การศึกษารูปแบบการจัดวางตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบผสมผสาน

โดยการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค

A Study of Tollbooth Collection System Rearrangements

Using Traffic Micro Simulation Modeling Analysis Technique

นางสาว จีรวรรณ กาญจนศรทอง 59010224

นางสาว อัจฉราวรรณ สกุลอาภาสัตย์ 59011539

นาย อิสรา ศิริรจน์ 59011582

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Study of Tollbooth Collection System Rearrangements

Using Traffic Micro Simulation Modeling Analysis Technique

Cheerawan	Kanchanasornthong	59010224
Atcharawan	Sakun-apasat	59011539
Isara	Sirirot	59011582

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR

THE BACHELOR OF ENGINEERING IN CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษารูปแบบการจัดวางตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบผสมผสาน โดยการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค

จีรวรรณ กาญจนศรทอง รหัสนักศึกษา 59010224
อัจฉราวรรณ สกุลอาภาสัตย์ รหัสนักศึกษา 59011539
อิสรา ศิริรจน์ รหัสนักศึกษา 59011582
ผศ.ดร.จำรัส พิทักษ์ศฤงคาร
ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดวางรูปแบบตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 (ขาเข้า) ให้มีความสะดวกและลดความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุรวมไปถึงเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานต่อไปในอนาคต เนื่องจากรูปแบบการจัดวางตู้เก็บค่าผ่านทางจำนวนทั้งหมด 14 ตู้แบ่งเป็นระบบ Manual Toll Collection (MTC) จำนวน 9 ตู้วางในตำแหน่งที่ 1 และ 7-14 ระบบ Electronic Toll Collection (ETC) จำนวน 3 ตู้วางในตำแหน่งที่ 3,4 และ 5 และระบบผสมจำนวน 2 ตู้วางในตำแหน่งที่ 2 และ 6 หลังด่านถูกกั้นด้วยแบริเออร์ตั้งแต่ตำแหน่งที่ 3 เป็นต้นไป ซึ่งการจัดวางนั้นยังไม่เหมาะสมส่งผลให้เกิดการตัดกระแสจราจรอันก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ขับขี่ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้โปรแกรม VISSIM เพื่อการสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรในระดับจุลภาค โดยทำการวิเคราะห์รูปแบบการจัดวางตู้เก็บค่าผ่านทางที่เสนอโดยการทางพิเศษแห่งประเทศไทยและรูปแบบการสับเปลี่ยนตำแหน่งของตู้เก็บค่าผ่านทางที่ผู้ทำการวิจัยทำการสับเปลี่ยนตำแหน่งจำนวนทั้งหมด 28 สถานการณ์ อีกทั้งผู้วิจัยได้วิเคราะห์ถึงการเพิ่มจำนวนของตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษในระบบ Electronic Toll Collection (ETC) เพื่อรองรับปริมาณจราจรที่เพิ่มสูงขึ้น ในการวิเคราะห์ได้เลือกเครื่องมือตัวชี้วัดดังนี้ 1) ข้อมูลความล่าช้า 2) ข้อมูลเวลาในการเดินทาง 3) ความเร็วโครงข่าย รูปแบบการจัดวางตู้เก็บค่าผ่านทางที่เสนอโดยการทางพิเศษแห่งประเทศไทยมีค่าความล่าช้า ความเร็ว และระยะเวลาการใช้บริการมีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับผลของรูปแบบปัจจุบัน ผลที่ได้จากการสับเปลี่ยนตำแหน่งตู้ได้แบบที่ดีที่สุดคือสถานการณ์ที่ 3 ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความล่าช้ากกว่าแบบปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 10 ความเร็วสามารถใช้ความเร็วได้มากขึ้น และระยะเวลาการใช้บริการมีค่าที่น้อยกว่าผลของแบบปัจจุบัน และสุดท้ายคือแนวทางการพัฒนาตู้เก็บค่าผ่านทางโดยคำนึงการเติบโตของปริมาณจราจร ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความล่าช้ากกว่าแบบปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 30 ความเร็วสามารถใช้ความเร็วได้มากขึ้น และระยะเวลาการใช้บริการมีค่าที่น้อยกว่าผลของแบบปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Study of Tollbooth Collection System Rearrangements Using Traffic Micro Simulation Modeling Analysis Technique

