microscopic parameters) ได้แก่ ความเร็วของยวดยานแต่ละคัน ระยะห่าง และช่วงห่าง (Gerlough & Huber, 1976)

-ปริมาณจราจรหรืออัตราการไหล (Traffic volume or Flow) : หมายถึงจำนวนรถที่ผ่านถนนช่วงใดช่วงหนึ่งในช่วงเวลาหนึ่ง มีหน่วยเป็น คัน/ชม. ใช้สัญลักษณ์คือ q

-ระยะช่วงห่างรถยนต์ (Headway) : หมายถึง ค่าระยะเวลาหรือระยะทางระหว่างรถ 2 คัน ที่เคลื่อนที่ไปในช่องทางเดียวกัน การกำหนดค่า Headway กระทำได้ 2 อย่าง คือ

ก.ใช้วิธีนับเวลา (Time Headway) ใช้วัดเวลาของรถ 2 คัน โดยนับเวลาเมื่อส่วนหน้าของรถคันแรกผ่านจุดที่กำหนดจนถึงเมื่อส่วนหน้าของรถคันต่อมาผ่านจุดๆนั้น ใช้สัญลักษณ์คือ h_t

ข.ใช้วิธีนับระยะทาง (Space Headway) คือระยะทางระหว่างส่วนหน้าของรถคันแรกกับส่วนหน้าของรถคันที่แล่นตามมา ใช้สัญลักษณ์คือ h_d

-ความหนาแน่นของการจราจร (Density) : หมายถึง การนับจำนวนยานพาหนะต่อความยาวของถนนช่วงใดช่วงหนึ่ง มีหน่วยเป็น คัน/ช่องจราจร/กม. ใช้สัญลักษณ์คือ k

-ความเร็ว (Speed) : คือ อัตราการเคลื่อนที่ในหน่วยระยะทางต่อเวลา หรือคือส่วนกลับของเวลาที่ยวดยานใช้ในการเคลื่อนที่ในระยะทางที่กำหนด คูณด้วยระยะทางนั้น ในกระแสจราจรยวดยานแต่ละคันจะวิ่งด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน การอธิบายคุณสมบัติความเร็วของกระแสจราจรจึงใช้ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วของยวดยานในกระแสจราจรในการอธิบายคุณสมบัติดังกล่าว จำเป็นต้องใช้ค่าความเร็วเฉลี่ยเป็นตัวแทนความเร็วของยวดยานทั้งหมดในกระแสจราจรสำหรับอธิบายลักษณะของกระแสจราจรนั้น โดยความเร็วเฉลี่ยสามารถคำนวณหาได้ 2 วิธี และให้ค่าที่แตกต่างกัน ได้แก่

- Time mean speed (TMS) คือ ค่าเฉลี่ยความเร็วของยวดยานทั้งหมดที่วิ่งผ่านตำแหน่งใดๆ บนถนนหรือช่องจราจรในช่วงเวลาที่กำหนด มีหน่วยเป็น กม./ชม. ใช้สัญลักษณ์คือ U_t
- Space mean speed (SMS) คือ ค่าเฉลี่ยความเร็วของยวดยานทั้งหมดที่ครอบครองช่วงถนนที่พิจารณาในช่วงเวลาที่กำหนด มีหน่วยเป็น กม./ชม. ใช้สัญลักษณ์คือ U_s

-เวลาในการเดินทาง (Travel Time) : คือ เวลาทั้งหมดที่ยวดยานใช้ในการเดินทางในช่วงถนนหรือระยะทางที่กำหนด ขณะที่ เวลารถวิ่ง (Running time) คือ เวลาทั้งหมดเฉพาะช่วงที่รถวิ่งที่ใช้ในการเดินทางในช่วงถนนหรือระยะทางที่กำหนด ความแตกต่างกันระหว่างเวลาทั้งสองประเภทนี้คือกรณีเวลารถวิ่ง จะไม่นำความล่าช้าที่เกิดจากการหยุดรถ (Stopped delays) มาพิจารณาเป็นเวลาที่ใช้ในการเดินทาง ขณะที่เวลาในการเดินทาง จะนำความล่าช้าดังกล่าวมาพิจารณาร่วมด้วย ดังนั้นความเร็วเดินทางเฉลี่ย จะอ้างอิงกับเวลาในการเดินทางเฉลี่ย และความเร็วรถวิ่งเฉลี่ย จะอ้างอิงกับเวลารถวิ่งเฉลี่ย

-เวลาเฉลี่ยเวลาในการเดินทาง (Average Travel Time) : คือค่าผลรวมของเวลาการเดินทางของรถแต่ละคันหารด้วยจำนวนรถ

-ความล่าช้าในการเดินทาง (Travel Time Delay) คือเวลาทั้งหมดที่สูญเสียไปของการเดินทางโดยรถยนต์ ที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของผู้ขับขี่ ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าจากการหยุดรถ (Stopped delays) ในช่วงถนนหรือระยะทางที่กำหนด ของรถแต่ละคัน โดยคำนวณได้จาก ความ

แตกต่างระหว่างเวลาในการเดินทางที่เกิดขึ้นจริงกับเวลาในการเดินทางในสภาพกระแสการจราจรที่ไม่แออัด มีหน่วยเป็น วินาที/คัน

-ความล่าช้าเฉลี่ยในการเดินทาง (Average Travel Time Delay) คือค่าผลรวมของความล่าช้าในการเดินทางของรถแต่ละคันหารด้วยจำนวนรถ ในช่วงถนนหรือระยะทางที่กำหนด มีหน่วยเป็น วินาที

-การไหลแบบคอขวด (Bottleneck) : เป็นช่วงของถนนที่มีลักษณะการบีบอัดความจุปริมาณจราจรซึ่งมักเกิดจากช่วงถนนที่มีการลดจำนวนช่องจราจร เช่น บริเวณที่เป็นสะพาน หรืออุโมงค์

-ช่องจราจรปรับเปลี่ยนทิศทาง (Reverse Lane): คือช่องจราจรที่สามารถปรับเปลี่ยนทิศทางได้ ส่วนมากเป็นช่องจราจรที่ติดกับช่องจราจรที่สวนทิศทางกัน มักไว้ใช้กับการแก้ปัญหาจราจรในช่วงโมงเร่งด่วนโดยปรับทิศทางช่องจราจรไปตามทิศทางที่มีปริมาณจราจรมากกว่าเพื่อช่วยเพิ่มความจุของถนน ในการระบายรถในชั่วโมงเร่งด่วน

2.4.1 ความสัมพันธ์พื้นฐานของกระแสจราจร

ความสัมพันธ์พื้นฐานของกระแสจราจร ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันในการจราจรคือ ปริมาณจราจร (Volume) ความเร็ว (Speed) ความหนาแน่น (Density) โดยมีสมการคือ q=u*k

2.4.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและปริมาณจราจร

ภายใต้สภาพการไหลที่ไม่มีการขัดจังหวะซึ่งหมายถึง ไม่มีปัจจัยทั้งหลายจากภายนอกมาขัดจังหวะ อันได้แก่ ทางแยก ป้ายจราจร สัญญาณไฟจราจร ที่มาควบคุมการไหลของการจราจรจะพบว่าความเร็วมีค่าลดลงเมื่อปริมาณจราจรหรือการไหลที่ค่าเพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์นี้จะเป็นจริงไปจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งซึ่งปริมาณจราจรหรือการไหลมีค่ามากที่สุด หลังจากนั้นทั้งความเร็วและการไหลจะลดลงเหลือเพียงความหนาแน่นเท่านั้นที่ยังคงเพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์นี้จะแตกต่างกันสำหรับถนนต่างๆ ที่ไม่เหมือนกัน

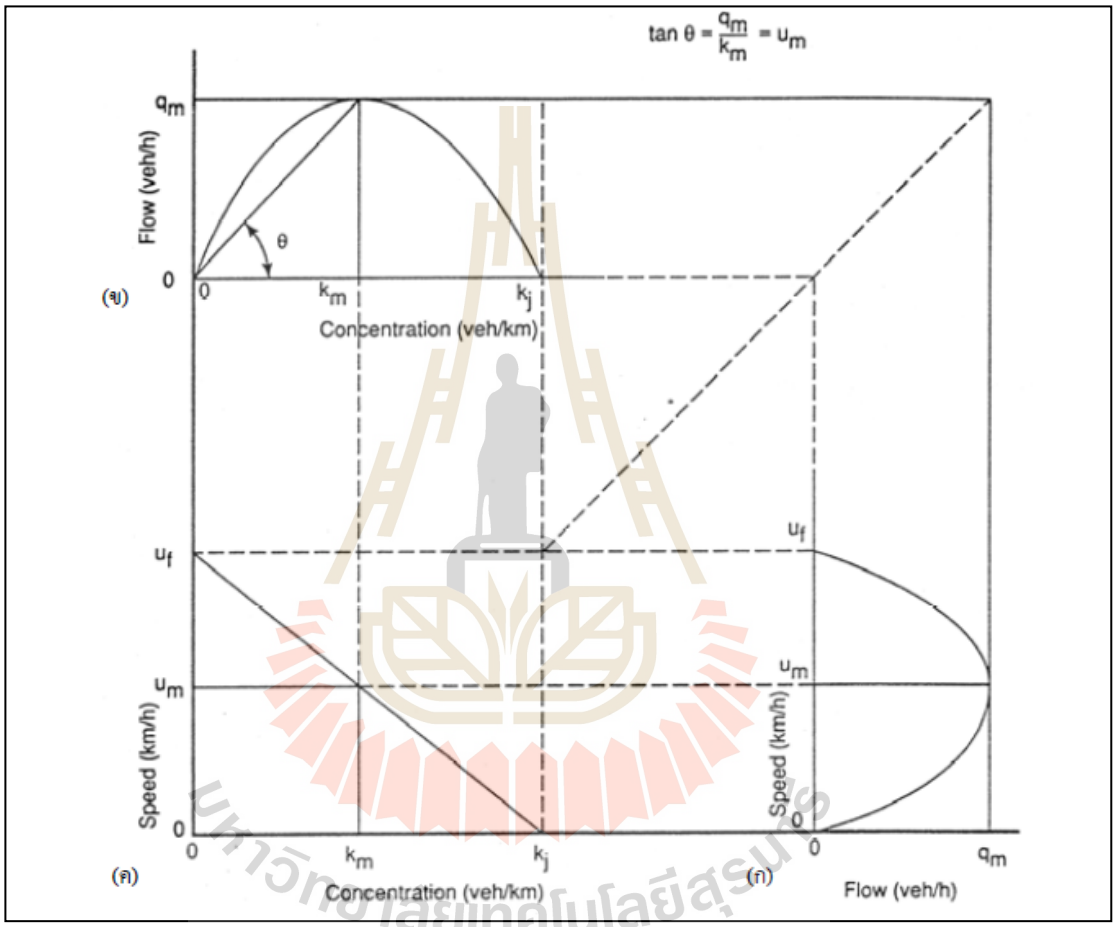
2.4.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรกับความหนาแน่น

โดยทั่วไปเมื่อปริมาณจราจรหรือการไหลเพิ่มขึ้นความหนาแน่นก็จะเพิ่มไปด้วยจนกระทั่งถึงจุดความหนาแน่นวิกฤติ (Critical Density) หรือการไหลสูงสุด หลังจากจุดนี้ไปแล้วปริมาณจราจรหรือการไหลจะลดลงถึงแม้ว่าความหนาแน่นจะยังคงเพิ่มขึ้นต่อไปอีก จุดที่ไม่มีการไหลของการจราจรต่อไปแล้วจะเป็นจุดแสดงความหนาแน่นสูงสุดซึ่งเรียกว่าความหนาแน่นแออัด (Jam

density) ความชันของเส้นตรงที่ลากเชื่อมจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดใดๆ บนกราฟเส้นโค้ง ความเร็วเฉลี่ยจากช่วงห่าง (Space mean speed) ที่ปริมาณของการจราจร ณ จุดนั้น

2.4.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความหนาแน่น

ตามปกติความเร็วจะลดลงเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจนกระทั่งความเร็วของการจราจรเข้าใกล้ศูนย์ที่ความหนาแน่นแออัดมาถึงความสัมพันธ์นี้



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจร-ความหนาแน่น ความเร็ว-ปริมาณจราจร และความเร็ว-ความหนาแน่น

2.4.2 การจำลองสภาพการจราจร

ปัญหาการจราจรคับคั่งเป็นปัญหาใหญ่ที่สำคัญและส่งผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจ สังคม และสภาพแวดล้อม การแก้ปัญหาการจราจรที่แท้จริงนั้นควรจะเริ่มจากการศึกษาสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นอย่างถ่องแท้และครอบคลุมพื้นที่ที่ประสบปัญหาแต่เนื่องจากข้อจำกัดในด้านของขนาดและความสลับซับซ้อนของโครงข่ายการจราจรซึ่งเป็นโครงข่ายขนาดใหญ่และมีองค์ประกอบมากมาย

จึงเป็นการยากที่จะทำการวิเคราะห์ลักษณะทางด้านการจราจรให้มีความถูกต้องที่สุด 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

ในปัจจุบันมีการพัฒนาแบบจำลองทางด้านการจราจรในระดับจุลภาคให้เลือกใช้งานอย่างแพร่หลาย ซึ่งแต่ละแบบจำลองมีสมรรถนะในการจำลองเหตุการณ์ได้แตกต่างกัน การเลือกใช้งานก็จำเป็นที่จะต้องทำการประเมินถึงความเหมาะสม สามารถพัฒนาแบบจำลองได้ในระดับที่น่าเชื่อถือมีความยืดหยุ่นและให้ความถูกต้องเที่ยงตรงมากที่สุด ซึ่งโปรแกรมที่นิยมใช้งานกัน เช่น Aimsun NG CONTRAM CARFLO CORSIM HUTSIM INTEGRATION PARAMICS VISSIM และโปรแกรมอื่น ๆ อีกมากซึ่งมีสมรรถนะในการใช้งานที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถของโปรแกรมต่าง ๆ ในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศกับการจราจร ของโปรแกรมต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าแบบจำลองต่างๆนั้นมีความสามารถในการจำลองหลากหลายแตกต่างกันไป การคำนึงถึงความสามารถของโปรแกรมใช้งานและเป้าหมายของการศึกษาจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ตัดสินใจเลือกใช้โปรแกรมที่มีประสิทธิภาพในการจำลองสภาวะการต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลตามเป้าหมายได้ (ITS, 2000)

ตารางที่ 2.3 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในด้านการจราจรและขนส่งของโปรแกรมต่างๆ

การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศกับการขนส่ง (Transport Telematics Function)	**Aimsun NG**	**CONTRAM**	**CORFLO**	**CORSIM**	**HUTSIM**	**INTREGRATION**	**PARAMICS**	**VISSIM**
การยับยั้งการจราจร (Traffic calming)	-	-	-	-	X	X	X	X
พฤติกรรมผู้ขับขี่ (Driver behavior)	X	-	-	X	-	X	X	-
สภาวะเครือข่าย (Network conditions)	X	-	-	-	X	-	X	-
ค่าการจราจรติดขัด (Congestion pricing)	-	-	-	-	X	-	X	-
อุบัติการณ์ (Incidents)	X	-	X	X	X	X	X	X
รถจักรยานยนต์ (Motorcycles)	-	-	-	-	-	-	-	-
การสะสมของแถวคอย (Queue spill back)	X	-	-	X	X	X	X	X
การควบคุมทางเข้า ออกทางด่วน (Ramp metering)	X	-	-	X	X	X	X	X
ระบบสัญญาณไฟจราจรสัมพัทธ์ (Co-ordinated traffic signals)	X	X	-	X	X	X	X	X
ระบบสัญญาณไฟจราจรแบบปรับได้ (Adaptive traffic signals)	X	X	-	X	X	X	X	X
อุปกรณ์ทางด้านการจราจร (Traffic devices)	X	-	-	-	-	X	X	-
การทำนายรูปแบบการไหลของเครือข่าย (Network flow pattern predictions)	-	-	-	-	X	X	X	X
ปฏิกิริยาต่อกันระหว่างยานพาหนะ	X	-	-	X	-	X	X	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศกับการขนส่ง (Transport Telematics Function)	**Aimsun NG**	**CONTRAM**	**CORFLO**	**CORSIM**	**HUTSIM**	**INTREGRATION**	**PARAMICS**	**VISSIM**
(Vehicle interaction)								
การสร้างเครือข่ายแบบกราฟิก	X	X	-	-	X	-	-	X
การนำเสนอผลลัพธ์แบบกราฟิก	X	X	-	X	X	X	X	X

2.4.3 ข้อดีและข้อเสียของแบบจำลองจราจรระดับจุลภาค

แบบจำลองจราจรระดับจุลภาคเป็นแบบจำลองคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาลักษณะการเคลื่อนตัวรถแต่ละคันที่วิ่งบนโครงข่ายถนน โดยกำหนดกฎนิยามของพฤติกรรมการขับขี่ของรถ และประสิทธิภาพของรถแต่ละประเภท แบบจำลองจราจรระดับจุลภาคสามารถปฏิบัติการได้โดยการตั้งค่ารูปแบบโครงข่ายถนน การใส่ข้อมูลของรถที่เสมือนจริง การกำหนดแนวเส้นการเคลื่อนตัวของรถผ่านโครงข่ายถนน และทำการสรุป วิเคราะห์ผลของรถทั้งหมด เพื่อวัดประสิทธิภาพนโยบายต่างที่วางแผนไว้

2.4.3.1 ข้อดีของแบบจำลองจราจรระดับจุลภาค

- สามารถวิเคราะห์ปัญหาจราจรที่ซับซ้อนได้ เช่น การวิเคราะห์ระบบจราจรอัจฉริยะ (ITS) การวิเคราะห์ทางแยก การวิเคราะห์การเคลื่อนตัวแบบshockwave ผลกระทบจราจรต่อการเกิดอุบัติการณ์
- สามารถศึกษาถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงโครงข่าย หรือสิ่งอำนวยความสะดวกบนโครงข่าย เช่นป้ายข้อความจราจรปรับเปลี่ยนได้ (VMS)
- สามารถพัฒนาแบบจำลองระบบใหม่ๆได้ และวิเคราะห์ประสิทธิที่มีความเหมาะสม
- สามารถวิเคราะห์ผลกระทบด้านจราจรจากการออกแบบด้านเรขาคณิต หรือการควบคุมจราจร เช่น การออกแบบวงเวียน การออกแบบสัญญาณไฟจราจร การออกแบบทางเดินเท้า
- สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแถวคอยซึ่งเกิดจากการปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น การเพิ่มทางเชื่อม การติดตั้ง ramp metering
- สามารถจำลองสภาพจราจรแบบ real time
- แบบจำลองเป็นการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวรถแต่ละคัน ซึ่งจะได้ผลการวิเคราะห์ดีกว่าการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของรถแบบกลุ่ม
- เป็นการจำลองพฤติกรรมคนขับรถ และโครงข่ายถนนที่มีประสิทธิภาพเสมือนจริงที่สุด

- สามารถนำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้มาจัดลำดับเพื่อวัดประสิทธิภาพในแต่ละทางเลือกได้
- สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลจราจรได้ง่าย
- สามารถวิเคราะห์ข้อมูล ที่มีลักษณะรูปแบบการเข้าของปริมาณจราจร และรูปแบบการให้บริการที่ซับซ้อนจนไม่สามารถคำนวณทางคณิตศาสตร์

2.4.3.2 ข้อจำกัดและข้อเสียของแบบจำลอง

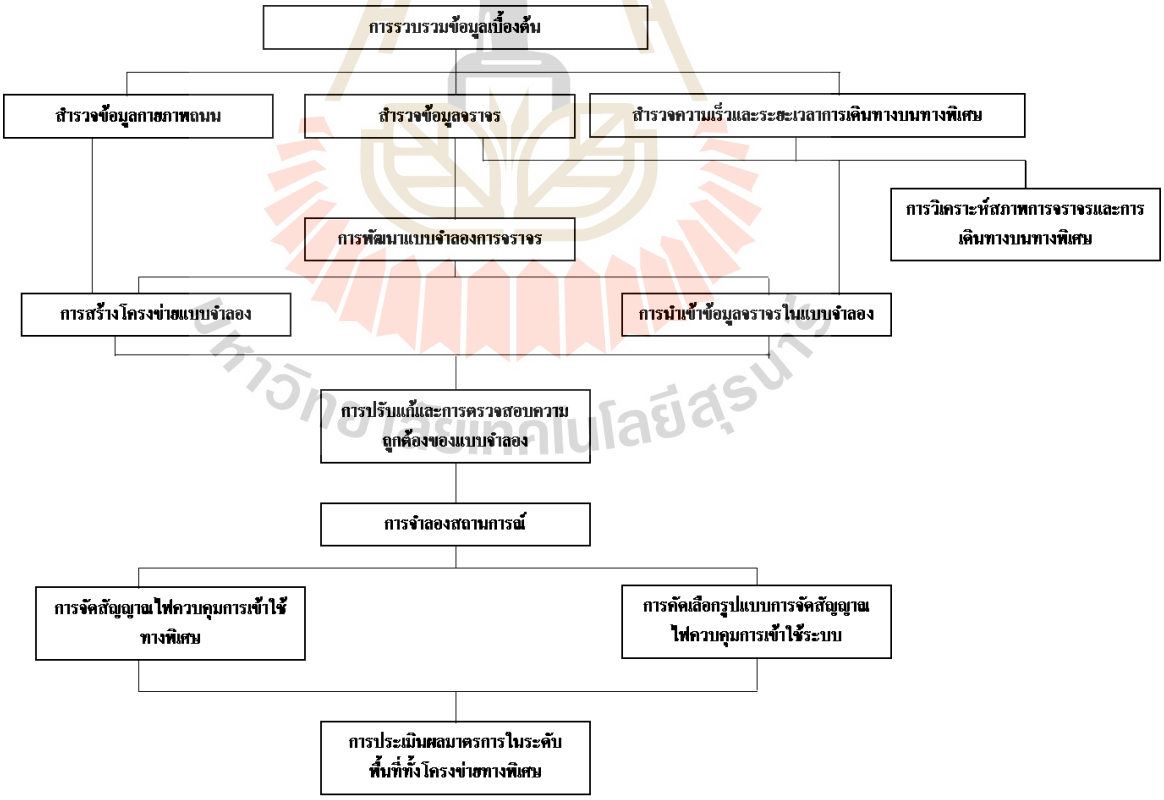
- ต้องใช้เวลามากในการสร้างแบบจำลองที่มีความซับซ้อนให้เสมือนจริงมากที่สุด
- ต้องการข้อมูลมากในการสร้างแบบจำลองที่เสมือนจริงมากที่สุด
- การใส่ข้อมูลที่ผิดพลาดเล็กน้อยอาจนำไปสู่ผลการวิเคราะห์ที่คลาดเคลื่อนมาก
- มีความยากในการสร้างแบบจำลองที่ให้ผลลัพธ์แน่นอน จึงต้องทำการทดลองซ้ำๆหลายครั้งเพื่อวิเคราะห์ค่าสถิติในการอ้างอิงผลการวิเคราะห์
- เนื่องจากแบบจำลองเป็นการสุ่มการกำเนิด ทำให้ผลการวิเคราะห์มีความแตกต่างกันในการทดสอบแต่ละครั้ง

การคัดเลือกแบบจำลองจะต้องคำนึงถึงเป้าหมายในสิ่งที่ต้องการศึกษา ซึ่งในการศึกษานี้มุ่งประเด็นด้านการประเมินแนวทางการจัดการระบบช่องเก็บค่าผ่านทางพิเศษเพื่อจัดการกับสภาวะการจราจรคับคั่งในช่วงเวลาเร่งด่วนโดยการจำลองมาตรการการจัดการเก็บค่าผ่านทางพิเศษ โดยการพิจารณาความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในด้านการจราจรและขนส่งร่วมกับความสามารถในการเลียนแบบพฤติกรรมการจราจรของแบบจำลอง เมื่อพิจารณาถึงความสามารถในการจำลองที่หลากหลายเพื่อประโยชน์ในการศึกษาถึงการแก้ไขปัญหาทางด้านการจราจรในระดับต่อไป ซึ่งพบว่า Aimsun NG เป็นโปรแกรมที่มีความเหมาะสมที่สุด ที่เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในการจำลองสถานการณ์ในการศึกษานี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษานี้ได้ทำการจำลองสถานการณ์การจัดการบนระบบทางพิเศษบูรพาวิถีที่อยู่ภายในเขตพื้นที่ศึกษา เพื่อประเมินแนวทางที่มีความเหมาะสมทางด้านการจราจรที่สามารถนำมาดำเนินการกับทั้งระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดั้งนั้นในส่วนของการดำเนินการวิจัยสำหรับการศึกษานี้จึงประกอบด้วย การพัฒนาแบบจำลองโดยการใช้โปรแกรม AIMSUN เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ สร้างโครงข่ายแบบจำลองซึ่งจะประกอบด้วยการสร้างลักษณะโครงข่าย การจัดสัดส่วนของรถ การกำหนดพื้นที่และเมตริกการเดินทางให้แก่แบบจำลอง หลังจากนั้นดำเนินการในส่วนของการปรับแก้และการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเพื่อให้ได้แบบจำลองที่สามารถอธิบายสภาพการจราจรได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด และในส่วนสุดท้ายในบทนี้ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้งานแบบจำลองในด้านการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้า-ออกซึ่งได้ออกแบบสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อเป็นทางเลือกในการประเมินผล โดนมีขั้นตอนในการศึกษาดังรูปที่ 3.1



รูปที่3.1 ขั้นตอนการศึกษา

3.1 การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

กระบวนการรวบรวมข้อมูลเป็นสิ่งสำคัญในการศึกษา เนื่องจากข้อมูลที่ครบถ้วนและถูกต้อง ย่อมส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ได้มีประสิทธิภาพสูงด้วย ในการศึกษานี้ได้รวบรวมข้อมูลด้านต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบจำลองจราจร ประกอบด้วย

3.1.1 ข้อมูลด้านกายภาพ

ข้อมูลด้านกายภาพ ประกอบด้วยข้อมูลลักษณะเรขาคณิตของโครงข่ายระบบทางพิเศษ เช่น ข้อมูลจำนวนช่องจราจร ลักษณะของช่องทาง ความกว้าง ความยาวในแต่ละส่วนของทางพิเศษ โค้งราบ โค้งดิ่ง ฯลฯ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้รวบรวมได้จากการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ในลักษณะของแปลนตามเลขที่สัญญาจ้าง ๆ เพื่อนำมาปรับเป็นไฟล์รูปภาพ (*.BMP) เพื่อใช้ในการกำหนดตำแหน่งต่าง ๆ ในรูปแบบแผนที่ซ้อนทับ (Overlay) เพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง โครงข่ายในส่วน Modeler ของโปรแกรม AIMSUN ต่อไป

3.1.2 ข้อมูลด้านจราจร

ในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลในระดับทุติยภูมิที่ได้จากรายงานรายงานสถิติของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ปีพ.ศ.2559 ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลการเดินทางต้นทางและปลายทาง (O-D Trip) โดยเป็นข้อมูลปริมาณการจราจรต่อวัน ณ ทางเข้า-ออกจากระบบทางพิเศษ

สำหรับการสำรวจข้อมูลปริมาณจราจรที่ทางขึ้น-ลง ได้จากการสำรวจปริมาณจราจร ณ ทางขึ้น-ลงทางพิเศษทุกด่านและในบริเวณทางแยกต่างระดับ ที่สามารถสรุปผลข้อมูลการจราจรได้เป็นข้อมูลรายชั่วโมงจำนวนทั้งสิ้น 16 ชั่วโมง (6.00 น. ถึง 18.00 น.) แยกตามรายด่านและสามารถขยายผลปริมาณจราจรใน 24 ชั่วโมง

3.1.3 การสำรวจความเร็วและระยะเวลาการเดินทางบนทางพิเศษ

การสำรวจความเร็วและระยะเวลาการเดินทางสามารถกระทำได้หลายวิธี ทั้งนี้ผู้วิจัยได้คัดเลือกวิธีที่ใช้ในการสำรวจโดยพิจารณาจากความเหมาะสมกับลักษณะของพื้นที่สำรวจ งบประมาณ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของข้อมูล และความปลอดภัยในการสำรวจ ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป โดยในการศึกษานี้ที่ปรึกษาได้เลือกใช้วิธี Floating Car โดยในกรณีของ การสำรวจความเร็วและระยะเวลาการเดินทางบนทางพิเศษของรถ 4 ล้อ ผู้สำรวจจะนั่งโดยสารไปในรถยนต์ทดสอบ (Test Car) ซึ่งถูกขับไปในกระแสของการจราจรบนทางพิเศษ และรถทดสอบจะต้องทำการแซงรถคันอื่นให้ได้เท่ากับจำนวนรถที่วิ่งแซงรถทดสอบไปในช่วงเวลาที่ทำการสำรวจ ในขณะที่การสำรวจความเร็วและระยะเวลาการเดินทางบนทางพิเศษของรถ 6-10 ล้อ และ รถมากกว่า 10 ล้อ ผู้สำรวจจะนั่งโดยสารไปในรถยนต์ทดสอบซึ่งถูกขับตามรถ 6-10 ล้อ หรือ

รถมากกว่า 10 ล้อ ที่ถูกสังเกตไปในกระแสของการจราจรบนทางพิเศษไปในช่วงเวลาที่ทำการสำรวจ โดยผู้สำรวจจะต้องทำการบันทึกเวลาพร้อมทั้งความเร็วของรถทดสอบในขณะที่แล่นผ่านจุดสังเกตต่างๆ บนเส้นทางที่ทำการสำรวจ เพื่อให้ได้ผลการสำรวจที่ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ ผู้วิจัยได้กำหนดสมมติฐานและวางแผนการสำรวจ ดังต่อไปนี้

จำนวนตัวอย่างน้อยที่สุดที่ต้องการ

จำนวนตัวอย่างน้อยที่สุดที่ต้องการของการสำรวจความเร็วและระยะเวลาการเดินทาง หาได้จากสมการที่ 3.1

$$n = \left(\frac{t \times s}{\varepsilon} \right)^2 \tag{3.1}$$

ที่มา: Federal Highway Administration

เมื่อ n = จำนวนตัวอย่างขั้นต่ำ

t = ค่าสถิติ t ที่ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด

s = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ε = ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

จำนวนตัวอย่างของการสำรวจความเร็วบนทางพิเศษที่ระดับความเชื่อมั่นต่างๆ แสดงใน ตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 จำนวนตัวอย่างของการสำรวจความเร็วบนทางพิเศษ

ปริมาณจราจร (คัน/วัน/ช่องจราจร)	จำนวนตัวอย่าง		
	ระดับความเชื่อมั่น 90% ความคลาดเคลื่อน ±10%	ระดับความเชื่อมั่น 95% ความคลาดเคลื่อน ±10%	ระดับความเชื่อมั่น 95% ความคลาดเคลื่อน ±5%
น้อยกว่า 15,000	5	6	15
15,000-20.000	6	8	21
มากกว่า 20.000	10	14	47

ที่มา: Federal Highway Administration

ทั้งนี้ในงานวิจัย ได้กำหนดระดับความเชื่อมั่น ระดับความเชื่อมั่น 95% ความคลาดเคลื่อน ±10% โดยจากการสำรวจปริมาณจราจรบนทางพิเศษบูรพาวิถีพบว่ามีปริมาณจราจรเฉลี่ย 24,659 คัน/วัน/ช่องจราจร ดังนั้นในการศึกษานี้จะทำการเก็บตัวอย่างความเร็วบนทางพิเศษ ประมาณ 15 ตัวอย่างโดยทำการสำรวจความเร็วโดย วิธี Floating Car เป็นจำนวน 15 รอบตลอดเส้นทางบนทางพิเศษเพื่อหาค่าเฉลี่ยความเร็ว และระยะเวลาการเดินทางบนทางพิเศษ

3.2 การวิเคราะห์สภาพการจราจรและการเดินทางบนทางพิเศษ

ในการวิเคราะห์สภาพการจราจรและการเดินทางบนทางพิเศษ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์โดยแบ่งยานพาหนะออกเป็น 3 ประเภท ตามอัตราค่าผ่านทางพิเศษ ได้แก่ รถ 4 ล้อ รถ 6-10 ล้อ และรถมากกว่า 10 ล้อ และได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ทั้งในหน่วย คัน (Vehicle: Veh) และหน่วยรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ซึ่งค่าเทียบเท่าหน่วยรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Unit: PCU) ซึ่งค่าเทียบเท่าหน่วยรถยนต์นั่งส่วนบุคคลของรถทั้ง 3 ประเภท แสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าเทียบเท่าหน่วยรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Unit: PCU)

ประเภทรถ	PCU Factor
รถ 4 ล้อ	1.0
รถ 6-10 ล้อ	2.0
รถมากกว่า 10 ล้อ	2.5

ที่มา: Federal Highway Administration

การวิเคราะห์สภาพการจราจรและการเดินทางบนทางพิเศษ ประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.2.1 ความเร็วและระยะเวลาการเดินทางบนช่วงทางพิเศษ

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความเร็วของการจราจรในแต่ละช่วงของทางพิเศษ จากข้อมูลผลการสำรวจความเร็วและระยะเวลาการเดินทางบนโครงข่ายทางพิเศษ และข้อมูลระยะห่างระหว่างจุดอ้างอิงแต่ละคู่ที่ได้ทำการบันทึกเวลาในขณะที่รถยนต์ทดสอบแล่นผ่านในการสำรวจความเร็วบนทางพิเศษ โดยความเร็วเฉลี่ยบนช่วงทางพิเศษ หาได้จากสมการที่ 3.2

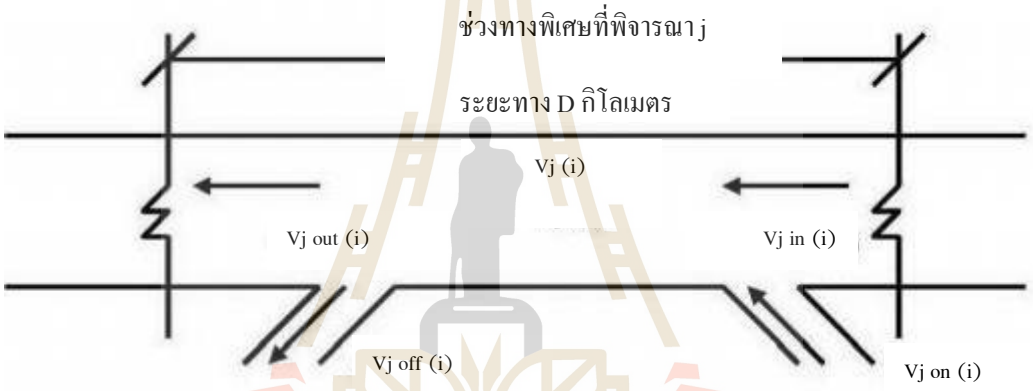
ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.) = ระยะทาง (กม.) / เวลาเดินทางโดยเฉลี่ย (ชม.) (3.2)

ที่มา: Highway Capacity Manual 2010

การวิเคราะห์ความเร็วของการจราจรบนช่วงทางพิเศษได้กระทำในช่วงเวลาเร่งด่วนตอน แยกตามประเภทของยวดยาน ในวันทำงาน

3.2.2 ปริมาณจราจรบนช่วงทางพิเศษ (Sectional Traffic Volume)

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณจราจรบนช่วงทางพิเศษ จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรที่ทางขึ้น-ลงทางพิเศษและทางแยกต่างระดับบนโครงข่ายทางพิเศษ ประกอบกับข้อมูลลักษณะทางเรขาคณิตของทางพิเศษในแต่ละช่วง เช่น จำนวนช่องจราจร และตำแหน่งทางขึ้นและทางลงของทางพิเศษ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 โดยปริมาณจราจรที่เคลื่อนที่ผ่านช่วงทางพิเศษ j ในชั่วโมงที่ i หรือ Vj (i) หาได้จากสมการที่ 3.3 และ 3.4



รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรบนช่วงทางพิเศษและที่ทางขึ้น-ลงทางพิเศษ

$$Vj(i) = (Vj_{in}(i) + Vj_{on}(i)) \quad (3.3)$$

เมื่อ $Vj(i)$ = ปริมาณจราจรที่เคลื่อนที่ผ่านช่วงทางพิเศษ j ในชั่วโมงที่ i (คัน/ชั่วโมง)

$Vj_{in}(i)$ = ปริมาณจราจรที่เคลื่อนที่เข้าสู่ช่วงทางพิเศษ j ในชั่วโมงที่ i (คัน/ชั่วโมง)

$Vj_{on}(i)$ = ปริมาณจราจรที่ทางขึ้น (เข้า) สู่ทางพิเศษในช่วงที่ j ในชั่วโมงที่ i (คัน/ชั่วโมง)

$$Vj_{out}(i) = (Vj_{in}(i) + Vj_{on}(i)) - Vj_{off}(i) \quad (3.4)$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เมื่อ $Vj_{out}(i)$ = ปริมาณจราจรที่เคลื่อนที่ออกจากช่วงทางพิเศษ j ในชั่วโมงที่ i (คัน/ชั่วโมง)

$Vj_{off}(i)$ = ปริมาณจราจรที่ทางลง (ออก) ทางพิเศษในช่วง j ในชั่วโมงที่ i (คัน/ชั่วโมง)

ที่มา: Highway Capacity Manual 2010

การวิเคราะห์ปริมาณจราจรบนช่วงทางพิเศษได้กระทำในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า แยกตามประเภทของยวดยาน ในวันทำงาน

3.2.3 อัตราส่วนปริมาณจราจรต่อความจุ (V/C Ratio) ของช่วงทางพิเศษ

อัตราส่วนปริมาณจราจรต่อความจุ (Volume/Capacity Ratio) เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของการจราจรบนช่วงถนน โดยมุ่งพิจารณาไปที่ระดับความอิ่มตัวของแต่ละช่องจราจรบนช่วงถนน ซึ่งนิยามด้วยอัตราส่วนของปริมาณจราจร (Volume) บนช่องจราจรที่เข้ามาในช่วงเวลาที่พิจารณาต่อความจุของช่องจราจร (Capacity) โดยหากอัตราส่วนของ V/C มีค่าต่ำกว่า 1 แสดงว่าปริมาณจราจรในช่วงเวลาที่พิจารณาน้อยกว่าความจุของช่องจราจร และการให้บริการของช่องจราจรดังกล่าวถือว่า ยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ หากอัตราส่วนของ V/C มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าปริมาณจราจรในช่วงเวลาที่พิจารณาเท่ากับความจุของช่องจราจรพอดี ซึ่งจะส่งผลให้การจราจรมีสภาพยวดยานเต็มพื้นที่ช่องจราจรและมีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องโดยไม่ติดขัด แต่เมื่ออัตราส่วนของ V/C มีค่าสูงกว่า 1 หมายความว่าปริมาณจราจรในช่วงเวลาที่พิจารณามากกว่าความจุที่ช่องจราจรสามารถรองรับได้ ซึ่งจะก่อให้เกิดสภาพการจราจรติดขัดเป็นระยะทางยาว ดังนั้น หากทางพิเศษในช่วงใดมีอัตราส่วนของ V/C เกินกว่า 1 ในช่วงเวลาที่พิจารณา ก็จำเป็นต้องทำการแก้ไขและปรับปรุงการบริการให้ดีขึ้นไม่เกิดปัญหาการจราจรติดขัด โดยค่าอัตราส่วนของ V/C ที่พึงปรารถนาไม่ควรเกิน 0.8 ถึง 0.9

3.2.4 ความหนาแน่นของการจราจรบนช่วงทางพิเศษ (Sectional Traffic Density)

ความหนาแน่นของการจราจร (Density) เป็นหนึ่งในตัวชี้วัดคุณภาพของการจราจรบนช่วงถนนที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบนโครงข่ายทางด่วนหรือทางพิเศษ โดยความหนาแน่นของการจราจร คือ จำนวนยวดยานที่ปรากฏอยู่บนหนึ่งหน่วยความยาวของถนนในขณะใดขณะหนึ่ง มีหน่วยเป็น คันต่อกิโลเมตร หรือ คันต่อกิโลเมตรต่อช่องจราจร ก็ได้ แต่เนื่องจากการวัดค่าความหนาแน่น ของการจราจรเป็นสิ่งที่กระทำได้ยาก และไม่สามารถทำการวัดได้โดยตรง ดังนั้น จึงมักจะทำการหาค่าความหนาแน่นของการจราจรจากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและปริมาณจราจร ดังแสดงในสมการที่ 3.5

$$Dj(i) = Vj(i) / S \quad (3.5)$$

เมื่อ $Dj(i)$ = ความหนาแน่นของการจราจรในชั่วโมงที่ i (คัน/ชั่วโมง)

$Vj(i)$ = ปริมาณจราจรที่เคลื่อนที่ผ่านช่วงทางพิเศษ j ในชั่วโมงที่ i (คัน/ชั่วโมง)

Sj = ความเร็วเฉลี่ยของการจราจรบนช่วงทางพิเศษ j (กม./ชม.)

ที่มา: Highway Capacity Manual 2010

การวิเคราะห์ความหนาแน่นของการจราจรบนช่วงทางพิเศษได้กระทำในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า ในวันทำงาน

3.2.5 ระดับการให้บริการบนช่วงทางพิเศษ

ระดับการให้บริการ (Level of Service : LOS) คือ การวัดเชิงคุณภาพเพื่อบอกถึงสภาพการจราจรและระดับการให้บริการของสิ่งอำนวยความสะดวกด้านการคมนาคมขนส่งและการจราจร ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ระดับ คือ A B C D E และ F โดยระดับ A เป็นสภาพการให้บริการที่ดีที่สุด (เป็นสภาพเข้าใกล้การไหลอิสระ) ส่วนระดับ F เป็นระดับการให้บริการซึ่งแย่ที่สุด (เป็นสภาพการไหลติดขัด) ดังแสดงในรูปที่ 3.3

LOS A กระแสจราจรมีสภาพอิสระ มีความเร็วสูง ปริมาณการจราจรน้อย ผู้ขับขี่สามารถเลือกใช้ความเร็วได้อิสระ ไม่มีการติดขัด

LOS B กระแสจราจรมีสภาพอยู่ตัว ผู้ขับขี่สามารถเลือกใช้ความเร็วได้ตามสมควร

LOS C กระแสจราจรอยู่ในสภาพอยู่ตัว ผู้ขับขี่เลือกใช้ความเร็วได้จำกัดลง การเปลี่ยนช่องทางจราจรและการแซงถูกจำกัดอยู่ในระดับพอสมควร

LOS D กระแสจราจรใกล้สภาพไม่อยู่ตัว ผู้ขับขี่จำเป็นต้องขับรถตามคันหน้าไปด้วยความเร็วต่ำ

LOS E กระแสจราจรมีสภาพไม่อยู่ตัว ผู้ขับขี่ไม่สามารถใช้ความเร็วตามต้องการ เพราะการจราจรเริ่มมีการติดขัด

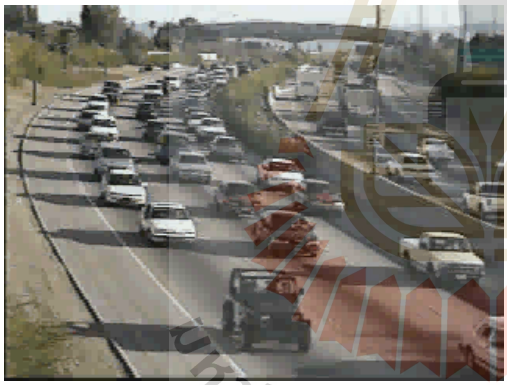
LOS F กระแสจราจรมีสภาพถูกบังคับ ผู้ขับขี่ต้องใช้ความเร็วต่ำมาก เพราะการจราจรมีการติดขัดเป็นแถวยาว เคลื่อนตัวได้ช้า

LOS A

LOS B

LOS C

LOS D

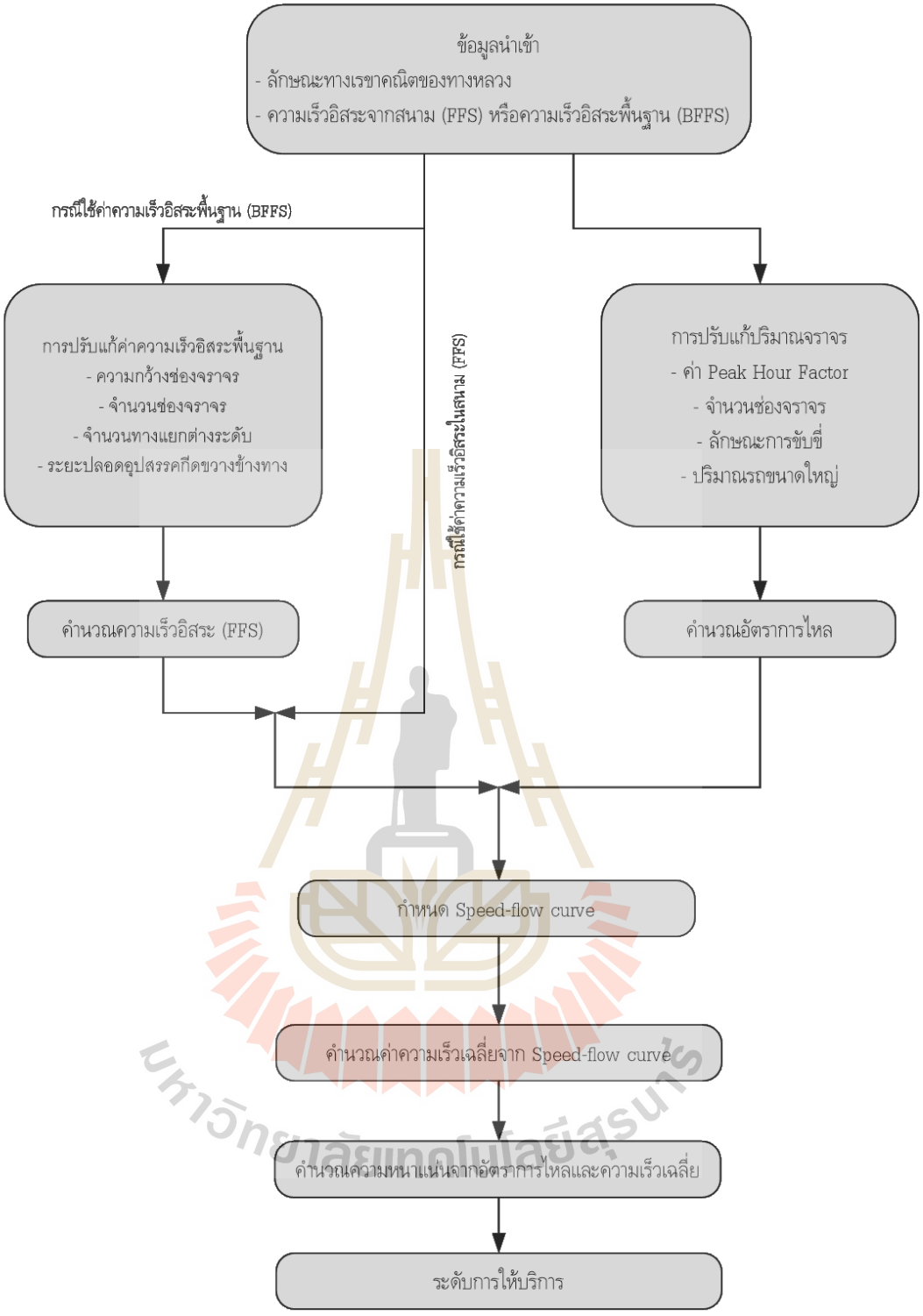


LOS E

LOS F

รูปที่ 3.3 สภาพการจราจรที่ระดับการให้บริการต่างๆ

ทั้งนี้ ในการวิเคราะห์ระดับการให้บริการบนช่วงทางพิเศษ ผู้วิจัยได้ใช้วิธี Basic Freeway Segment ซึ่งแนะนำไว้ใน Highway Capacity Manual เมื่อปี ค.ศ. 2000 (HCM2010) โดย Transportation Research Board โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ ดังแสดงในรูป 3.4 โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ระดับการให้บริการของทางพิเศษโดยวิธี Basic Freeway Segment

1) กำหนด Free-Flow Speed หรือ Design Speed ของช่วงทางพิเศษที่พิจารณา
2) กำหนดข้อมูลสภาพการจราจร ได้แก่ ปริมาณจราจร ค่า PHF สัดส่วนของรถขนาดใหญ่และรถบ้านเพื่อการท่องเที่ยว

3) กำหนดข้อมูลลักษณะทางกายภาพของช่วงทางพิเศษที่พิจารณา ได้แก่ ความกว้างของช่องจราจร จำนวนช่องจราจร และความลาดชัน

4) กำหนด Speed Flow Curve

5) คำนวณความเร็วเฉลี่ยจาก Speed Flow Curve

6) คำนวณหาความหนาแน่น (Density) จากอัตราการไหลและความเร็วเฉลี่ยของการจราจร

7) พิจารณาระดับการให้บริการของช่วงทางพิเศษ โดยนำค่าความหนาแน่นของการจราจรที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับค่าระดับการให้บริการดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 เกณฑ์การให้บริการของทางพิเศษของวิธี Basic Freeway Segments

ความเร็วอิสระ (กม./ชม.)	เกณฑ์ที่พิจารณา	ระดับการให้บริการ				
		A	B	C	D	E
120	ความหนาแน่นสูงสุด(pc/km/lane)	7	11	16	22	28
	ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)	120.0	120.0	114.6	99.6	85.7
	ค่า V/C สูงสุด	0.35	0.55	0.77	0.92	1.00
	อัตราการไหลสูงสุด (pc/hr/lane)	840	1,320	1,840	2,200	2,400
110	ความหนาแน่นสูงสุด(pc/km/lane)	7	11	16	22	28
	ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)	110.0	110.0	108.5	97.2	83.9
	ค่า V/C สูงสุด	0.33	0.51	0.74	0.91	1.00
	อัตราการไหลสูงสุด (pc/hr/lane)	770	1,210	1,740	2,135	2,350
100	ความหนาแน่นสูงสุด(pc/km/lane)	7	11	16	22	28
	ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)	100.0	100.0	100.0	93.8	82.1
	ค่า V/C สูงสุด	0.30	0.48	0.70	0.90	1.00
	อัตราการไหลสูงสุด (pc/hr/lane)	700	1,100	1,600	2,065	2,300
90	ความหนาแน่นสูงสุด(pc/km/lane)	7	11	16	22	28
	ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)	90.0	90.0	90.0	89.1	80.4
	ค่า V/C สูงสุด	0.28	0.44	0.64	0.87	1.00
	อัตราการไหลสูงสุด (pc/hr/lane)	630	990	1,440	1,955	2,250

ที่มา : HCM 2010

3.2.6 การวิเคราะห์อัตราส่วนปริมาณจราจรต่อความจุ (V/C) บนช่วงทางพิเศษ

ทางพิเศษแต่ละสายทางมีความจุ (Capacity) ที่สามารถรองรับปริมาณรถได้ในระดับที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ความจุของทางพิเศษโดยอาศัยข้อมูลจากการสำรวจสภาพการจราจรบนโครงข่ายทางพิเศษของโครงการ ร่วมกับเกณฑ์ความจุของช่วงทางพิเศษที่แนะนำไว้ใน HCM2000 ในการวิเคราะห์คาดการณ์ความจุทางพิเศษของ กทพ. แล้วนำผลการวิเคราะห์ความจุดังกล่าวข้างต้น มาใช้ในการวิเคราะห์อัตราส่วนปริมาณจราจรต่อความจุ (V/C Ratio) ของแต่ละช่วงทางพิเศษ หากว่าอัตราส่วนปริมาณจราจรต่อความจุของช่วงทางพิเศษมีค่าถึง 1.00 แสดงว่าทางพิเศษช่วงนั้น มีปริมาณจราจรเต็มค่าความจุแล้ว ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งสมมุติฐานเพิ่มเติมว่า หากทางพิเศษสายทางใดมีช่วงสายทางที่มีค่าอัตราส่วนปริมาณจราจรต่อความจุมากกว่า 1.00 เกินกว่าครึ่งหนึ่งของจำนวนช่วงสายทาง แสดงว่าทางพิเศษสายทางนั้นมีปริมาณจราจรเต็มความจุแล้ว

3.2.7 ความหนาแน่นของการจราจรบนช่วงทางพิเศษ

การศึกษานี้จะทำการวิเคราะห์ความหนาแน่นของการจราจร ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณจราจรต่อความเร็วของกระแสจราจรในแต่ละช่วงทางพิเศษ

3.2.8 ระดับการให้บริการบนช่วงทางพิเศษ

การศึกษานี้จะทำการวิเคราะห์ระดับการให้บริการบนช่วงทางพิเศษ เพื่อบ่งชี้สภาพการจราจรของแต่ละช่วงบนโครงข่ายทางพิเศษ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการกับความหนาแน่นของการจราจร ของช่วงทางปลอด (Basic Freeway Segments) ตามเกณฑ์ในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 เกณฑ์การให้บริการสำหรับทางพิเศษของช่วงทางปลอด (Basic Freeway Segments)

ระดับการให้บริการ (LOS)	ความหนาแน่นของการจราจร (pc/km/lane)
A	> 0 – 7
B	> 7 – 11
C	> 11 – 16
D	> 16 – 22
E	> 22 – 28
F	> 28

ที่มา: HCM 2000

3.3 การพัฒนาแบบจำลองการจราจร

3.3.1 การสร้างโครงข่ายแบบจำลอง

3.3.1.1 การสร้างโครงข่ายพื้นที่

การสร้างโครงข่ายแบบจำลองโดยโปรแกรม AIMSUN มีขั้นตอนในการสร้างเริ่มจากการกำหนดค่าเริ่มต้นให้สอดคล้องกับข้อมูลจริง เช่น การกำหนดมาตราส่วนโดยใช้ระบบเมตริก คุณลักษณะของช่องทาง ประเภทของถนน ประเภทของยานพาหนะ รวมไปถึงการกำหนดค่าราามิเตอร์ด้านพฤติกรรมผู้ขับขี่ ได้แก่ ระยะห่างระหว่างรถและระยะเวลาตอบสนอง เป็นต้น ขั้นตอนต่อไปคือการนำไฟล์รูปภาพ *.BMP หรือไฟล์ *.DXF ที่ได้รับการปรับขนาดแล้วมาใช้งานในส่วนซ้อนทับแล้วทำการปรับตำแหน่งจุดอ้างอิงแล้วทำการเชื่อมจุดอ้างอิงด้วยเส้นทาง กำหนดลักษณะเส้นทางในรูปแบบที่มีลักษณะพิเศษ เช่น การกำหนดช่องทางเดินรถโดยสาร ช่องทางพิเศษในการควบคุมประเภทยานพาหนะในการเข้าใช้ ความเร็วจำกัด ฯลฯ และในขั้นตอนสุดท้ายสำหรับการสร้างโครงข่าย คือ การปรับเปลี่ยนเส้นขอบทาง เส้นหยุด เพิ่มเส้นทางเดินรถประจำทาง ป้ายรอรถประจำทาง ฯลฯ เพื่อให้แบบจำลองมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

3.3.1.2 ยานพาหนะ

การกำหนดลักษณะและสัดส่วนของยานพาหนะในโปรแกรม AIMSUN สามารถทำได้ในส่วนVehicle Type ในการศึกษานี้สามารถแบ่งประเภทของยานพาหนะได้ 3 ประเภท ซึ่งจัดแบ่งตามลักษณะของยวดยาน เช่น ความยาว ความสูง ความกว้าง ความเร็วสูงสุด และได้กำหนดสัดส่วนของรถที่เข้าใช้เส้นทาง ดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ประเภท ลักษณะ และสัดส่วนของยานพาหนะที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

ประเภท	ความยาว (เมตร)	ความสูง (เมตร)	ความกว้าง (เมตร)	ความเร็วจำกัด (กม./ชม.)
รถยนต์ส่วนบุคคล	4	1.5	1.6	120
รถบรรทุก 6 ล้อ	6	2.6	2.3	100
รถบรรทุก	8	3.6	2.4	90

3.3.1.3 พื้นที่และปริมาณการเดินทาง (Zoning and Traffic Demand)

การกำหนดพื้นที่ต้นทาง-ปลายทางสำหรับการเดินทางในแบบจำลองโครงข่ายทางพิเศษในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ได้จัดแยกตามพื้นที่ทางเข้าและทางออกจากระบบทางพิเศษทั้งหมดโดย

แบ่งเป็น 19 พื้นที่ ดังแสดงในตารางที่ 3.6 และได้ทำการกำหนดค่าปริมาณการเดินทางซึ่งเป็นข้อมูลในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าของวันทำการตั้งแต่ 06.00 ถึง 09.00 น. ดังแสดงดังตารางที่ 3.7 ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกกำหนดการปล่อยยานพาหนะออกจากเขตพื้นที่เป็นช่วงเวลาต่อไป

ตารางที่ 3.6 พื้นที่บริเวณด่านทางเข้า-ออกจากระบบทางพิเศษ

พื้นที่	ด่านทางลง	ด่านทางขึ้น
1	บางนา กม.6(เข้า)	บางนา กม.6(ออก)
2	บางนา 3	บางนา กม.6(ออก)
3	บางแก้ว	บางแก้ว
4	บางนา กม.9-1	บางนา กม.9-3(เข้า)
5	บางแก้ว (วงแหวน)	บางแก้ว (วงแหวน)
6	บางนา กม.9-2	บางนา กม.9-3(เข้า)
7	บางพลี 1	บางพลี 1
8	บางพลี 2	บางพลี 2
9	สุวรรณภูมิ1	สุวรรณภูมิ1
10	สุวรรณภูมิ2	สุวรรณภูมิ2
11	เมืองใหม่บางพลี	เมืองใหม่บางพลี
12	บางเสาธง	บางเสาธง
13	บางบ่อ	บางบ่อ
14	บางพลีน้อย	บางพลีน้อย
15	บางสมัคร	บางสมัคร
16	บางวัว	บางวัว
17	บางประกง 1	บางประกง 1
18	บางประกง 2	บางประกง 2
19	ชลบุรี	ชลบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.7 ปริมาณการเดินทางจากต้นทาง-ปลายทางในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (6:00-9:00 น.)