Cheerawan Kanchanasornthong Student ID. 59010224
Atcharawan Sakun-apasat Student ID. 59011539
Isara Sirirot Student ID. 59011582
Asst. Prof. Dr. Jumrus Pitaksringkarn
Academic Year 2019

Abstract

The objective of this research is to study the layout of the expressway toll booth at Bangna Km. 6 toll plaza (Inbound). To be convenient and reduce the risk of accidents, including to maximum efficiency for use in the future. Due to the layout of toll booths, a total of 14 units are divided into 9 Manual Toll Collection (MTC) systems placed in position 1 and 7-14 Electronic Toll Collection (ETC) systems, placed in position 3, 4 and 5 and 2 mixing systems placed in positions 2 and 6, after the toll plaza is blocked by the barrier from position 3 onwards. The layout is not appropriate, resulting in traffic cuts that cause dangerous to the driver. In this research, the VISSIM program was used to create a traffic micro simulation modeling. By analyzing the layout of the toll booths proposed by the Expressway Authority of Thailand and the shifts of the toll booths in which the researcher shifts positions for a total of 28 situations. Analyze the increase the number of expressway toll booths in the Electronic Toll Collection (ETC) to support the increased traffic volume. In the analysis, the tools and indicators are selected as follows : 1) Delay data 2) Travel time data 3) Network speed. The layout of toll booths offered by the Expressway Authority of Thailand has speed, delays, and the service duration is quite close to the current result. The best result from changing the toll booth position is situation 3. The analysis results show that the delay value is 10 percent higher than the current result. Speed can be used more speed. And the service time is less than the current result and finally, the guidelines for the development of toll booths, taking into account the growth of traffic volume the analysis shows that the delay value is 30 percent higher than the current result.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก ผศ.ดร.จำรัส พิทักษ์ศฤงคาร อาจารย์ที่ปรึกษาควบคุมปริญญานิพนธ์นี้ ที่กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง ให้ความรู้ความเข้าใจด้วยความมุ่งมั่น ตลอดจนให้คำแนะนำช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหาเพื่อให้งานวิจัยนี้สำเร็จ กลุ่มผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ที่ช่วยให้คำแนะนำในการปรับปรุง ปริญญานิพนธ์ให้มีความถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ และคณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ประสบการณ์ และให้คำแนะนำสำหรับการทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนๆ ที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในการให้คำแนะนำในการทำงาน วิจัย รวมถึงแลกเปลี่ยนความรู้ตลอดระยะเวลาที่ได้เข้ามาศึกษาในสาขาวิชานี้

ขอขอบคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่ได้กรุณาให้ข้อมูลโดยการตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริงและครบถ้วน

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัวที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในการศึกษาเล่าเรียนของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ได้คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

จีรวรรณ กาญจนศรทอง
อัจฉราวรรณ สกุลอาภาสัตย์
อิสรา ศิริรจน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญรูป VII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 จุดประสงค์ของการทำวิจัย 3
1.3 ของเขตของงานวิจัย 3
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม 5
2.1 บทความที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 6
2.2 ระบบทางพิเศษ 7
2.3 การเก็บค่าผ่านทางพิเศษ 20
2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 24
2.5 การจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 47
บทที่ 3 วิธีการและขั้นตอนในการศึกษา 62
3.1 สรุปลำดับขั้นตอนในการศึกษา 63
3.2 การเลือกพื้นที่ทำการศึกษา 64
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 66
3.4 การพัฒนาแบบจำลอง 73
3.5 การปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) 83
3.6 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 86
3.7 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง 87
บทที่ 4 ผลการวิจัย 90
4.1 ปัญหาการจราจรและการใช้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 90
4.2 มาตรการและแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6.. 91
4.3 ผลการปรับเปรียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐาน 91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 ผลการวิเคราะห์การจัดตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 93
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 101
5.1 สรุปผลการวิจัย 101
5.2 ประโยชน์ได้รับจากงานวิจัย 102
5.3 ข้อจำกัดของการวิจัยและข้อเสนอแนะ 103
บรรณานุกรม 104
ภาคผนวก ก ปริมาณจราจรจากการทางพิเศษแห่งประเทศไทยด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 106
ภาคผนวก ข ผลจากแบบจำลองของโปรแกรม VISSIM ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 115
ประวัติผู้เขียน 120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดค่าระดับการให้บริการของถนนที่มีลักษณะการไหล แบบไม่มีการกีดขวาง (Uninterrupted Flow)..... 32

ตารางที่ 2.2 แสดงเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดค่าระดับการให้บริการของถนนที่มีลักษณะการไหล แบบมีการกีดขวาง (Interrupted Flow)..... 32

ตารางที่ 2.3 แสดงการวิเคราะห์ระดับการให้บริการของถนน (Highway Capacity Manual)..... 33

ตารางที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจำลองสภาพจราจรของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค..... 56

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์ในการปรับเทียบแบบจำลองของ DMRB (1996) 61

ตารางที่ 3.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ของยานพาหนะแต่ละประเภท 68

ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 (ขาเข้า) ปี พ.ศ.2558 - 2562 68

ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 (ขาเข้า) ปี พ.ศ.2558 - 2562 69

ตารางที่ 3.4 แสดงการวิเคราะห์ปริมาณการจราจรรายชั่วโมงสูงสุด 71

ตารางที่ 3.5 แสดงผลการปรับเทียบแบบจำลองด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนากม.6 (ขาเข้า) 85

ตารางที่ 3.6 แสดงผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนากม.6 (ขาเข้า)..... 86

ตารางที่ 3.7 แสดงรูปแบบสถานการณ์การสับเปลี่ยนตู้เก็บค่าผ่านทาง..... 88

ตารางที่ 4.1 ผลจากแบบจำลองของ Random seed ที่ 289 (ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า)..... 92

ตารางที่ 4.2 ผลจากแบบจำลองของ Random seed ที่ 289 (ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น)..... 93

ตารางที่ 4.3 การสับเปลี่ยนตำแหน่งของตู้เก็บค่าผ่านทาง..... 95

ตารางที่ 4.4 ผลจากโปรแกรมของรูปแบบต่างๆ..... 98

ตารางที่ 5.1 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โปรแกรมและมีแนวโน้มที่จะสามารถนำมาปรับเปลี่ยนด่านเก็บค่าผ่านทาง..... 102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 พื้นที่บริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ.....2
รูปที่ 2.1 แสดงแผนที่ทางพิเศษที่เปิดให้บริการแล้วและปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน ปีงบประมาณ 2561...9
รูปที่ 2.2 แสดงแผนที่เส้นทางพิเศษเฉลิมมหานคร.....10
รูปที่ 2.3 แสดงแผนที่เส้นทางพิเศษศรีรัช.....12
รูปที่ 2.4 แสดงแผนที่เส้นทางพิเศษฉลองรัช.....13
รูปที่ 2.5 แสดงแผนที่ทางพิเศษบูรพาวิถี.....14
รูปที่ 2.6 แสดงแผนที่เส้นทางพิเศษอุดรรัถยา.....16
รูปที่ 2.7 แสดงแผนที่เส้นทางพิเศษสายบางนา – อาจณรงค์.....17
รูปที่ 2.8 แสดงแผนที่เส้นทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี - สุขสวัสดิ์).....18
รูปที่ 2.9 แสดงแผนที่เส้นทางสายศรีรัช - วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร.....19
รูปที่ 2.10 บริเวณพื้นที่ด่านเก็บค่าผ่านทาง.....20
รูปที่ 2.11 แสดงระบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษด้วยเงินสด.....22
รูปที่ 2.12 แสดงระบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ.....22
รูปที่ 2.13 แสดงสภาพการจราจรที่ระดับการให้บริการ A ถึง F.....35
รูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่างโปรแกรม Synchro/Sim Traffic.....53
รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างโปรแกรม Paramics.....54
รูปที่ 2.16 แสดงตัวอย่างโปรแกรม VISSIM.....55
รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะของโปรแกรม VISSIM.....57
รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะของการสร้างแบบจำลอง.....58
รูปที่ 3.1 บริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 (ขาเข้า).....64
รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะการจัดเรียงตู้เก็บค่าผ่านทางในปัจจุบัน.....65
รูปที่ 3.3 แสดงการเกิดการตัดกันของกระแสจราจร.....65
รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะทางกายภาพบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนากม.6 (ขาเข้า).....67
รูปที่ 3.5 กราฟแสดงจำนวนอุบัติเหตุบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 (ขาเข้า).....68
รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงร้อยละของจำนวนครั้งที่เกิดอุบัติเหตุแต่ละลักษณะ.....69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.7 แสดงการนำเข้าภาพพื้นหลัง 74
รูปที่ 3.8 แสดงการสร้างโครงข่ายถนนบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ 75
รูปที่ 3.9 แสดงการกำหนดพื้นที่ชะลอความเร็ว 76
รูปที่ 3.10 แสดงการนำเข้าข้อมูล Dwell Time 76
รูปที่ 3.11 แสดงการจำลองตัวแทนของยานพาหนะ 77
รูปที่ 3.12 แสดงการกำหนดค่าความเร็วของยานพาหนะ 78
รูปที่ 3.13 แสดงการนำเข้าข้อมูลปริมาณการจราจร (Vehicle Inputs) 79
รูปที่ 3.14 แสดงการกำหนดสัดส่วนของการจราจร (Vehicle Compositions) 79
รูปที่ 3.15 แสดงการกำหนดเส้นทางการจราจร (Routes) 80
รูปที่ 3.16 แสดงการติดตั้งจุดเก็บข้อมูล (Data Collection Points) 81
รูปที่ 3.17 แสดงการกำหนดตัวแปรการจำลองสภาพการจราจร (Simulation Parameters) 82
รูปที่ 3.18 แสดงการตั้งค่าเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลของแบบจำลอง 83
รูปที่ 3.19 แสดงรูปแบบการจัดวางรูปแบบตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษด่านบางนากม.6 ในปัจจุบัน 84
รูปที่ 3.20 แสดงแนวทางการจัดเรียงตู้เก็บค่าผ่านทางใหม่เสนอโดยการทางพิเศษแห่งประเทศไทย 87
รูปที่ 3.21 แสดงรูปแบบการจัดวางตู้เก็บค่าผ่านทางแบบเพิ่มจำนวนของตู้เก็บค่าผ่านทางระบบ ETC 89
รูปที่ 4.1 แสดงแนวทางการแก้ไขปัญหาของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย 94
รูปที่ 4.2 แสดงรูปแบบการสับเปลี่ยนตำแหน่งของตู้เก็บค่าผ่านทางด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 96
รูปที่ 4.3 แสดงรูปแบบพัฒนาตู้เก็บค่าผ่านทางโดยคำนึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณจราจรและการเลือกใช้บริการประเภท ETC 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