	บางนา กม.6(ออก)	บางแก้ว	บางแก้ว (วงแหวน)	บางพลี 1	บางนา กม.9-3(เข้า)	บางพลี 2	สุวรรณภูมิ1	สุวรรณภูมิ2	เมืองใหม่บางพลี	บางเสาธง	บางบ่อ	บางพลีน้อย	บางสมัคร	บางวัว	บางประกง 1	บางประกง 2	ชลบุรี	รวม
บางนา กม.6(เข้า)	0	7,310	1	0	5,400	14,550	0	3,337	0	197,458	47,661	0	16,052	49,011	0	7,258	0	348,038
บางนา 3	0	43,951	0	0	51,995	21,309	0	10,608	0	27,039	31,044	0	11,900	39,029	0	7,224	0	244,099
บางแก้ว	67,474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67,474
บางนา กม.9-1	26,526	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26,526
บางแก้ว (วงแหวน)	0	0	0	0	5,278	0	0	44,763	0	16,947	33,849	0	27,131	85,015	0	14,241	0	227,224
บางนา กม.9-2	21,710	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21,710
บางพลี 1	61,832	0	0	10,641	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72,473
บางพลี 2	0	0	0	0	0	0	0	974	0	3,375	45,545	0	30,701	46,314	0	6,243	0	133,152
สุวรรณภูมิ1	25,570	0	0	10,210	0	0	621	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36,401
สุวรรณภูมิ2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,021	17,056	0	6,311	8,822	0	2,145	0	37,355
เมืองใหม่บางพลี	40,185	0	0	89,059	0	0	9,351	0	7,208	0	0	0	0	0	0	0	0	145,803
บางเสาธง	73,500	0	0	98,443	0	0	30,621	0	11,169	0	0	0	0	0	0	0	0	213,733
บางบ่อ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,964	11,781	0	2,561	0	24,306
บางพลีน้อย	27,692	0	0	35,806	0	0	42,269	0	7,639	0	0	1,050	0	0	0	0	0	114,456
บางสมัคร	75,359	0	0	86,069	0	0	59,931	0	9,731	0	0	19,359	0	0	0	0	0	250,449
บางวัว	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	362	0	362
บางประกง 1	17,670	0	0	29,392	0	0	20,264	0	2,950	0	0	10,939	0	0	570	0	0	81,785
บางประกง 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ชลบุรี	192,411	0	0	167,411	0	0	58,834	0	35,946	0	0	33,618	0	0	13,118	0	6,342	507,680
รวม	629,929	51,261	1	527,031	62,673	35,859	221,891	59,682	74,643	247,840	175,155	64,966	102,059	239,972	13,688	40,034	6,342	2,553,026

3.3.1.4 การกำหนดวิธีการแจกแจงการเดินทาง

การกำหนดวิธีการแจกแจงการเดินทางเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการพัฒนาแบบจำลองทางด้านการจราจรในระดับจุลภาคเพื่อให้เกิดแบบจำลองที่สามารถอธิบายสภาพการจราจรได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง สำหรับการศึกษานี้ได้จำลองการเดินทางบนระบบทางพิเศษที่มีการเลือกใช้เส้นทางในการเดินทางที่ค่อนข้างแน่นอน แต่ด้วยเหตุผลทางด้านสภาวะการจราจรติดขัดในบางช่วงเวลาบนระบบทางพิเศษและด้วยเป้าหมายในการศึกษานี้ ซึ่งมุ่งประเด็นไปในด้านการปรับปรุงสภาพการจราจรในช่วงเร่งด่วนของวันให้ดีขึ้น ดังนั้นจึงได้เลือกวิธีการแจกแจงการเดินทางโดยใช้วิธี All or Nothing และวิธี Stochastic เนื่องจากได้คำนึงถึงปัจจัยในด้านความไม่แน่นอนในการเลือกใช้เส้นทางเดินทางซึ่งอาจจะมาจากการพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการเดินทางโดยเฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วนของวัน อีกทั้งในบางพื้นที่มีการจัดสรรช่องจราจรเพิ่มเพื่อรองรับการเดินทางที่ต้องการหลีกเลี่ยงสภาพจราจรติดขัดในบางพื้นที่ เช่น บริเวณทางเข้า-ออกจากระบบทางพิเศษ

การกำหนดค่าวิธีการแจกแจงการเดินทางในโปรแกรม AIMSUN จะทำการในส่วน Traffic Demand เพื่อแจกแจงการเดินทางจุดต้นทาง-ปลายทางของแต่ละพื้นที่

3.3.2 การปรับแก้และการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพนั้นจะต้องผ่านการปรับแก้และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเพื่อให้มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด เนื่องจากแบบจำลองทางด้านการจราจรมีพารามิเตอร์ที่ต้องคำนึงถึงเป็นจำนวนมาก อีกทั้งการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเป็นตัวแทนในการพัฒนาแบบจำลอง ตัวแปรต่างๆ ล้วนเกิดการกำหนดค่าไว้แล้วทั้งสิ้น ซึ่งอาจจะไม่เหมาะสมและถูกต้องตรงกับสภาพการจราจรที่เป็นจริงในแต่ละพื้นที่ ดังนั้นการปรับแก้แบบจำลองร่วมกับการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองถือเป็นขั้นตอนที่ผู้ศึกษาต้องให้ความสำคัญ

3.3.2.1 การปรับแก้แบบจำลอง

การปรับแก้แบบจำลองมีขั้นตอนอันประกอบด้วยการปรับแก้กระบวนการรันแบบจำลอง การตรวจสอบลักษณะโครงข่ายร่วมกับการสังเกตพฤติกรรมการขับขี่สภาพแวดล้อมทั่วไปของแบบจำลอง ซึ่งดำเนินการในส่วน Modeler หลังจากที่ได้ทำการปรับแก้ในขั้นต้นแล้วกระบวนการปรับแก้โดยใช้การทดสอบผลลัพธ์ของแบบจำลองต่าง ๆ เช่น ค่าระยะห่างระหว่างรถและระยะเวลาตอบสนอง เพื่อให้ได้ผลถูกต้องตามหลักสถิติ ทั้งนี้ในการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์นั้นผู้ใช้สามารถเปลี่ยนค่าตัวแปรหลักในแบบจำลองพื้นฐานได้เช่นกัน โดยเปลี่ยนแบบจำลองการเคลื่อนตัวของรถ แบบจำลองการเปลี่ยนช่องทาง แบบจำลองการยอมรับระยะระหว่างรถในโปรแกรม

AIMSUN เพื่อให้ได้แบบจำลองที่สอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด สำหรับการศึกษาครั้งนี้ถือว่าตัวแปรทางด้านการจราจรมีความละเอียดสูงและมีหลายตัวแปรซึ่งต้องอาศัยเวลาในการปรับเปลี่ยนแบบจำลองดังกล่าว จึงเลือกตัวแปรที่มีความสำคัญเพียง 2 ตัว ได้แก่ ค่าระยะห่างระหว่างรถและระยะเวลาตอบสนอง (Grades et al., 2002)

ค่าเดิมที่โปรแกรมกำหนดสำหรับค่าระยะห่างระหว่างรถและระยะเวลาตอบสนอง ถูกกำหนดไว้ที่ 1.0 วินาที แต่อย่างไรก็ตามมีการศึกษาบนทางด่วน I-405 ประเทศสหรัฐอเมริกาที่ให้ค่าระยะห่างระหว่างรถเท่ากับ 1.65 วินาที และค่าระยะเวลาตอบสนอง 0.42 วินาที นอกจากนี้ Gardes et al. (2002) พบว่าที่ San Francisco บนทางด่วน I-80 ให้ค่าระยะห่างระหว่างรถเท่ากับ 0.68 วินาที และค่าระยะเวลาตอบสนอง 0.60 วินาที สำหรับการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าทั้งสองเป็นค่าที่ได้ศึกษาในประเทศอาจมีความไม่เหมาะสมกับพฤติกรรมการขับขี่ที่แท้จริงของประเทศไทย ทั้งนี้ Junsuwan (2001) ได้มีการศึกษาในด้านการประเมินระบบควบคุมสัญญาณไฟแบบเป็นพื้นที่ในกรุงเทพมหานครด้วยการจำลองคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นการศึกษาในพื้นที่ย่านธุรกิจพบว่าให้ค่าระยะห่างระหว่างรถเท่ากับ 1.3 วินาที และระยะเวลาตอบสนองมีค่า 1.3 วินาที การศึกษานี้ได้ทำการศึกษาบนระบบทางพิเศษซึ่งพฤติกรรมต่าง ๆ ย่อมมีความแตกต่างระบบโครงข่ายถนนด้านล่างจึงได้ทำการศึกษาค่าทั้งสองอีกครั้งโดยอาศัยช่วงที่มีการศึกษาไว้แล้วดังที่ได้กล่าวมา

3.3.2.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

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

3.3.2.3 การตรวจสอบความถูกต้อง (Model Validation)

จากการพัฒนาแบบจำลองโดยการกำหนดลักษณะทางกายภาพระบบทางพิเศษพร้อมกับการปรับเปลี่ยนลักษณะการควบคุมช่องทางต่าง ๆ เพื่อให้มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ได้มีการทดสอบเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ทางด้านจราจรเพื่อให้ได้ผลที่ใกล้เคียงสภาพความเป็นจริงมากที่สุด โดยในกระบวนการปรับแก้แบบจำลองได้มีการปรับเปลี่ยนค่าระยะห่างระหว่างรถ

และระยะเวลาตอบสนองในการประมวลผล ร่วมกับการเปลี่ยนค่าตั้งต้น โดยผลที่ได้นำมาวิเคราะห์คือค่าปริมาณรถที่ผ่านด่านเก็บค่าผ่านทาง

โดยกำหนดค่าระยะห่างระหว่างรถในช่วง 0.4 ถึง 1.2 วินาที และค่าระยะเวลาตอบสนองในช่วง 0.4 ถึง 2.1 วินาที ทำการประมวลผลโดยทำการทดสอบค่าปริมาณรถบนทางพิเศษบูรพาวิถี ช่วง บางนา--บางพลี โดยผลที่ได้จากแบบจำลองจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการสำรวจในภาคสนาม ทั้งนี้ผลกระบวนการปรับแก้แบบจำลองโดยกำหนดค่าระยะห่างระหว่างรถและค่าระยะเวลาตอบสนองที่มีความเหมาะสมมีค่า 0.7 และ 1.2 วินาที ตามลำดับ ดังในตารางที่ 3.8 ซึ่งแสดงค่าเปรียบเทียบปริมาณรถที่ผ่านด่านเก็บค่าผ่านทางจากแบบจำลอง และค่าที่สำรวจได้จากภาคสนาม โดยการพิจารณาค่า GEH (Quadstone, 2003) ซึ่งเป็นค่าทางสถิติที่พัฒนามาจากสถิติไคสแคร์ (Chi-squared) เพื่อใช้การเปรียบเทียบค่าในกระบวนการปรับแก้แบบจำลอง (Quadstone, 2003) ดังสมการที่ 3.6 ซึ่งค่านี้ได้ผ่านการประเมินผลเปรียบเทียบและความสอดคล้องกับข้อมูลในภาคสนาม สามารถสรุปผลสภาวะการจราจรที่ได้จากการประเมินผลด้วยแบบจำลอง และสามารถสรุปผลด้านการจราจรในพื้นที่ส่วนย่อยภายใต้ระดับปริมาณจราจรที่ทำการศึกษา

$$GEH = \sqrt{\frac{(Simulated - Observed)^2}{0.5(Simulated + Observed)}} \quad (3.6)$$

เมื่อ

GEH < 5	ผ่านการพิจารณา
5<GEH<10	ต้องตรวจสอบใหม่
10<GEH	ไม่ผ่านการพิจารณา

ที่มา: (Quadstone, 2003)

ตารางที่ 3.8 เปรียบเทียบผลการปรับแก้แบบจำลองโดยกำหนดค่าระยะห่างระหว่างรถ 0.7 วินาที และค่าระยะเวลาตอบสนอง 1.2 วินาที ตามลำดับ

ช่องจราจร	แบบจำลอง	สำรวจจริง	GEH
ช่อง 1	946	826	4.031
ช่อง 2	812	946	4.52
ช่อง 3	1,290	1,262	0.784

จากการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง กับข้อมูลจริงภาคสนาม ดังตารางที่ 3.8 ชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองที่ออกแบบขึ้นจากการศึกษาครั้งนี้มีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(GEH <5) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง Aimsun สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบริการด่านเก็บค่าผ่านทางได้

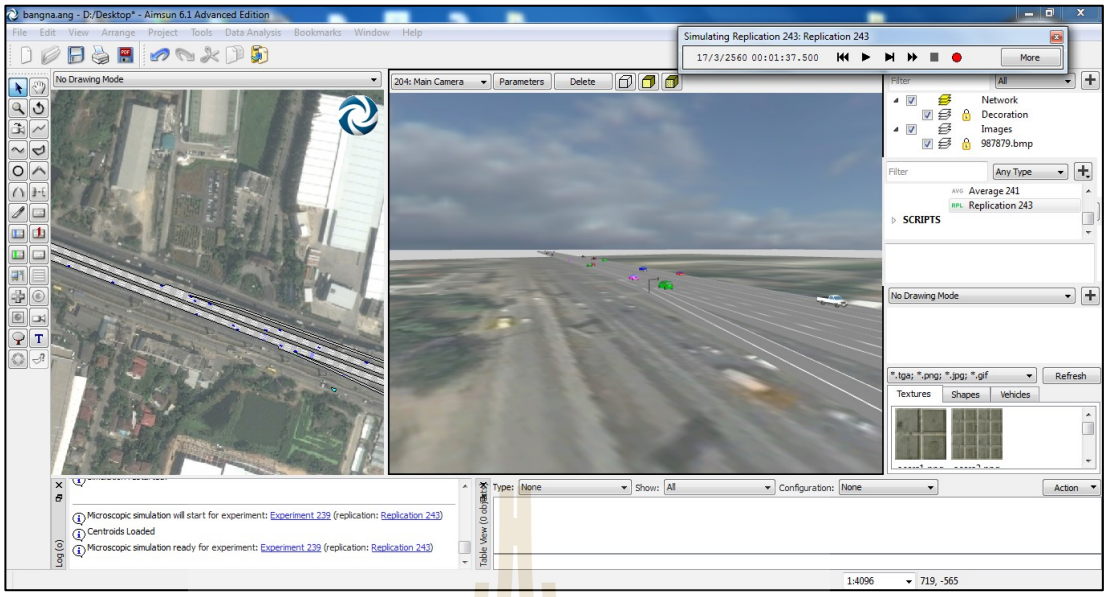
3.4 การจำลองสถานการณ์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ประเมินการจัดสัญญาณไฟควบคุมทางเข้าทางพิเศษโดยใช้หลักการพัฒนาแบบจำลองผ่านการใช้โปรแกรม AIMSUN ที่มีการกำหนดสถานการณ์ทางเลือกต่าง ๆ เพื่อนำมาประเมินผลในเชิงของความแตกต่างทางด้านจราจรทั่วทั้งระบบโครงข่ายของระบบทางพิเศษ ทั้งนี้ในขั้นตอนการประเมินหารูปแบบการควบคุมจากสถานการณ์จำลองต่าง ๆ ได้คัดเลือกพื้นที่ส่วนย่อยเพื่อใช้ในการประเมินผลในขั้นต้น ซึ่งในการศึกษานี้ได้คัดเลือกพื้นที่ในช่วงทางพิเศษบูรพาวิถี จำนวนช่องจราจร 4 ช่องต่อทิศทาง สภาพจราจรในด้านปริมาณจราจรโดยเฉลี่ย 1,120 คันต่อชั่วโมงและความเร็วเฉลี่ย 62.53 กิโลเมตรต่อชั่วโมงหรือมีระดับให้บริการที่ B

ทั้งนี้ในการจำลองสถานการณ์ การจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้า ซึ่งในขั้นตอนจะทำการประเมินถึงรูปแบบการควบคุม หลังจากนั้นก็จะดำเนินการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยการปรับเปลี่ยนปริมาณจราจรที่ระดับต่าง ๆ เพื่อคัดเลือกรูปแบบการควบคุมรวมถึงการออกแบบการประเมินประสิทธิภาพ ความยืดหยุ่นของการควบคุมด้วย ในส่วนการวิเคราะห์แบบจำลองในระดับโครงข่ายทางพิเศษจึงได้นำลักษณะการควบคุมที่ผ่านมาการคัดเลือกในขั้นต้นแล้วนั้นมาประเมินผลในภาพรวมอีกครั้ง เพื่อทำการยืนยันประสิทธิภาพของระบบหรือเพื่อจะได้นำผลไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นต่อไป