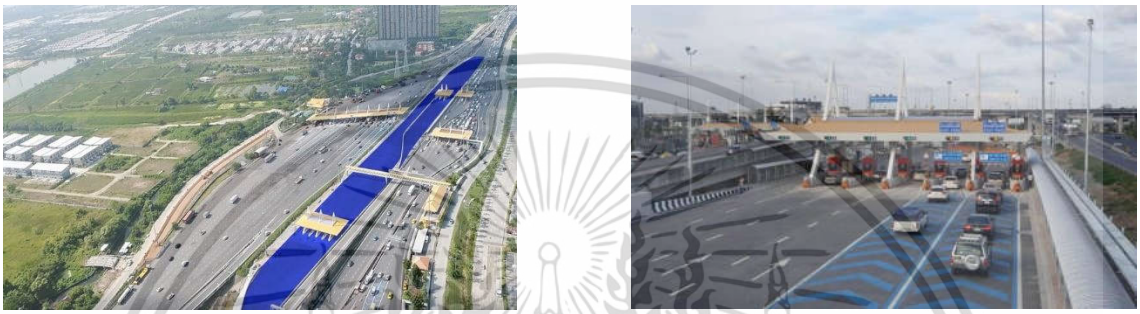
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การก่อสร้างเป็นหนึ่งอุตสาหกรรมที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สังคม และเศรษฐกิจ ผลกระทบที่เกิดขึ้นสร้างความเดือดร้อนให้แก่ผู้คนในสังคม ไม่ว่าจะเป็น ผลกระทบในเรื่องของขยะที่เกิดจากการก่อสร้าง ขยะที่เกิดจากที่พักอาศัยของคนงานรับเหมาก่อสร้าง ผลกระทบเรื่องเสียงจากการใช้เครื่องจักร ผลกระทบเรื่องการใช้พลังงาน ไฟฟ้า น้ำ ผลกระทบด้านการคมนาคมขนส่งทั้งในขณะที่มีการดำเนินก่อสร้างและหลังเปิดใช้งานอาคาร ผลกระทบกับสังคม ทำให้บริเวณนั้นกลายเป็นชุมชนแออัด ทำให้เศรษฐกิจถดถอย เช่น การก่อสร้างซุปเปอร์มาร์เก็ตที่เปิดตลอด 24 ชั่วโมง บริเวณที่มีตลาดสด ทำให้ตลาดสดมีความนิยมน้อยลง คนส่วนใหญ่หันไปใช้บริการซุปเปอร์มาร์เก็ตซึ่งมีความสะดวกสบายกว่า ซึ่งทำให้การค้าขายของพ่อค้าแม่ค้าภายในตลาดสดขาดทุน ถือเป็นผลกระทบทางเศรษฐกิจด้านลบ จากผลกระทบที่กล่าวมาข้างต้นเป็นปัญหาที่สำคัญที่ส่งผลต่อโครงการก่อสร้างถึงขั้นยุติการดำเนินการหรือยุติการก่อสร้าง ทำให้เกิดความเสียหายแก่เจ้าของโครงการ ผู้รับเหมาก่อสร้าง และผู้ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ เพื่อลดผลกระทบที่เกิดขึ้นเหล่านี้ได้มีมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินความยั่งยืนของการก่อสร้าง โดยส่วนใหญ่มาตรฐานที่ประเมินเป็นการประเมินตั้งแต่สถานที่ที่จัดตั้งโครงการ การดำเนินการก่อสร้างโครงการ และประเมินผลกระทบหลังจากเปิดดำเนินการโครงการ ซึ่งหากเกิดปัญหา หรือการประเมินไม่ผ่านเกณฑ์มักเกิดขึ้นในช่วงของการดำเนินการก่อสร้าง เพราะฉะนั้นผู้รับเหมาก่อสร้างที่มีหน้าที่รับผิดชอบในส่วนนี้ ต้องมีความตระหนักเป็นอย่างมากในเรื่องของผลกระทบที่จะเกิดขึ้น หากผู้รับเหมาสามารถป้องกัน หรือแก้ไขและรับมือกับผลกระทบที่เกิดขึ้นได้ การก่อสร้างก็จะสามารถดำเนินการก่อสร้างได้สำเร็จตามจุดประสงค์และมีความยั่งยืน ไม่เกิดปัญหา และอาจส่งผลดีต่อสังคมและเศรษฐกิจ ซึ่งเกณฑ์ในการประเมินการก่อสร้างต้องอาศัยปัจจัยที่หลากหลาย เพื่อให้การก่อสร้างประสมผลสำเร็จและมีความยั่งยืน เช่น ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม การใช้ทรัพยากร ปัจจัยด้านสังคม และปัจจัยด้านเศรษฐกิจ เป็นต้น

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาการเกิดอุบัติเหตุทางถนน โดยประเทศไทยเป็นประเทศที่มีอัตราการตายเป็นอันดับหนึ่งในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และได้ประมาณการว่าประเทศไทยมีอัตราการเสียชีวิตเป็นอันดับ 2 ของโลก อัตราการตาย 36.2 รายต่อแสนประชากร (ประมาณ 24,237 คน) และประเทศไทยยังเป็นอันดับ 1 ของเอเชียและอาเซียน ที่มีอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนสูงที่สุด (แผนงานป้องกันการบาดเจ็บจากการจราจรทางถนน ปี 2560-2564, กระทรวงสาธารณสุข) รวมทั้งปัญหาปริมาณจราจรที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากประชากรในปัจจุบันมีจำนวนเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีการใช้รถใช้ถนนเพิ่มขึ้นเช่นกัน ทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดและส่งผลกระทบหลายด้าน เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ปัญหาด้านเศรษฐกิจ และปัญหาด้านสุขภาพจิต ซึ่งในขณะนี้หน่วยงานที่รับผิดชอบและดูแลด้านการจราจรของประเทศไทย ได้มีการพัฒนาระบบทางพิเศษขึ้นมาเพื่อบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัด แต่ระบบทางพิเศษยังคงมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุสูง โดยเฉพาะผู้ขับขี่ขาดความระมัดระวังและขับขี่ด้วยความเร็วสูง จะยิ่งเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติในลักษณะที่รุนแรง นอกจากนี้การจัดวางตู้เก็บค่าผ่านทางยังมีส่วนต่อการเกิดอุบัติเหตุบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษและส่งผลต่อการระบายของการจราจรอีกด้วย