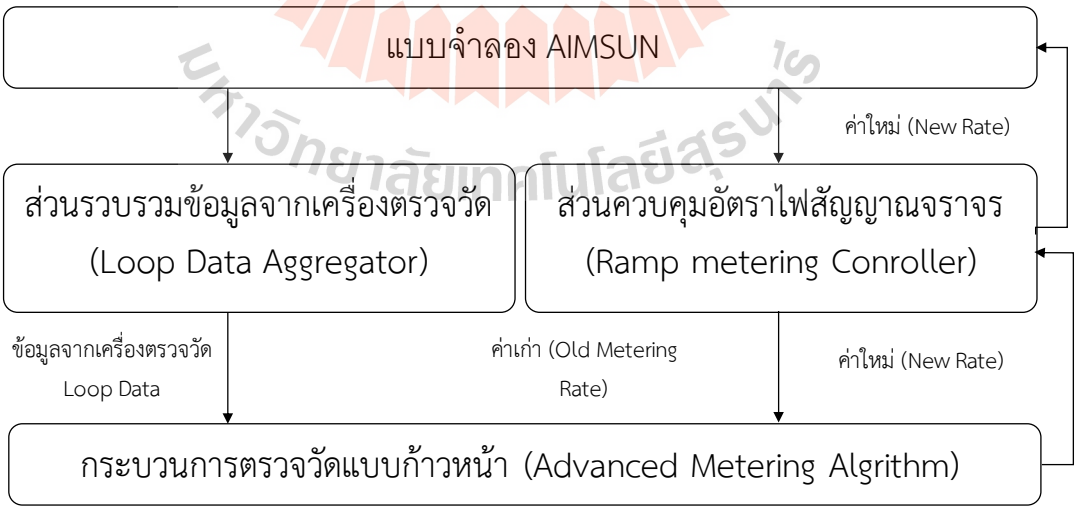
3.4.1 การจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษ

การจำลองการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษต้องดำเนินการในส่วน Modeler ของโปรแกรม AIMSUN โดยทำการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของจุดอ้างอิงในลักษณะการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเคลื่อนตัวของยวดยาน ณ ตำแหน่งนั้น ซึ่งในการศึกษานี้ใช้หลักการออกแบบสัญญาไฟเพื่อควบคุมปริมาณจราจรที่เข้าใช้ทางพิเศษให้มีการปรับเปลี่ยนตามสภาวะการจราจร (Traffic Responsive) จึงจำเป็นต้องเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมด้วยคำสั่ง If-then Logic ซึ่งสามารถดำเนินการผ่านการใช้งานส่วน API (Application Programmer Interface) ใน Programmer เพื่อดำเนินการในด้านการปรับคุณลักษณะของสัญญาณไฟจราจรประเภทกำหนดเวลาแปรเปลี่ยนตามปริมาณจราจรดังในรูป รูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แบบจำลองการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษผ่านโปรแกรม AIMSUN

การพัฒนาแบบจำลองการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษโดยการใช้โปรแกรม AIMSUN มีกระบวนการทำงานและส่วนที่เกี่ยวข้องในการจำลองดังแสดงในรูป 3.6 โดยกระบวนการการควบคุมจะถูกดำเนินการผ่านส่วนหลัก 2 ส่วนที่สำคัญคือส่วนรวบรวมข้อมูลจากเครื่องตรวจวัดซึ่งจะเป็นตัวป้อนข้อมูลทางด้านการจราจร และส่วนควบคุมอัตราไฟสัญญาณจราจรซึ่งจะป้อนข้อมูลให้ส่วนกระบวนกำหนดอัตราการตรวจวัดเพื่อทำการประมวลค่าอัตราการตรวจวัดที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดทุกช่วงเวลาเพื่อนำไปใช้ในการควบคุมต่อไป (Chu,2003)



รูปที่ 3.6 กระบวนการการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเขาทางพิเศษโดยโปรแกรม AIMSUN

ทั้งนี้ข้อกำหนดต่าง ๆ ของการจัดสัญญาณ ไฟควบคุมทางเข้าระบบที่ได้กำหนดขึ้นนั้น ประกอบด้วยรูปแบบการควบคุมบริเวณทางเข้าทางพิเศษด้วยสัญญาณไฟจราจรแบบเป็นพื้นที่เดี่ยว มีการจัดรอบสัญญาณขึ้นกับสภาวะการจราจร (Actuated Control) โดยค่าอัตราการที่นำมาใช้จะขึ้นอยู่กับปริมาณการถือครองพื้นที่โดยเฉลี่ยที่ได้จากเครื่องตรวจวัดการจราจร ณ ตำแหน่งใด ๆ

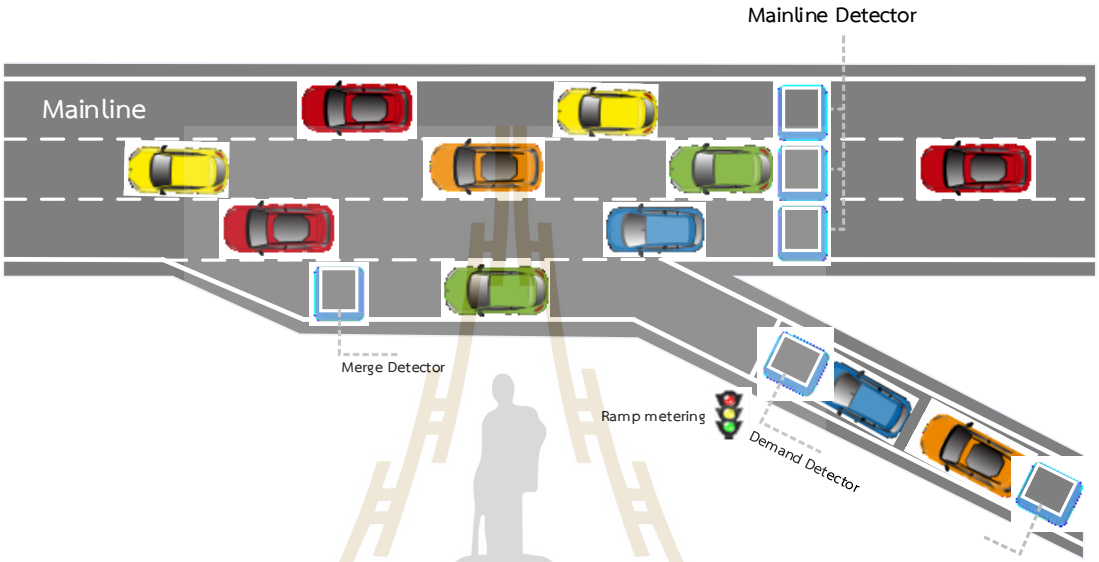
การศึกษานี้ได้กำหนดลักษณะการกำหนดค่าอัตราการควบคุมที่ได้จากเครื่องตรวจวัดการจราจรในบริเวณต้นทาง (Upstream Detector) บนช่วงหลักของทางพิเศษ แต่หากเกิดสภาวะจราจรคับคั่งบริเวณต้นทางช่วงหลักจากทางเข้าทางพิเศษแล้วค่าปริมาณการครอบครองพื้นที่ ณ เครื่องตรวจวัดในตำแหน่งนั้นจะมีค่าที่สูงมากซึ่งจะส่งผลให้การควบคุมปริมาณรถ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

1) ดำเนินการควบคุมโดยใช้อัตราการตรวจวัดที่ระดับสูงสุดเมื่อปริมาณการครอบครองพื้นที่บริเวณต้นทางบนช่วงหลักมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 15
2) ดำเนินการควบคุมโดยปรับเปลี่ยนอัตราการตรวจวัดซึ่งให้ค่าเป็นส่วนกลับกับค่าปริมาณการครอบครองพื้นที่ในช่วงอัตราการตรวจวัดที่ระดับต่ำสุดถึงสูงสุด เมื่อปริมาณการครอบครองพื้นที่ต้นทางบนช่วงหลักมีค่าร้อยละ 15 ถึง 25
3) ดำเนินการควบคุมโดยใช้อัตราการตรวจวัดที่ระดับต่ำสุด เมื่อปริมาณการครอบครองพื้นที่ต้นทางบนช่วงหลักมีค่ามากกว่าร้อยละ 25

เนื่องจากการกำหนดระดับอัตราการตรวจวัดดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นไม่ได้คำนึงถึงสภาพการจราจรบริเวณทางเข้าทางพิเศษจึงได้จัดตั้งเครื่องตรวจวัดบริเวณทางเข้าเพิ่มอีก 3 ประเภทคือ

1) เครื่องตรวจวัดยานพาหนะที่ต้องการเข้าใช้ทางพิเศษ (Demand Detector) จะถูกติดตั้ง ณ ตำแหน่งก่อนเส้นหยุดที่ควบคุมไฟสัญญาณ เพื่อตรวจสอบการเข้ามาถึงเส้นหยุดของยานพาหนะและควบคุมการเปลี่ยนแปลงสัญญาณไฟจราจรจากแดงเป็นเขียว
2) เครื่องตรวจวัดบริเวณจุดร่างของการจราจร (Merge Detector) จะถูกติดตั้งบริเวณที่มีการร่วมกันของกระแสการจราจรบนทางหลักกับทางเข้าของทางพิเศษใช้ในการควบคุมการปล่อยรถจากจุดควบคุมสัญญาณไฟ
3) เครื่องตรวจวัดความยาวแถวคอย (Queue Detector) จะถูกติดตั้ง ณ ต้นทางเข้าทางพิเศษใช้ในการตรวจสอบความยาวแถวคอย ณ บริเวณนี้เพื่อใช้กำหนดไฟสัญญาณในการปล่อยรถเพื่อควบคุมความยาวแถวคอยไม่ให้เกินขีดจำกัด

ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องตรวจวัดทั้ง 3 ประเภทดังที่ได้กล่าวมาและตำแหน่งเครื่องตรวจวัดบนทางหลักได้แสดงในรูปที่ 3.7 ทั้งนี้เงื่อนไขในการกำหนดค่ารอบไฟสัญญาณต้องคำนึงปริมาณการจราจรบริเวณทางเข้าร่วมด้วยซึ่งจะมีค่าระหว่าง 400 ถึง 1,700 คันต่อชั่วโมงสำหรับทางเข้า 2 ช่องจราจร (Neudorff et al..2001) และค่าการครอบครองพื้นที่ ณ เครื่องตรวจวัด ณ จุดร่วมของการจราจรและเครื่องตรวจวัดความยาวแถวคอยที่ยอมให้เกิดขึ้นได้มีค่า 30 (Gardes,2002)



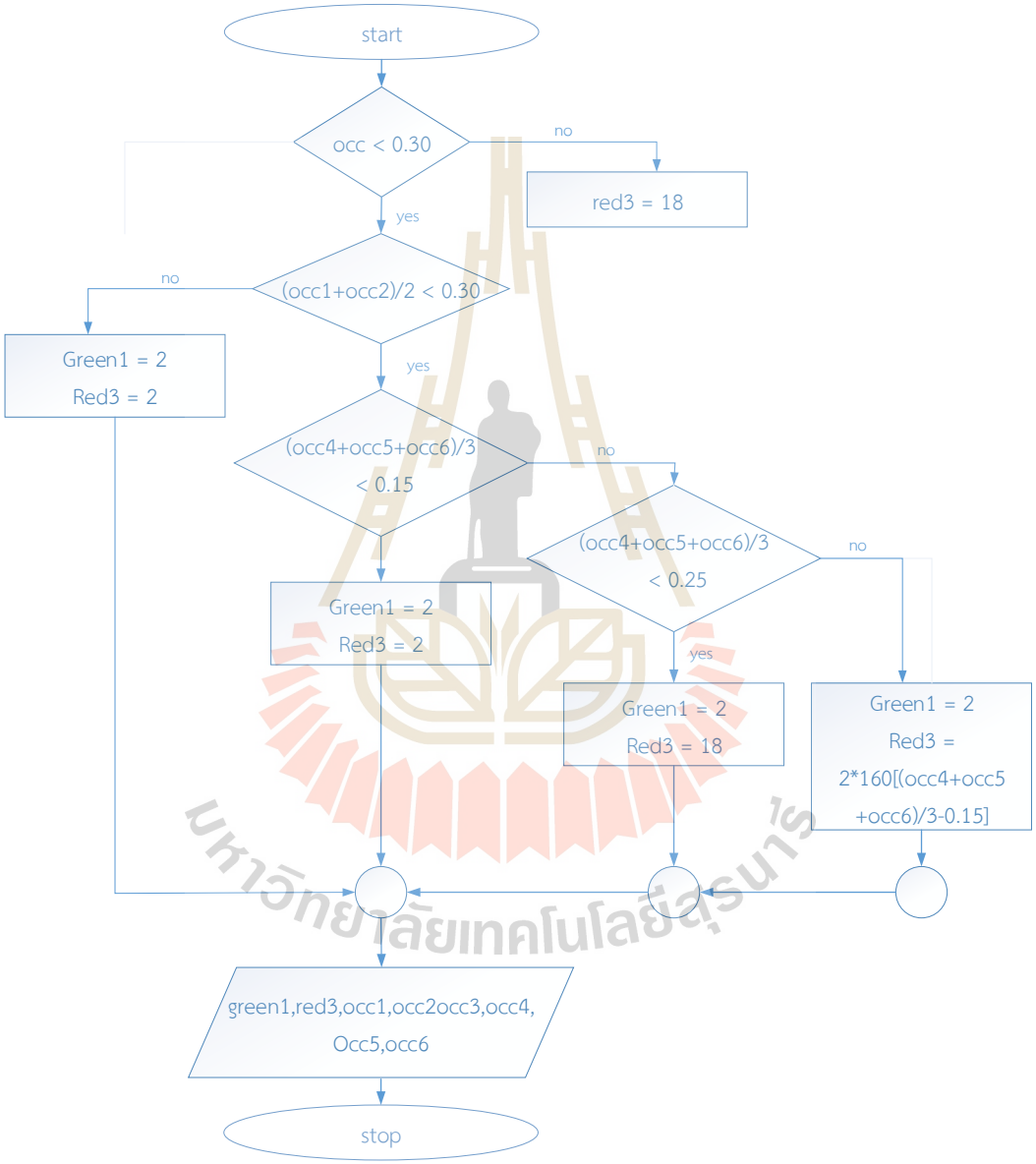
รูปที่ 3.7 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องตรวจวัดในการควบคุมบริเวณทางเข้า

การกำหนดค่าในกระบวนการดำเนินการสำหรับการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษผ่านโปรแกรม AIMSUN สามารถกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ ผ่าน 3 ส่วนหลัก ได้แก่

1) 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

2) Phase File เป็นส่วนที่กำหนดค่าเริ่มต้นเพื่อนำไปใช้ในส่วนของ Plans ซึ่งในแบบจำลองนี้จะเป็นส่วนที่เรียกใช้เครื่องตรวจวัด (Detectors) ที่ถูกติดตั้งไว้

3) Plans File เป็นส่วนที่มีลักษณะคำสั่งเป็นแบบ If – then Logic ในลักษณะการกำหนดสัญญาณไฟจราจรที่แปรเปลี่ยนตามสภาวะจราจรรายละเอียดจะประกอบด้วยจำนวน Plans และจำนวนเครื่องตรวจวัดภายใต้ความแตกต่างของกระบวนการควบคุม โดยรายละเอียดของการกำหนดค่าเงื่อนไขการจัดสัญญาณไฟควบคุม ณ บริเวณทางเข้านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ผังเงื่อนไขการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าระบบทางพิเศษ

เมื่อ occ1 และ occ2 คือ ค่าการครอบครองพื้นที่ ณ เครื่องตรวจวัดความยาวแถวคอยในช่องทางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

occ3 คือ ค่าการครอบครองพื้นที่ ณ เครื่องตรวจวัดบริเวณจุดร่วมของการจราจร

occ4, occ5, occ6 คือ ค่าการครอบครองพื้นที่ ณ เครื่องตรวจวัดบริเวณทางหลักในช่องทางที่ 1,2 และ3 ตามลำดับ

green1 คือจังหวะไฟเขียวที่ถูกกำหนดขึ้นในแต่ละรอบของสัญญาณไฟจราจร

red3 คือจังหวะไฟแดงที่ถูกกำหนดขึ้นในแต่ละรอบของสัญญาณไฟจราจร

การคัดเลือกพื้นที่ในการดำเนินการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าเป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากระบบโครงข่ายทางพิเศษที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นโครงข่ายที่มีขนาดใหญ่และมีจำนวนทางเข้าสูงถึง 19 ด่าน รวมถึงสภาวะการจราจรในแต่ละพื้นที่ที่เผชิญกับสภาวะความคับคั่งที่แตกต่างกัน เนื่องจากที่สภาวะนี้มีจำนวนพื้นที่ที่ต้องประสบกับสภาวะการจราจรคับคั่งในช่วงเวลาเร่งด่วนสูงและได้คำนึงถึงปัจจัยในด้านการกระจายของปริมาณการจราจรบริเวณทางเข้าที่มีความแตกต่างค่อนข้างสูงคือประมาณ 1,120 คัน ต่อชั่วโมง ซึ่งส่งผลต่อการกำหนดอัตราการตรวจวัดบริเวณทางเข้าระบบ ดังนั้นในการกำหนดค่ารอบไฟสัญญาณจึงได้กำหนดให้มีค่า 2 ถึง 20 วินาทีต่อคันซึ่งจะขึ้นอยู่กับสภาวะการจราจรบนทางหลัก

การออกแบบสถานการณ์จำลองสำหรับการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าสามารถจัดแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การคัดเลือกรูปแบบการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ระบบและ ปรับเปลี่ยนปริมาณจราจรที่ระดับต่าง ๆ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบที่จะยังคงการให้บริการในรูปแบบนั้นอยู่ ซึ่งรายละเอียดจะแสดงต่อไป

3.4.2 การคัดเลือกรูปแบบการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ระบบ

ด้วยปัจจัยเงื่อนไขต่าง ๆ ที่มีผลต่อการจัดการควบคุมบริเวณทางเข้าด้วยไฟสัญญาณจราจรดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นปัจจัยในด้านการใช้งานเครื่องตรวจวัดประเภททางเข้าด้วยไฟสัญญาณจราจรดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นปัจจัยในด้านการใช้งานเครื่องตรวจวัดประเภทต่าง ๆ ที่ถูกติดตั้งในบริเวณทางเข้าทางพิเศษก็มีผลต่อระบบเช่นกันทางสถาบันวิจัยด้านการขนส่งของ California THAT (Gardes et al., 2002) ได้ทำการตรวจสอบผลจากการใช้งานเครื่องตรวจวัด ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งจะส่งผลสภาพการจราจรทั้งทางด้านปริมาณการจราจรและความเร็วในการเดินทางในพื้นที่นั้น ๆ เช่น การติดตั้งเครื่องตรวจวัดยานพาหนะที่ต้องการเข้าใช้ทางพิเศษ และเครื่องตรวจวัดบนช่วงหลักจะส่งผลให้ปริมาณการจราจรลดลงแต่จะเพิ่มความเร็วในการเดินทางขึ้นเนื่องมาจากการควบคุมการปล่อยรถให้เข้าใช้ทางพิเศษบริเวณทางขึ้น ซึ่งถ้าหากติดตั้งเครื่องตรวจวัดความยาวแถวคอยเพิ่มจะส่งผลให้ปริมาณการจราจรลดลงอีกเนื่องจากมีการควบคุมไม่ให้เกิดความยาวแถวคอยสูงกว่าขีดจำกัดดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้สร้างการณ์จำลองโดยการศึกษาถึงผลการติดตั้งเครื่องตรวจวัด