รูปที่ 1.1 พื้นที่บริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ

ปัจจุบันมีการพัฒนาถนนขยายโครงข่ายระบบทางพิเศษครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพมหานครโดยมีทางพิเศษดังนี้ โดยปัจจุบันได้เปิดให้บริการระบบทางพิเศษ ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และระบบทางพิเศษระหว่างเมืองแล้วทั้งสิ้น 8 สายทาง ได้แก่ ทางพิเศษเฉลิมมหานคร ทางพิเศษศรีรัช (ส่วน Aช่วงประชาชื่น -พญาไท - อโศก ส่วน B ช่วงพญาไท – บางโคล่ ส่วน C ช่วงประชาชื่น - แจ้งวัฒนะ ส่วน D ช่วงอโศก - ศรีนครินทร์) ทางพิเศษฉลองรัช ทางพิเศษบูรพาวิถี ทางพิเศษอุดรรัถยา ทางพิเศษบางนา - อาจณรงค์ ทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี - สุขสวัสดิ์) และทางพิเศษสายศรีรัช - วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร รวมระยะทาง 224.6 กิโลเมตร มีอุบัติเหตุบนทางพิเศษ รวมทุกสายทางในปีงบประมาณ 2558 เฉลี่ยปีละ 1026 ครั้ง เมื่อเปรียบเทียบกับปีงบประมาณ 2561 มีอุบัติเหตุบนทางพิเศษลดลงเป็นเฉลี่ยปีละ 963 ครั้ง เนื่องจากมีการปรับปรุงระบบทางพิเศษอย่างต่อเนื่อง แต่ในปัจจุบันยังคงมีบางจุดที่เป็นจุดเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ ส่วนปริมาณจราจรบนทางพิเศษรวมทุกสายทางในปีงบประมาณ 2558 เฉลี่ยปีละ 623.69 ล้านคัน เมื่อเปรียบเทียบกับปีงบประมาณ 2561 มีปริมาณจราจรบนทางพิเศษเพิ่มขึ้นเป็นเฉลี่ยปีละ 683.16 ล้านคัน เนื่องจากมีความต้องการใช้ระบบทางพิเศษจำนวนเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มที่ปริมาณจราจรจะเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต

ทั้งนี้การให้ความสำคัญกับปัญหาและการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ ที่จะนำมาสู่การแก้ไขปัญหาการเกิดอุบัติบนทางพิเศษและพัฒนาระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษเพื่อต่อยอดสู่อนาคตให้สามารถรองรับปริมาณจราจรที่เพิ่มสูงขึ้นได้ ในฐานะนักศึกษาวิศวกร รมโยธาควรจะหาแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ซึ่งในการวิจัยการศึกษารูปแบบการจัดวางตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษ เป็นการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดวางตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษ โดยใช้การวิเคราะห์แบบจำลองสภาพการจราจรให้สอดคล้องกับความเป็นจริง เพื่อทดสอบการลดลงของการเกิดอุบัติเหตุ และปรับปรุงระบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษเพื่อรองรับปริมาณจราจรที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคต ทางผู้วิจัยจึงเห็นถึงความสำคัญที่จะดำเนินการวิจัยในหัวข้อนี้ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของการทำวิจัย ขอบเขตในการวิจัย ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.2 จุดประสงค์ของการทำวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 3 ประการ ดังนี้

1.2.1 เพื่อศึกษาการจัดรูปแบบตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษ ให้มีความสะดวก ปลอดภัย และลดความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ

1.2.2 เพื่อใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาพในการสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ

1.2.3 เพื่อพัฒนาระบบการจัดเก็บค่าผ่านทางพิเศษบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ

1.3 ของเขตของงานวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แก่

1.3.1 งานวิจัยนี้มุ่งเน้นแก้ไขปัญหาการเกิดอุบัติเหตุบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 (ขาเข้า)

1.3.2 ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรเสมือนจริงในการวิเคราะห์การแก้ไขปัญหาบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 (ขาเข้า) ระดับจุลภาค

1.3.3 ศึกษาแนวโน้มปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 (ขาเข้า)

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยสามารถจัดแบ่งกระบวนการการศึกษาได้ 6 ขั้นตอน ได้แก่

1.4.1 ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและการออกแบบงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.2 ทบทวนเอกสารการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษทั้งในประเทศและต่างประเทศ พฤติกรรมการขับขี่ยานพาหนะบนทางพิเศษ หลักการทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล และการจำลองสภาพการจราจรในระดับจุลภาคโดยใช้โปรแกรม VISSIM

1.4.3 ศึกษาข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สภาพการจราจรบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 เช่น ข้อมูลปริมาณการจราจร, ข้อมูลความเร็วของยานพาหนะ, ข้อมูลประเภทของยานพาหนะ

1.4.4 สร้างแบบจำลองสภาพการจราจรด้วยโปรแกรม VISSIM ในการวิเคราะห์สภาพการจราจรบริเวณด่าเก็บค่าผ่านทางพิเศษซึ่งเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง ปรับแก้แบบจำลองโดยสอบเทียบและสอบทวนแบบจำลองเพื่อให้มีสภาพการจราจรเสมือนจริงมากที่สุดและสร้างแบบจำลองวิเคราะห์จุดเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ พร้อมทั้งพัฒนาระบบทางพิเศษให้สามารถรองรับปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นในอนาคต

1.4.5 วิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้จากการประมวลผลแบบจำลองโดยโปรแกรม VISSIM อภิปรายผล รวมทั้งสรุปรูปแบบการจัดวางตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบผสมผสานระหว่าง MTC กับ ETC

1.4.6 จัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้แก่

1.5.1 แบบจำลองในงานวิจัยนี้สามารถหารูปแบบการจัดวางตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษที่เหมาะสม เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6

1.5.2 ปริมาณการจราจรบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษในอนาคตอยู่ในระดับการให้บริการที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

เนื้อหาในบทนี้เป็นการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้จากการศึกษาวารสาร วิทยานิพนธ์และตำราทั้งในและต่างประเทศ และทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของงานวิจัย ซึ่งเป็นเป็นพื้นฐานสำคัญที่ทำให้ผู้สนใจในงานวิจัยนี้ได้รับความรู้ ความเข้าใจในกระบวนการศึกษารูปแบบการจัดตั้งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษ การนำเสนอมีลำดับหัวข้อดังนี้

2.1 บทความที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.2 ระบบทางพิเศษ

2.3 การเก็บค่าผ่านทางพิเศษ

2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.5 การจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 บทความที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ธีรพจน์ ศิริไพโรจน์ เอกชัย สุมาลี และ สุวิชาณ สุระบาล [1] วิจัยงานศึกษาด้านจราจรเพื่อจัดทำแผนแม่บทด้านการพัฒนาระบบจัดเก็บ ค่าธรรมเนียมบนทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง (Traffic Study for Master Plan of Toll Collection System on Intercity Motorway) สนใจการวิเคราะห์แนวทางพัฒนาระบบจัดเก็บเงินค่าธรรมเนียมผ่านทาง (แบ่ง แนวทางพัฒนาออกเป็น 3 ระยะ) โดยใช้แบบจำลองการจราจรเสมือนจริงวิเคราะห์สภาพจราจรบนทางหลวงพิเศษ ระหว่างเมืองดังกล่าว จากผลการศึกษาโดยแบบจำลองฯ พบว่าควรเพิ่มจำนวนตู้เก็บค่าผ่านทาง ตามแผนพัฒนา ระยะสั้น และควรพัฒนาระบบจัดเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางที่มีอัตราการให้บริการดีกว่าระบบจัดเก็บแบบเงินสด เช่นระบบจัดเก็บค่าธรรมเนียมแบบอัตโนมัติ ตามแผนพัฒนาในระยะถัดไป ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้านการจราจร ณ ด่านลาดกระบังและด่านทับช้าง แสดงให้เห็นว่าหากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเก็บ โดยเปลี่ยนไปเป็นแบบ Multilane free flow จะสามารถรักษาระดับการให้บริการที่ระดับ B จนถึงปี พ.ศ.2567