แต่ละประเภทบริเวณทางเข้าพิเศษดังแสดงในตารางที่ 3.8 เพื่อใช้ประเมินแนวทางการควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษต่อไป

ตารางที่ 3.8 สถานการณ์การจำลองการควบคุมทางเข้าทางพิเศษด้วยสัญญาณไฟจราจร

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

การประเมินผลมาตรการการใช้ระบบการควบคุมสัญญาณไฟ ณ ทางขึ้นทางพิเศษสามารถแบ่งการวิเคราะห์ผลได้เป็น 2 ส่วนคือส่วนประเมินผลกระทบในด้านความเร็วเฉลี่ยและเวลาในการเดินทางโดยรวมตลอดช่วงพื้นที่ที่กำหนดการศึกษาและในส่วนพื้นที่ติดตั้งสัญญาณไฟควบคุม ณ ตำแหน่งต่าง ๆ โดยเปรียบเทียบผลความแตกต่างกับสถานการณ์ตั้งต้น นั่นคือสถานการณ์ที่ 1 โดยใช้การทดสอบความแตกต่างทางด้านสถิติเพื่อประเมินถึงแนวทางในการควบคุมที่เหมาะสมที่สุด

3.4.3 การปรับเปลี่ยนปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบ

เมื่อได้คัดเลือกรูปแบบการควบคุมบริเวณทางเข้าระบบในกระบวนการที่ได้กล่าวข้างต้น ในขั้นตอนนี้ได้ทำการทดสอบระดับความเหมาะสมด้านปริมาณจราจรที่ยังคงให้ระบบดำเนินมาตรการอย่างมีประสิทธิภาพอยู่ โดยการปรับเปลี่ยนค่าปริมาณจราจรในช่วงที่ต่ำกว่าและสูงกว่าระดับที่ทำการศึกษาร้อยละ 50 และทำการประเมินผลทางด้านความเร็วเฉลี่ยและเวลาที่ใช้ในการเดินทางรวม

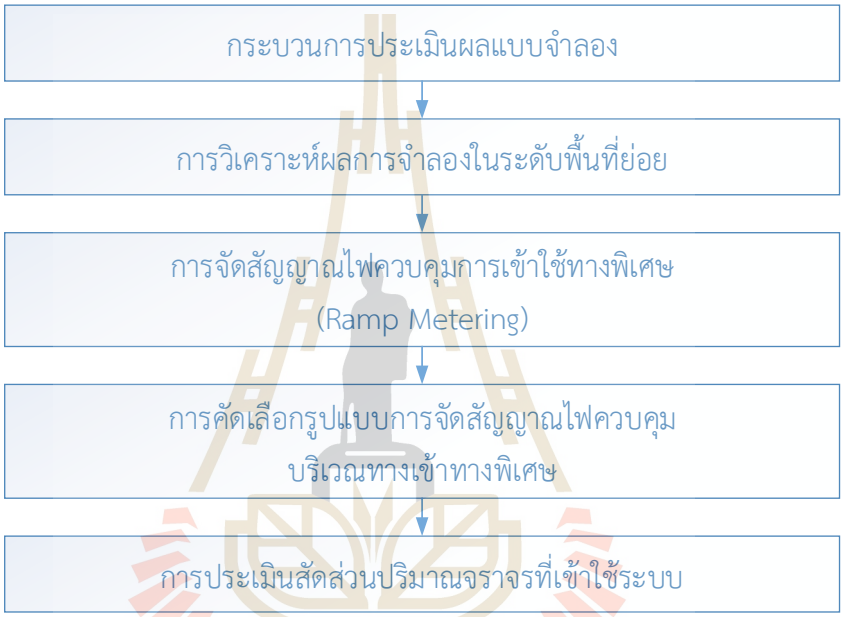
3.5 การประเมินผลมาตรการในระดับพื้นที่ทั้งโครงข่ายทางพิเศษ

การประเมินผลแบบจำลองการจราจรจากสถานการณ์ทางเลือกในระดับโครงข่ายจะทำการเปรียบเทียบผลระหว่างสถานการณ์จำลองในด้านความเร็วโดยเฉลี่ย และเวลาในการเดินทางโดยรวมกับสถานการณ์ตั้งต้นและในส่วนการปรับเปลี่ยนปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบที่ระดับต่างๆ ในช่วงตั้งแต่ -50 ถึง +50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับสภาพการจราจรที่ทำการศึกษา ซึ่งจะตรวจวัดผลในด้านเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวม และระยะทางที่ยานพาหนะเดินทางได้

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 กระบวนการประเมินผลแบบจำลอง

เนื้อหาในส่วนเป็นการนำเสนอผลจากการพัฒนาแบบจำลองที่ผ่านการประมวลผล เพื่อประเมินรูปแบบและความสามารถในการจัดการในแต่ละมาตรการ และในระดับพื้นที่โครงข่ายเพื่อประเมินผลด้านจราจร โดยได้แบ่งการวิเคราะห์และการประเมินผลดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ภาพรวมในกระบวนการประเมินผลแบบจำลอง

4.2 ข้อมูลด้านการจราจรบนทางพิเศษ

4.2.1 การรวบรวมข้อมูลด้านการจราจรบนทางพิเศษ

จากผลการสำรวจปริมาณจราจรที่ทางขึ้น-ลงทางพิเศษบูรพาวิถี พบว่า มีปริมาณการจราจรที่ทางขึ้นวันละ 21,275,530 เที่ยวต่อวันดังแสดงในตารางที่ 4.1 ปริมาณจราจรของทางพิเศษที่มีปริมาณการจราจรสูงสุด ด่านชลบุรีมีปริมาณรถเข้าด่านสูงสุดถึงวันละ มีปริมาณการจราจร 4,230,683 คันต่อวัน รองลงมาได้แก่ด่านบางนา มีปริมาณการจราจร 2,900,346 คันต่อวัน

ประเภทของยวดยานที่ใช้ระบบทางพิเศษ ประเภทของยวดยานที่ใช้ระบบทางพิเศษโดยจำแนกตามอัตราการคิดค่าผ่านทาง แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ รถ 4 ล้อ รถ 6-10 ล้อ และรถมากกว่า 10 ล้อ ซึ่งมีสัดส่วนของยวดยานที่เข้าใช้ระบบทางพิเศษคิดเป็นร้อยละ 95, 4 และ 1 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ปริมาณจราจรที่ทางขึ้น-ลงทางพิเศษบูรพาวิถีในวันทำงาน แยกเป็นรายด่าน

	บางนา กม.6(ออก)	บางแก้ว	บางแก้ว (วงแหวน)	บางพลี 1	บางนา กม.9-3(เข้า)	บางพลี 2	สุวรรณภูมิ1	สุวรรณภูมิ2	เมืองใหม่บางพลี	บางเสาธง	บางบ่อ	บางพลีน้อย	บางสมัคร	บางวัว	บางประกง 1	บางประกง 2	ชลบุรี	รวม
บางนา กม.6(เข้า)	0	60,919	11	0	45,005	121,253	0	27,810	0	1,645,489	397,175	0	133,767	408,427	0	60,490	0	2,900,346
บางนา 3	0	366,265	0	0	433,293	177,575	0	88,408	0	225,330	258,708	0	99,170	325,243	0	60,200	0	2,034,192
บางแก้ว	562,285	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	562,285
บางนา กม.9-1	221,057	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	221,057
บางแก้ว (วงแหวน)	0	0	0	0	43,984	0	0	373,030	0	141,226	282,076	0	226,095	708,466	0	118,677	0	1,893,554
บางนา กม.9-2	180,924	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180,924
บางพลี 1	515,269	0	0	88,676	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	603,945
บางพลี 2	0	0	0	0	0	0	0	8,120	0	28,126	379,549	0	255,842	385,950	0	52,029	0	1,109,616
สุวรรณภูมิ1	213,085	0	0	85,085	0	0	5,179	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	303,349
สุวรรณภูมิ2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25,183	142,140	0	52,597	73,520	0	17,880	0	311,320
เมืองใหม่บางพลี	334,877	0	0	742,165	0	0	77,933	0	60,073	0	0	0	0	0	0	0	0	1,215,048
บางเสาธง	612,504	0	0	820,363	0	0	255,181	0	93,080	0	0	0	0	0	0	0	0	1,781,128
บางบ่อ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83,037	98,182	0	21,349	7	202,575
บางพลีน้อย	230,768	0	0	298,387	0	0	352,246	0	63,666	0	0	8,752	0	0	0	0	0	953,819
บางสมัคร	627,996	0	0	717,243	0	0	499,428	0	81,097	0	0	161,333	0	0	0	0	0	2,087,097
บางวัว	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,019	0	3,019
บางประกง 1	147,253	0	0	244,937	0	0	168,870	0	24,590	0	0	91,166	0	0	4,757	0	0	681,573
บางประกง 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ชลบุรี	1,603,426	0	0	1,395,094	0	0	490,285	0	299,553	0	0	280,155	0	0	109,319	0	52,851	4,230,683
รวม	5,249,444	427,184	11	4,391,950	522,282	298,828	1,849,122	497,368	622,059	2,065,354	1,459,648	541,406	850,508	1,999,788	114,076	333,644	52,858	21,275,530

4.2.2 การสำรวจความเร็วและระยะเวลาการเดินทาง

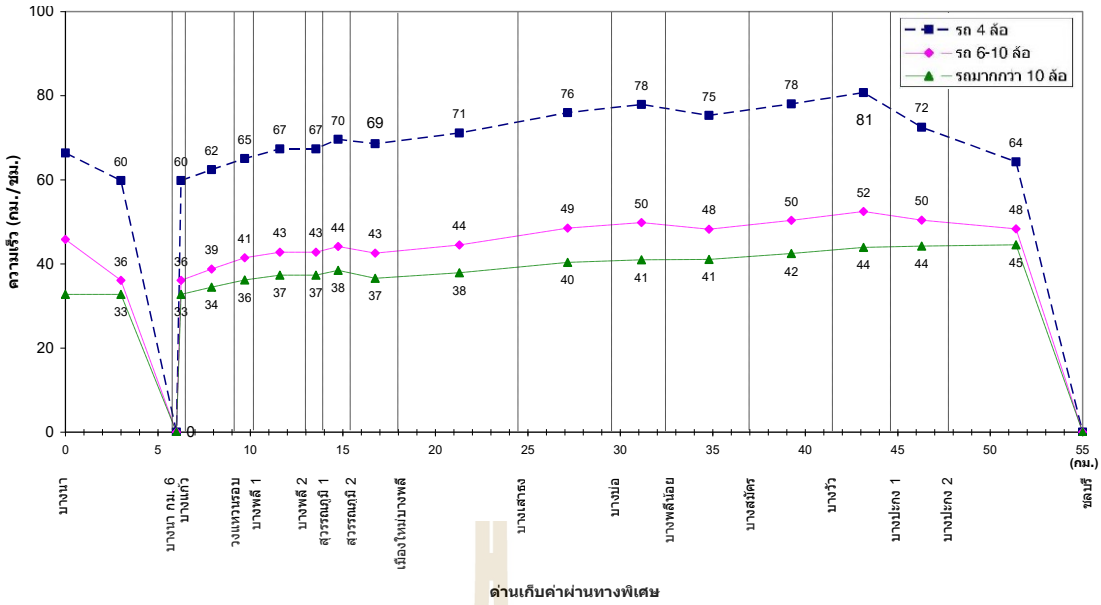
ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจความเร็วและระยะเวลาในการเดินทางบนทางพิเศษ โดยใช้วิธี Floating Car ในวันและเวลาเดียวกันกับการสำรวจปริมาณจราจรที่ทางขึ้น-ลงทางพิเศษ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการสำรวจความเร็วและระยะเวลาในการเดินทางบนทางพิเศษในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า ซึ่งจำนวนตัวอย่างขั้นต่ำในการสำรวจความเร็วและระยะเวลาการเดินทางบนทางพิเศษในแต่ละช่วงเวลา ได้กำหนดให้มีระดับความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่าร้อยละ ความคลาดเคลื่อน ±10% ดังนั้นในการศึกษานี้จะทำการเก็บตัวอย่างความเร็วบนทางพิเศษ ประมาณ 15 ตัวอย่างโดยทำการสำรวจความเร็วโดย วิธี Floating Car เป็นจำนวน 15 รอบตลอดเส้นทางบนทางพิเศษเพื่อหาค่าเฉลี่ยความเร็ว และระยะเวลาการเดินทางบนทางพิเศษโดยตารางที่ 4.2 แสดงความเร็วเฉลี่ยบนช่วงทางพิเศษในขณะที่ดำเนินการสำรวจความเร็วและระยะเวลาการเดินทาง ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางบนทางพิเศษบูรพาวิถี ช่วงบางนา-ชลบุรี ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้าของวันทำงานแสดงในรูปที่ 4.2 ถึง 4.3

ตารางที่ 4.2 ความเร็วเฉลี่ยบนช่วงทางพิเศษบูรพาวิถี (กม./ชม.)

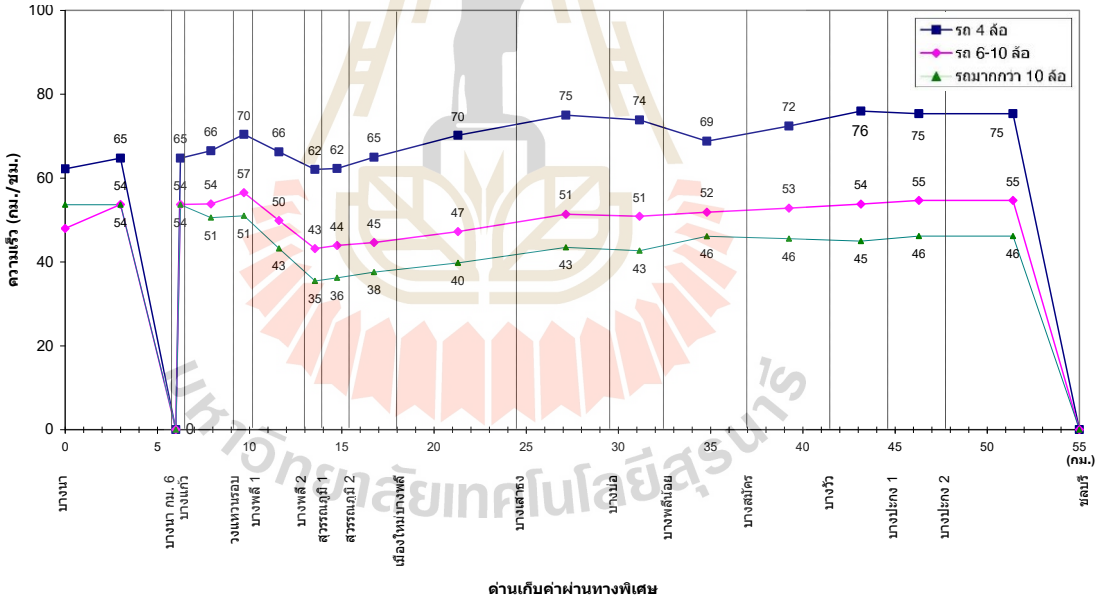
ทิศทาง	ต้นทาง-ปลายทาง	ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)	SD
บางนา-ชลบุรี	บางนา-บางนา กม. 6	64.74	4.812
	บางนา กม. 6-บางแก้ว	64.74	3.926
	บางแก้ว-วงแหวนรอบนอก	66.49	4.236
	วงแหวนรอบนอก-บางพลี 1	70.44	3.465
	บางพลี 1-บางพลี 2	66.24	3.423
	บางพลี 2-สุวรรณภูมิ 1	62.05	3.942
	สุวรรณภูมิ 1-สุวรรณภูมิ 2	62.30	4.356
	สุวรรณภูมิ 2-เมืองใหม่บางพลี	64.94	3.442
	เมืองใหม่บางพลี-บางเสาธง	70.21	4.654
	บางเสาธง-บางบ่อ	75.02	4.239
	บางบ่อ-บางพลีน้อย	73.86	3.684
	บางพลีน้อย-บางสมัคร	68.81	3.542
	บางสมัคร-บางวัว	72.40	2.564
	บางวัว-บางปะกง 1	75.98	3.441
	บางปะกง 1-บางปะกง 2	75.34	2.653
	บางปะกง 2-ชลบุรี	75.34	4.912

ทิศทาง	ต้นทาง-ปลายทาง	ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)	SD
ชลบุรี-บางนา	ชลบุรี-บางปะกง 2	64.24	3.125
	บางปะกง 2-บางปะกง 1	72.49	2.625
	บางปะกง 1-บางวัว	80.74	5.234
	บางวัว-บางสมัคร	78.02	4.021
	บางสมัคร-บางพลีน้อย	75.30	3.842
	บางพลีน้อย-บางบ่อ	77.90	3.954
	บางบ่อ-บางเสาธง	75.96	4.441
	บางเสาธง-เมืองใหม่บางพลี	71.14	2.236
	เมืองใหม่บางพลี-สุวรรณภูมิ 2	68.55	1.193
	สุวรรณภูมิ 2-สุวรรณภูมิ 1	69.61	2.563
ชลบุรี-บางนา	สุวรรณภูมิ 1-บางพลี 2	67.33	4.134
	บางพลี 2-บางพลี 1	67.33	5.12
	บางพลี 1-วงแหวนรอบนอก	65.06	2.314
	วงแหวนรอบนอก-บางแก้ว	62.43	3.442
	บางแก้ว-บางนา กม. 6	59.80	2.561
	บางนา กม. 6-บางนา	59.80	4.332

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.2 ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางบนทางพิเศษบูรพาวิถี ช่วงบางนา-ชลบุรี ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้าของวันทำงาน (ทิศทางชลบุรี-บางนา)



รูปที่ 4.3 ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางบนทางพิเศษบูรพาวิถี ช่วงบางนา-ชลบุรี ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้าของวันทำงาน (ทิศทางบางนา-ชลบุรี)

4.2.3 การวิเคราะห์ความหนาแน่นของการจราจรและระดับการให้บริการบนช่วงทางพิเศษ

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความหนาแน่นของการจราจร ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณจราจรต่อความเร็วของกระแสจราจรในแต่ละช่วงทางพิเศษ ซึ่งผลกา รวิเคราะห์ความหนาแน่นของการจราจรบนช่วงทางพิเศษ แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการสำรวจอัตราส่วนปริมาณจราจรต่อความจุ (V/C) และความหนาแน่นบนช่วงทางพิเศษบูรพาวิถี

ทางพิเศษ	ทิศทาง	ช่วงที่	ต้นทาง-ปลายทาง	ปริมาณรถ (คัน/ชั่วโมง)			ปริมาณจราจร		จำนวนช่องจราจร	V/C Ratio		Density	LOS
				4 ล้อ	6-10 ล้อ	มากกว่า 10 ล้อ	Veh/hr	PCU/hr		เฉพาะช่องจราจรปกติ	รวมช่องจราจรฉุกเฉิน	Pcu/km/ln	
บูรพาวิถี	ชลบุรี-อาจณรงค์	1	ชลบุรี-บางปะกง 2	619	25	2	646	674	3	0.10	0.08	2.25	B
		2	บางปะกง 2-บางปะกง 1	609	25	2	636	664	3	0.10	0.07	2.21	B
		3	บางปะกง 1-บางวัว	642	27	2	670	700	3	0.10	0.08	2.33	B
		4	บางวัว-บางสมัคร	625	26	2	653	681	3	0.10	0.08	2.27	B
		5	บางสมัคร-บางพลีน้อย	883	37	2	921	961	3	0.14	0.11	3.20	B
		6	บางพลีน้อย-บางบ่อ	897	38	2	938	979	3	0.14	0.11	3.26	B
		7	บางบ่อ-บางเสาธง	675	28	2	705	736	3	0.11	0.08	2.45	B
		8	บางเสาธง-เมืองใหม่บางพลี	894	40	2	936	979	3	0.14	0.11	3.26	B
		9	เมืองใหม่บางพลี-สุวรรณภูมิ	1,025	46	2	1,074	1,123	3	0.16	0.13	3.74	B
		10	สุวรรณภูมิ-บางพลี 2	1,045	45	2	1,092	1,141	3	0.17	0.13	3.80	B
		11	บางพลี 2-บางพลี 1	595	14	2	611	628	3	0.09	0.07	2.09	B
		12	บางพลี 1-ต่างระดับวัดสลุต	1,046	29	2	1,077	1,110	3	0.16	0.12	3.70	B
		13	ต่างระดับวัดสลุต-บางแก้ว	934	18	2	954	975	3	0.14	0.11	3.25	B
		14	บางแก้ว-ก่อนถึง กม. 6	1,420	38	2	1,460	1,501	3	0.22	0.17	5.00	B
		15	ก่อนถึง กม. 6-บางจาก	1,186	15	-	1,201	1,216	3	0.18	0.14	4.05	B
		16	บางจาก-ต่างระดับอาจณรงค์	210	14	-	224	238	4	0.03	0.02	0.60	B
	อาจณรงค์-ชลบุรี	1	อาจณรงค์ 1-บางจาก	1,122	8	-	1,130	1,138	4	0.12	0.10	2.85	B
		2	บางจาก-ก่อนถึง กม. 6	1,830	33	-	1,863	1,896	3	0.27	0.21	6.32	B
		3	ก่อนถึง กม. 6-วงแหวนรอบนอก	2,181	44	2	2,227	2,274	3	0.33	0.26	7.58	B
		4	วงแหวนรอบนอก-ต่างระดับวัดสลุต	2,076	42	2	2,119	2,164	3	0.31	0.24	7.21	B
		5	ต่างระดับวัดสลุต-บางพลี 1	2,760	60	4	2,824	2,890	3	0.42	0.32	9.63	B
		6	บางพลี 1-บางพลี 2	2,528	55	4	2,587	2,648	3	0.38	0.30	8.83	B
		7	บางพลี 2-สุวรรณภูมิ	4,232	100	6	4,338	4,447	3	0.64	0.50	14.82	C
		8	สุวรรณภูมิ-เมืองใหม่บางพลี	4,202	112	6	4,320	4,440	3	0.64	0.50	14.80	C
		9	เมืองใหม่บางพลี-บางเสาธง	3,668	101	5	3,775	3,884	3	0.56	0.44	12.95	C
		10	บางเสาธง-บางบ่อ	2,836	83	4	2,923	3,013	3	0.44	0.34	10.04	B
		11	บางบ่อ-บางพลีน้อย	3,163	97	6	3,266	3,373	3	0.49	0.38	11.24	C
		12	บางพลีน้อย-บางสมัคร	2,715	90	6	2,811	2,909	3	0.42	0.33	9.70	B
		13	บางสมัคร-บางวัว	2,087	77	5	2,169	2,253	3	0.33	0.25	7.51	B
		14	บางวัว-บางปะกง 1	2,089	78	5	2,172	2,257	3	0.33	0.25	7.52	B
		15	บางปะกง 1-บางปะกง 2	1,680	77	5	1,762	1,846	3	0.27	0.21	6.15	B
		16	บางปะกง 2-ชลบุรี	1,680	77	5	1,762	1,846	3	0.27	0.21	6.15	B

4.2.4 ระดับการให้บริการบนช่วงทางพิเศษ

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ระดับการให้บริการบนช่วงทางพิเศษ เพื่อบ่งชี้สภาพการจราจรของแต่ละช่วงบนโครงข่ายทางพิเศษ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการกับความหนาแน่น

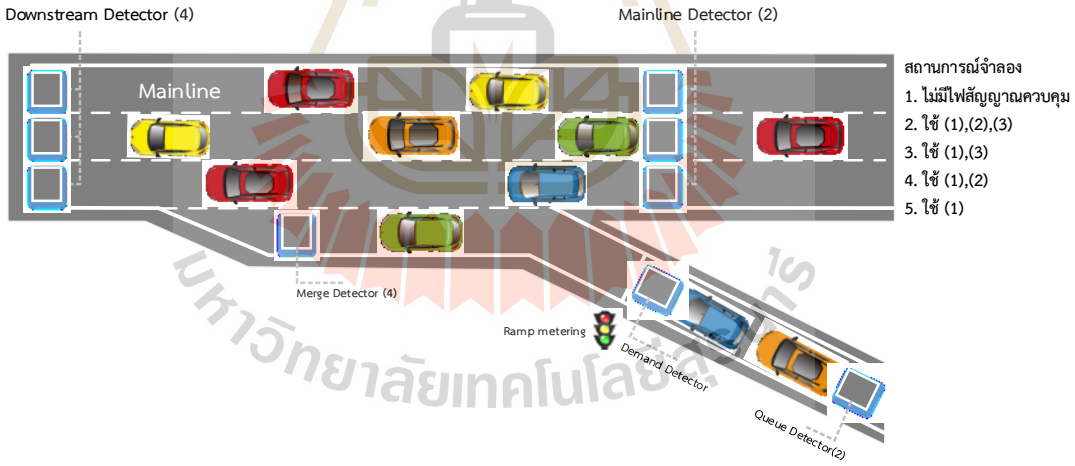
ของการจราจร ของช่วงทางปลอด (Basic Freeway Segments) และผลการวิเคราะห์ระดับการให้บริการบนช่วงทางพิเศษดังแสดงในตารางที่ 4.3

4.3 การจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษ

การจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษระดับพื้นที่ย่อยนี้ได้แบ่งการประเมินผลออกเป็น 2 ระดับ คือการคัดเลือกรูปแบบการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ระบบและการกำหนดสัดส่วนปริมาณจราจรเข้าใช้ระบบที่ระดับต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.3.1 การคัดเลือกรูปแบบการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ระบบ

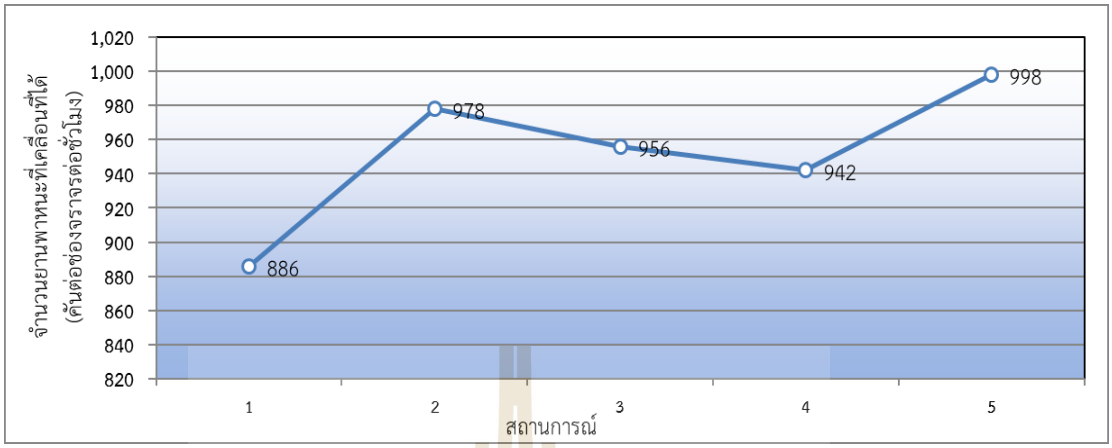
จากสถานการณ์จำลองทั้ง 5 สถานการณ์ ดังรูปที่ 4.4 ซึ่งแสดงแต่ละสถานการณ์ที่แตกต่างกันในด้านลักษณะการจัดสัญญาณไฟควบคุมที่ได้คำนึงถึงสภาพการจราจร ณ ตำแหน่งต่าง ๆ กัน โดยทำการประเมินแนวทางการควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษเปรียบเทียบกับสถานการณ์ตั้งต้นซึ่งไม่มีการติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้าใจในด้านความเร็วเฉลี่ยและเวลาในการเดินทาง โดยรวมตลอดทั้งช่วงที่ทำการศึกษาและประเมินสภาวะการจราจรในบริเวณพื้นที่ที่มีการติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้า



รูปที่ 4.4 รูปแบบการจัดสถานการณ์จำลองในการควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ

ทั้งนี้ในขั้นต้นได้ทำการตรวจสอบปริมาณจราจรต่อพื้นที่ในสถานการณ์ที่ 2 ถึง 5 โดยเทียบกับสถานการณ์ 1 ดังแสดงในรูปที่ 4.5 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติความแตกต่างของแต่ละสถานการณ์ ด้วยการทดสอบ one-way anova ดังตารางที่ 4.4 พบว่าทุกสถานการณ์ให้ผลไม่แตกต่าง

กันที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 5 หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจราจรจากการทดสอบสถานการณ์ทั้งหมด



รูปที่ 4.5 ปริมาณรถที่เข้าในระบบแบบจำลองแต่ละสถานการณ์

ตารางที่ 4.4 ผลการการทดสอบค่าความแตกต่างปริมาณจราจรของแต่ละสถานการณ์ในด้านปริมาณรถที่เคลื่อนที่ได้

SUMMARY

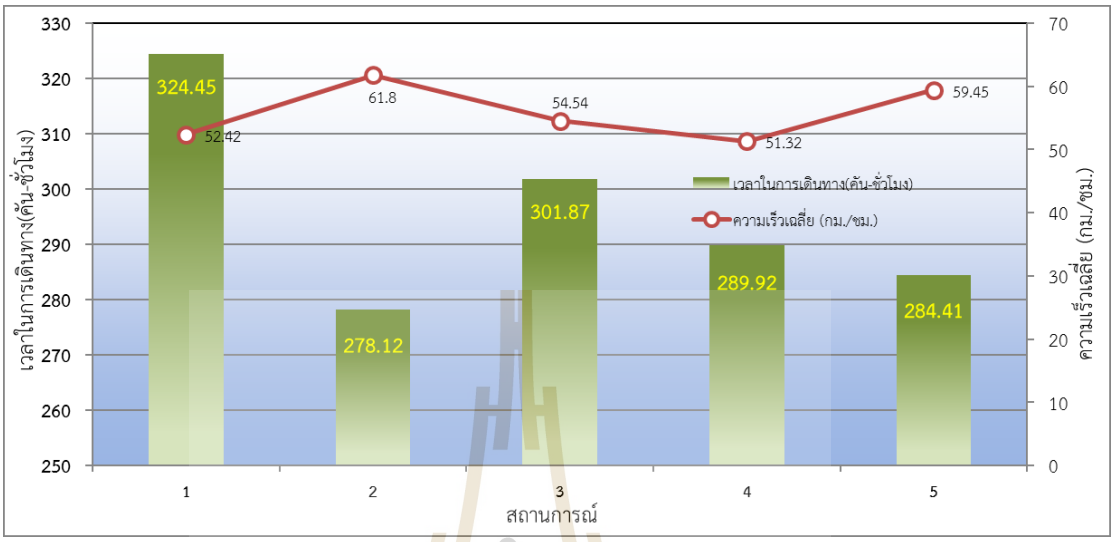
Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
สถานการณ์ที่ 1	5	4430	886	1
สถานการณ์ที่ 2	5	4890	978	16811.5
สถานการณ์ที่ 3	5	4780	956	379.5
สถานการณ์ที่ 4	5	4710	942	268
สถานการณ์ที่ 5	5	4990	998	4321.5

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	36320	4	9080	2.084338	0.120905	2.866081
Within Groups	87126	20	4356.3			
Total	123446	24				

รูปที่ 4.6 แสดงผลการประเมินในด้านความเร็วเฉลี่ยและในการเดินทางในแต่ละสถานการณ์ทดสอบ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติความแตกต่างของแต่ละสถานการณ์ ด้วยการทดสอบ one-way anova ดังตารางที่ 4.5 พบว่ามีสถานการณ์อย่างน้อยหนึ่งสถานการณ์ที่มีผล

แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 5 จากการวิเคราะห์ผลพบว่าสถานการณ์ที่ 2 เป็นสถานการณ์ที่ดีที่สุดเมื่อพิจารณาถึงผลวิเคราะห์ด้านความเร็วเฉลี่ยที่ให้ค่าสูงกว่าแต่ละสถานการณ์ และเมื่อพิจารณาผลวิเคราะห์ด้านเวลาในการเดินทาง พบว่าสถานการณ์ที่ 2 เป็นสถานการณ์ที่ดีที่สุดเช่นกัน



รูปที่ 4.6 ความเร็วและเวลาในการเดินทางในการคัดเลือกรูปแบบการควบคุมการเข้าใช้ระบบ

ตารางที่ 4.5 ผลการการทดสอบค่าความแตกต่างปริมาณจราจรของแต่ละสถานการณ์ในด้านความเร็วและเวลาในการเดินทาง

SUMMARY

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
สถานการณ์ที่ 1	5	262.1	52.42	2.6373
สถานการณ์ที่ 2	5	309	61.8	2.9144
สถานการณ์ที่ 3	5	272.7	54.54	0.79235
สถานการณ์ที่ 4	5	256.6	51.32	0.64285
สถานการณ์ที่ 5	5	297.25	59.45	0.7932

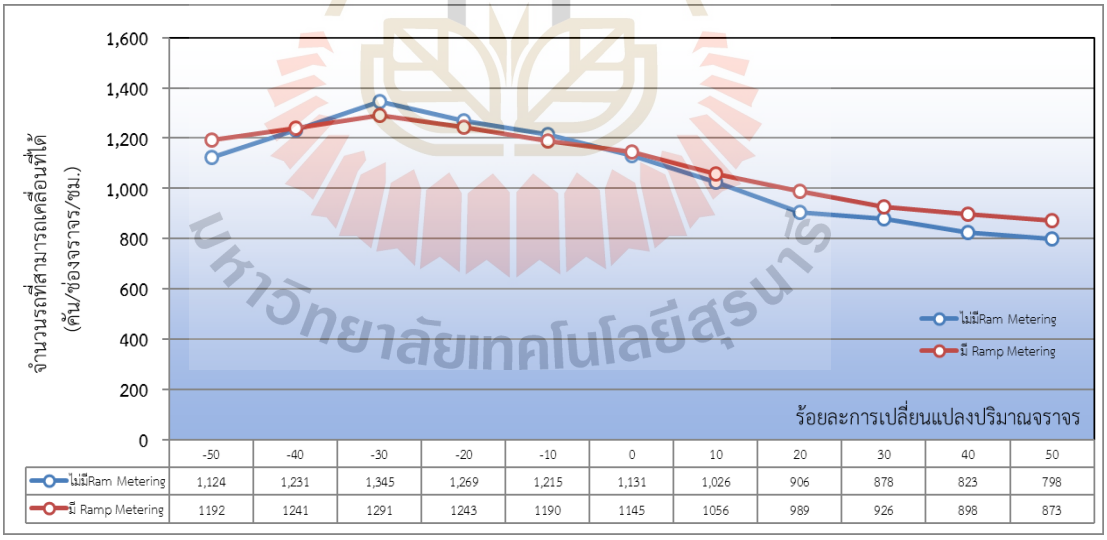
ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	411.7436	4	102.9359	66.15333	3.02E-11	2.866081
Within Groups	31.1204	20	1.55602			
Total	442.864	24				

สรุปได้ทั้งในการประเมินผลด้านจราจรตลอดช่วงพื้นที่ที่ศึกษาและในพื้นที่ ติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้า ได้คัดเลือกสถานการณ์ที่ 2 ที่มีรูปแบบการควบคุมโดยไฟสัญญาณที่แปรเปลี่ยนตามสภาวะการจราจรทั้ง 3 บริเวณเป็นสถานการณ์ทางเลือกที่ดีที่สุดและได้นำรูปแบบทางเลือกนี้ไปใช้ในการประมวลผลต่อไป

4.3.2 การกำหนดปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบที่ระดับต่าง ๆ

จากสถานการณ์จำลองที่ผ่านการคัดเลือกรูปแบบการควบคุมแล้วคือในสถานการณ์ที่ 2 ที่มีลักษณะการควบคุมแบบการใช้เครื่องตรวจวัดที่ติดตั้งทั้ง 3 ตำแหน่งได้แก่ พื้นที่บริเวณก่อนจุดติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมทางเข้า พื้นที่บริเวณเข้าระบบและพื้นที่บริเวณจุดร่วมกระแสจราจร เพื่อใช้ในการควบคุมการจราจร ในส่วนนี้จะนำเสนอผลจากการปรับเปลี่ยนสัดส่วนปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบที่ระดับต่าง ๆ เมื่อเทียบกับปริมาณจราจรที่ทำการศึกษาเพื่อประเมินถึงระดับปริมาณผู้เดินทางที่มาตรการการจัดสัญญาณไฟควบคุมยังคงประสิทธิภาพของการดำเนินการอยู่ ผลจากการทดสอบในขั้นต้นได้พิจารณาปริมาณจราจรที่มีปรับเปลี่ยนตามสัดส่วนต่าง ๆ พบว่าที่ระดับปริมาณจราจรสูงกว่าปริมาณจราจรที่ทำการศึกษาที่ระดับ +10 เปอร์เซ็นต์ เกิดข้อจำกัดในการปล่อยยวดยานบริเวณทางเข้าสู่ระบบดังที่ได้กล่าวรายละเอียดมาแล้ว และที่ระดับปริมาณจราจรต่ำกว่านี้ให้ผลการทดสอบที่ไม่มีความแตกต่างในด้านจำนวนยานพาหนะที่สามารถเคลื่อนที่ได้ในระบบอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 4.7