อาจารย์กาญจน์กรอง สุอังคะ สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี [2] ได้วิจัยการประเมินผลกระทบด้านการจราจรของการออกแบบ ช่องเก็บค่าผ่านทางระบบอัตโนมัติของประเทศไทย (The Traffic Evaluation of Electronic Toll Collection System Design in Thailand) โดยสนใจการวิจัยได้มุ่งเน้นการศึกษาการกำหนดจำนวนช่องเก็บเงิน และการจัดวางตำแหน่งของช่องเก็บเงิน ให้มีความเหมาะสม และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยเลือกศึกษาด่านเก็บเงินบางขุนเทียน ขาออก ของทางด่วนพิเศษหมายเลข 37 ช่วงบางพลี-สุขสวัสดิ์ เป็นกรณีศึกษา จากผลการศึกษาพบว่าการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของช่องเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติส่งผลต่อค่าความล่าช้าเฉลี่ยในการเดินทาง ภายใต้สถานการณ์ที่มีปริมาณจราจรแตกต่างกัน โดยหากมีช่องเก็บค่าผ่านทางระบบ ETC 1 ช่องพบว่าการวางตำแหน่งช่องเก็บค่าผ่านทางขวาสุดจะทำให้ความล่าช้าเฉลี่ยต่ำกว่าการวาง ไว้ในตำแหน่งอื่นๆ และหากเพิ่มช่อง ETC เป็น 2 ช่องนั้น การกำหนดให้ช่อง ETC อยู่ช่องขวาสุด 1 ช่องและช่องตรงกลาง 1 ช่อง (ช่องที่ 3 และ 6) จะทำให้มีความล่าช้าเฉลี่ยในการเดินทางผ่านด่านเก็บ เงินมีค่าน้อยกว่าการกำหนดตำแหน่งรูปแบบอื่น ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติและมี ประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด ช่องเก็บค่าผ่านทางควรสามารถใช้งานสับเปลี่ยนระบบการทำงาน ได้ทั้งระบบ Manual และระบบ ETC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ณัฏฐ์ กริตย์ณฐิณี ได้ทำการวิเคราะห์ การวิเคราะห์ความจุของด่านเก็บค่าผ่ายทางพิเศษโดยใช้เทคนิคการจำลองสภาพการจราจรระดับภูมิภาค กรณีศึกษาทางพิเศษศรีรัช Capacity Analysis of Expressway Toll Plaza Using Traffic Micro Simulation Modeling Technique : Case Study of Sri-Rat Expressway โดยสนใจทำการวิจัยเกี่ยวกับการหาค่าความจุของด่านเก็บค่าผ่านทางในแต่ละประเภทในพื้นที่กรุงเทพมหานครจากผลการวิจัยพบว่า ระบบเก็บค่าผ่านทางแบบผสมผสาน วิเคราะห์โดยการนำข้อมูลด้านจราจรต่างๆของระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบผสม และทำการรันแบบจำลองทั้งระบบจำนวน 11 ตู้ของด่านประชาชื่นขาออก ซึ่งได้ค่าความจุของระบบเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดของรถยนต์ 400 คันต่อตู้ต่อชั่วโมง และค่าความจุของระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติของรถยนต์ 994 คันต่อตู้ต่อชั่วโมง

2.2 ระบบทางพิเศษ

2.2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

บทบาทและอำนาจหน้าที่ของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) เป็นรัฐวิสาหกิจ เดิมสังกัดกระทรวงมหาดไทย ภายหลังการปฏิรูประบบราชการตั้งแต่วันที่ 3 ตุลาคม 2545 ได้มีการโอน กทพ. มาสังกัดกระทรวงคมนาคม กทพ. จัดตั้งขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2515 ตามประกาศของคณะปฏิวัติ ฉบับที่ 290 ลงวันที่ 27 พฤศจิกายน 2515 และต่อมาได้มีการปรับปรุงกฎหมายโดยการประกาศใช้บังคับพระราชบัญญัติการทางพิเศษแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2550 มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 9 มกราคม 2551 ปัจจุบัน กทพ. มีอำนาจหน้าที่กระทำกิจการภายในขอบแห่งวัตถุประสงค์ของพระราชบัญญัติการทางพิเศษแห่งประเทศไทย (พ.ร.บ. กทพ.) พ.ศ. 2550 ดังนี้

1. สร้างหรือจัดให้มีทางพิเศษด้วยวิธีใด ๆ ตลอดจนบำรุงและรักษาทางพิเศษ
2. ดำเนินงานหรือธุรกิจเกี่ยวกับทางพิเศษและธุรกิจอื่นที่เกี่ยวเนื่องกับทางพิเศษหรือที่เป็นประโยชน์แก่ กทพ.