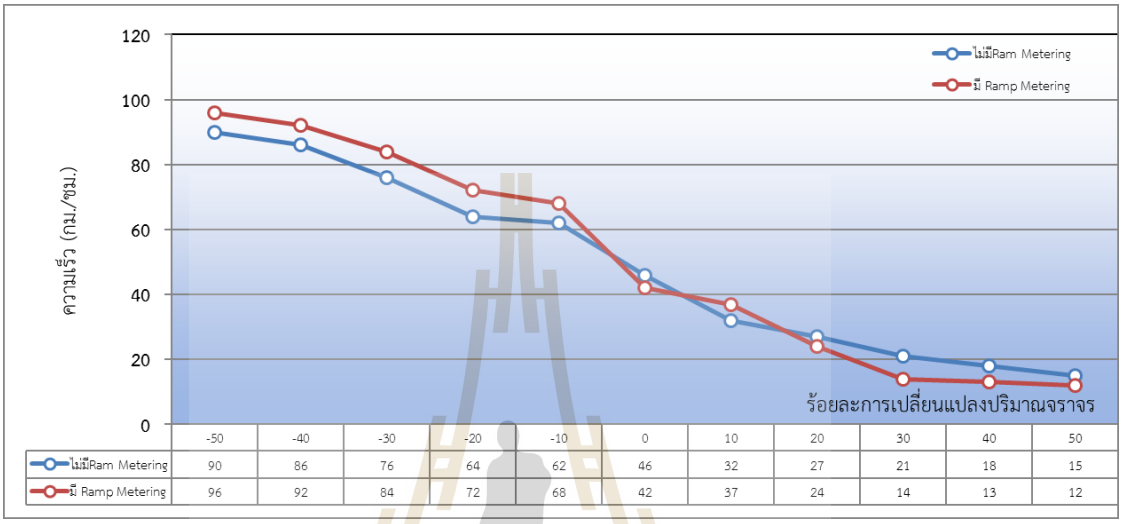


	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50
ไม่มีRam Metering	1,124	1,231	1,345	1,269	1,215	1,131	1,026	906	878	823	798
มี Ramp Metering	1192	1241	1291	1243	1190	1145	1056	989	926	898	873

รูปที่ 4.7 การตรวจสอบปริมาณจราจรในการจัดการควบคุมการเข้าใช้ระบบ

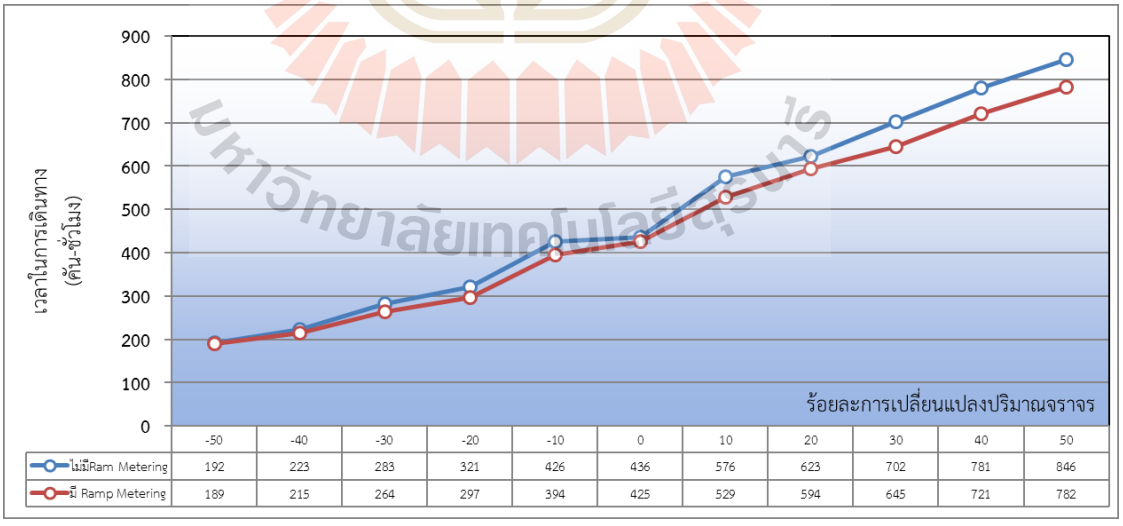
รูปที่ 4.8 พบว่าที่ระดับปริมาณจราจรที่เข้าใช้พื้นที่ในช่วงที่มีค่าน้อยกว่าระดับที่ทำการศึกษาร้อยละ 10 ถึงระดับปริมาณจราจรที่ทำการศึกษา (-10 ถึง 0 เปอร์เซ็นต์) การควบคุมบริเวณทางเข้าจะให้ผลทางด้านความเร็วที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีการติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมบริเวณ

ทางเข้าที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 20 และรูปที่ 4.8 แสดงผลด้านเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวม พบว่าในช่วงระดับปริมาณจราจรที่มีค่าน้อยกว่าระดับที่ทำการศึกษาร้อยละ 20 ให้ผลทางด้านเวลาในการเดินทางโดยรวมที่ลดน้อยลงเมื่อมีการติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้า ในขณะที่ระดับปริมาณจราจรมีค่าที่น้อยกว่าในช่วงที่ผ่านการประเมินผลนั้น การจัดสัญญาณไฟควบคุมไม่ได้ช่วยลดเวลาในการเดินทางแก่ผู้ใช้ยวดยานได้



	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50
ไม่มีRam Metering	90	86	76	64	62	46	32	27	21	18	15
มี Ramp Metering	96	92	84	72	68	42	37	24	14	13	12

รูปที่ 4.8 ความเร็วเฉลี่ย ณ ระดับปริมาณจราจรต่างๆ ในการจัดการควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ



	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50
ไม่มีRam Metering	192	223	283	321	426	436	576	623	702	781	846
มี Ramp Metering	189	215	264	297	394	425	529	594	645	721	782

รูปที่ 4.9 เวลาในการเดินทางโดยรวม ณ ระดับปริมาณจราจรต่างๆ ในการจัดการควบคุมบริเวณทางเข้าระบบ

การประเมินผลการกำหนดปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบที่ระดับต่าง ๆ โดยการพิจารณาผลทางด้านความเร็วและเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรวมตลอดช่วงที่ศึกษา พบว่าที่ระดับปริมาณจราจรน้อยกว่าระดับที่ทำการศึกษาร้อยละ 10 ถึงระดับปริมาณจราจรที่ทำการศึกษาเท่านั้นที่ให้ผลด้านจราจรที่ดีขึ้นเมื่อมีการนำมาตรการการจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้ามาใช้

ในการดำเนินการจัดการควบคุมบริเวณทางเข้าโดยการใช้การจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ทางที่มีการควบคุมแบบเป็นพื้นที่เดี่ยว โดยสรุปพบว่าการกำหนดอัตราไฟสัญญาณควบคุมจะขึ้นอยู่กับสภาพการจราจรที่ได้จากการใช้เครื่องตรวจวัดการจราจรใน 3 ตำแหน่งคือบนช่วงหลักก่อนเข้าสู่พื้นที่บริเวณติดตั้งสัญญาณไฟควบคุม บริเวณจุดร่วมกระแสจราจรทางหลักกับทางเข้าและบริเวณทางเข้าที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณแถวคอยเป็นรูปแบบการควบคุมที่ดีที่สุดเมื่อวิเคราะห์ผลทางด้านการจราจรและเมื่อมีการปรับเปลี่ยนสัดส่วนของปริมาณจราจรที่เข้าใช้ระบบพบว่าที่ระดับปริมาณจราจรน้อยกว่าที่ระดับที่ทำการศึกษาร้อยละ 10 ที่ยังคงประสิทธิภาพในการดำเนินมาตรการการจัดสัญญาณไฟควบคุมทางเข้าทางพิเศษอยู่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษาผลกระทบด้านจราจรของมาตรการช่องทางพิเศษและการควบคุมทางเข้าบนระบบทางพิเศษในเขตกรุงเทพมหานครมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองการจราจรในระดับจุลภาคบนระบบทางพิเศษเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์สภาวะการจราจรคับคั่งในช่วงเร่งด่วนของวัน ซึ่งได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองในมาตรการการจัดช่องทางพิเศษ และการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษเพื่อประเมินแนวทางการจัดการกับสภาพปัญหาหรือสามารถนำผลการศึกษาที่ได้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการตัดสินใจเพื่อใช้ในการกำหนดนโยบายต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงแก้ไขปัญหาการจราจรให้มีประสิทธิภาพแก่ระบบโดยรวมต่อไป ในบทนี้ได้ทำการสรุปผลการวิจัยที่ได้ จากมาตรการการควบคุมทางเข้าบนระบบทางพิเศษ ซึ่งได้ทำการประมวลผลในระดับพื้นที่ย่อยนั่นคือ ระบบทางพิเศษในช่วงบางนาถึงชลบุรี และการประเมินผลในระดับโครงข่ายทางพิเศษ ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1 แบบจำลองสำหรับประเมินสภาพการจราจร จากมาตรการควบคุมการจราจรบริเวณทางเข้า-ออกของทางพิเศษ

การศึกษาผลกระทบด้านการจราจรของมาตรการช่องทางพิเศษและการควบคุมทางเข้าบนระบบทางพิเศษในเขตกรุงเทพมหานครโดยการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการพัฒนาแบบจำลองการจราจรในระดับจุลภาค โดยแบบจำลองคอมพิวเตอร์โครงข่ายระบบทางพิเศษที่ได้พัฒนาในการศึกษานี้ได้ผ่านการปรับแก้และตรวจสอบความถูกต้องและมีลักษณะที่ใกล้เคียงสภาพความเป็นจริงในระดับหนึ่ง ซึ่งมีความยืดหยุ่นที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างหลากหลาย ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาระบบทางพิเศษให้มีประสิทธิภาพสามารถจัดการกับทุกสภาพปัญหาที่กำลังประสบอยู่ หรือสามารถนำไปใช้ในการประเมินรูปแบบการจัดการต่าง ๆ ที่คาดว่าน่าจะให้ผลประโยชน์ต่อระบบการจัดการให้สูงขึ้นได้

5.2 รูปแบบการจัดสัญญาณไฟควบคุมที่เหมาะสม

ในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้ศึกษามาตรการการจัดสัญญาณไฟจราจรควบคุมการเข้าใช้ทางพิเศษ ซึ่งมาตรการเหล่านี้ให้ประสบการณ์ที่เป็นประโยชน์สูงมาจากการดำเนินการในต่างประเทศ และคาดว่าน่าจะให้ผลที่ดีเช่นกันเมื่อได้นำมาใช้ในประเทศไทย จึงมีการประเมินผลมาตรการ โดยพบว่า รูปแบบ

การจัดสัญญาณไฟควบคุมการเข้าใช้ระบบที่ผ่านการประเมินผลคัดเลือกสถานการณ์ที่ดีที่สุด ได้แก่การจัดสัญญาณไฟควบคุมที่ขึ้นอยู่กับสภาพการจราจรที่ได้จากการใช้เครื่องตรวจวัด 3 ตำแหน่ง คือ บนช่วงหลักก่อนเข้าสู่พื้นที่บริเวณติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมบริเวณจุดร่วมกระแสจราจรจากทางหลักกับทางเข้า และบริเวณทางเข้าที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณแถวคอย เนื่องจากการควบคุมในลักษณะนี้สามารถปรับปรุงสภาพการจราจรในบริเวณพื้นที่ติดตั้งสัญญาณไฟบนช่วงก่อนและหลังบนทางหลักจากจุดติดตั้งสัญญาณไฟได้ รวมทั้ง

5.3 ผลประโยชน์ที่ได้รับเมื่อมีมาตรการควบคุมการเข้าใช้ระบบทางพิเศษ

การศึกษานี้สามารถให้ผลสรุปในด้านจราจรในมาตรการการควบคุมบริเวณทางเข้าทางพิเศษภายใต้สภาวะการจราจรที่ดำเนินการศึกษาในรูปแบบการดำเนินการดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น สรุปได้ว่าการดำเนินการในการควบคุมบริเวณทางเข้าทางพิเศษ สามารถลดระยะเวลาการเดินทางโดยรวมลงได้ร้อยละ 3.7 หรือคิดเป็นมูลค่าที่สามารถประหยัดจากการเดินทางลงได้ 79,400 บาทต่อชั่วโมง

5.4 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

จากประสบการณ์ที่ได้จากการศึกษานี้สามารถให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมได้ในหลายประเด็น เช่น แบบจำลองคอมพิวเตอร์ถือเป็นวิธีการใหม่ที่วิศวกรได้นำมาใช้ทดลอง ทดสอบหาประสิทธิภาพในการจำลองสภาพจราจร และประเมินความถูกต้องของนโยบายก่อนการนำไปใช้จริง ซึ่งผลการศึกษาอาจเบี่ยงเบนจากความเป็นจริงได้ เนื่องจากข้อจำกัดของโปรแกรมแบบจำลอง ผลดังกล่าวย่อมทำให้แบบจำลองลดความน่าเชื่อถือในคำตอบของแบบจำลองนั้นๆ ดังนั้นผู้วิเคราะห์ควรแปลผลการศึกษาด้วยความรอบคอบและคำนึงถึงข้อจำกัดดังกล่าว

แบบจำลองคอมพิวเตอร์โครงข่ายระบบทางพิเศษที่ได้พัฒนาในการศึกษานี้ได้ผ่านการปรับแก้และตรวจสอบความถูกต้องและมีลักษณะที่ใกล้เคียงสภาพความเป็นจริงในระดับหนึ่ง แต่ทั้งนี้โครงข่ายทางพิเศษที่ได้พัฒนาขึ้นไม่ได้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งมีการต่อส่วนขยายต่างๆ ครอบคลุมพื้นที่กว้างขึ้น ถ้ามีการพัฒนาแบบจำลองแทนระบบโครงข่ายทั้งหมดและใช้ข้อมูลที่เป็นอยู่ปัจจุบันจะเป็นผลดีต่อการนำไปใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจได้ดียิ่งขึ้น

ในมาตรการควบคุมทางเข้าระบบทางพิเศษ ที่ต้องคำนึงถึงผลกระทบที่อาจเกิดจากการควบคุมบริเวณทางเข้าสู่ระบบ เนื่องจากการจัดการควบคุมในลักษณะนี้จะมีผลต่อพฤติกรรมของผู้ขับขี่ในด้านการเลือกการใช้ถนนแทนการเดินทางโดยใช้ทางพิเศษ ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนเส้นทางประกอบด้วย รูปแบบการเดินทางจากต้นทางถึงปลายทาง ระยะทางการเดินทาง ความล่าช้าที่เกิดขึ้น

บริเวณจุดควบคุมทางเข้า รวมทั้งประสิทธิภาพของถนนที่ต้องการเลือกใช้ แต่ทั้งนี้การออกแบบระบบทางพิเศษไม่ได้รองรับการเดินทางระยะสั้น ดังนั้นผู้ขับขี่อาจจะใช้ระบบถนนแทนหากให้ผลประโยชน์ที่สูงกว่า นอกจากนี้การนำระบบสิ่งอำนวยความสะดวกประเภทอื่นมาใช้เป็นตัวช่วยสนับสนุนระบบ เช่น เครื่องมือในการแจกแจงการเดินทางในลักษณะที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเพื่อทำการส่งเสริมการเข้าใช้พื้นที่โครงข่ายทางด่วนได้อีกด้วย

ทั้งนี้ปัจจัยที่มีความสำคัญที่ต้องพิจารณาในการจัดสัญญาณไฟควบคุมบริเวณทางเข้า ได้แก่ ข้อจำกัดด้านเรขาคณิต ซึ่งต้องพิจารณาองค์ประกอบด้านสาธารณูปโภคพื้นฐานต่างๆ ได้แก่ ความสามารถในการให้บริการในบริเวณทางเข้าระบบ รวมถึงความกว้างและจำนวนช่องทางบริเวณทางเข้าระบบ ซึ่งต้องรองรับจำนวนแถวคอยที่จะเกิดขึ้นได้บริเวณต้นทางก่อนตำแหน่งสัญญาณไฟ ซึ่งความยาวแถวคอยที่เกิดขึ้นต้องไม่ส่งผลกระทบต่อระบบโครงข่ายถนน และปัจจัยด้านความลาดชันบริเวณทางเข้า และในบริเวณพื้นที่ร่วมกระแสจราจรที่ต้องออกแบบระบบให้กระแสจราจรเกิดความต่อเนื่องมากที่สุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บรรณานุกรม

Gardes, Y., Kim, A., & May, D. (2003). Bay Area Simulation and Ramp Metering Study-Year 2 Report. *California Partners for Advanced Transit and Highways (PATH)*.

Gerlough, D. L., & Huber, M. J. (1976). Traffic flow theory.

ITS. (2000). "SMARTEST Final Report for Publication", available on: http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/finrep.PDF

Jacobson, L., Stribiak, J., Nelson, L., & Sallman, D. (2006). Ramp management and control handbook.

Jin, W., & Zhang, M. (2001). Evaluation of on-ramp control algorithms. California Partners for Advanced Transit and Highways (PATH).

Junsuwan, s. (2001). assessment of area traffic control system in bangkok by the microscopic simulation model. *thesis fot the degree of master*.

Manual, H. C. (2010). HCM2010. *Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC*.

Neudorff, L. G., Randall, J. E., Reiss, R., & Gordon, R. (2003). Freeway management and operations handbook.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศาสน์ สุขประเสริฐ เกิดวันที่ 19 ธันวาคม พ.ศ. 2499 ได้การบรรจุเข้าเป็นพนักงานของรัฐในตำแหน่งอาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีขนส่ง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 ปัจจุบัน เป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา มีความถนัดในงานเกี่ยวกับการออกแบบ วางแผนด้านการขนส่งผู้โดยสาร และขนส่งสินค้า การวางแผนด้านการคมนาคมขนส่งของเมืองในภูมิภาค และมีความสนใจที่จะศึกษาในงานเกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สำหรับการประเมินผลกระทบทางด้านการจราจรและขนส่ง ซึ่งผลงานวิจัยที่แล้วเสร็จ อาทิเช่น โครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาคจังหวัดนครราชสีมา จังหวัดปราจีนบุรี จังหวัดสระแก้ว โครงการจัดทำแผนสร้างทางจักรยานและแผนรณรงค์การใช้จักรยานแบบครบวงจร เทศบาลเมืองวารินชำราบ โครงการศึกษาระบบขนส่งมวลชนด้วยรางรถไฟขนาดเบาในเขตพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมา การประเมินผลกระทบด้านการจราจรของการออกแบบช่องเก็บค่าผ่านทางระบบอัตโนมัติของประเทศไทย ระบบขนส่งสาธารณะสำหรับผู้สูงอายุในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี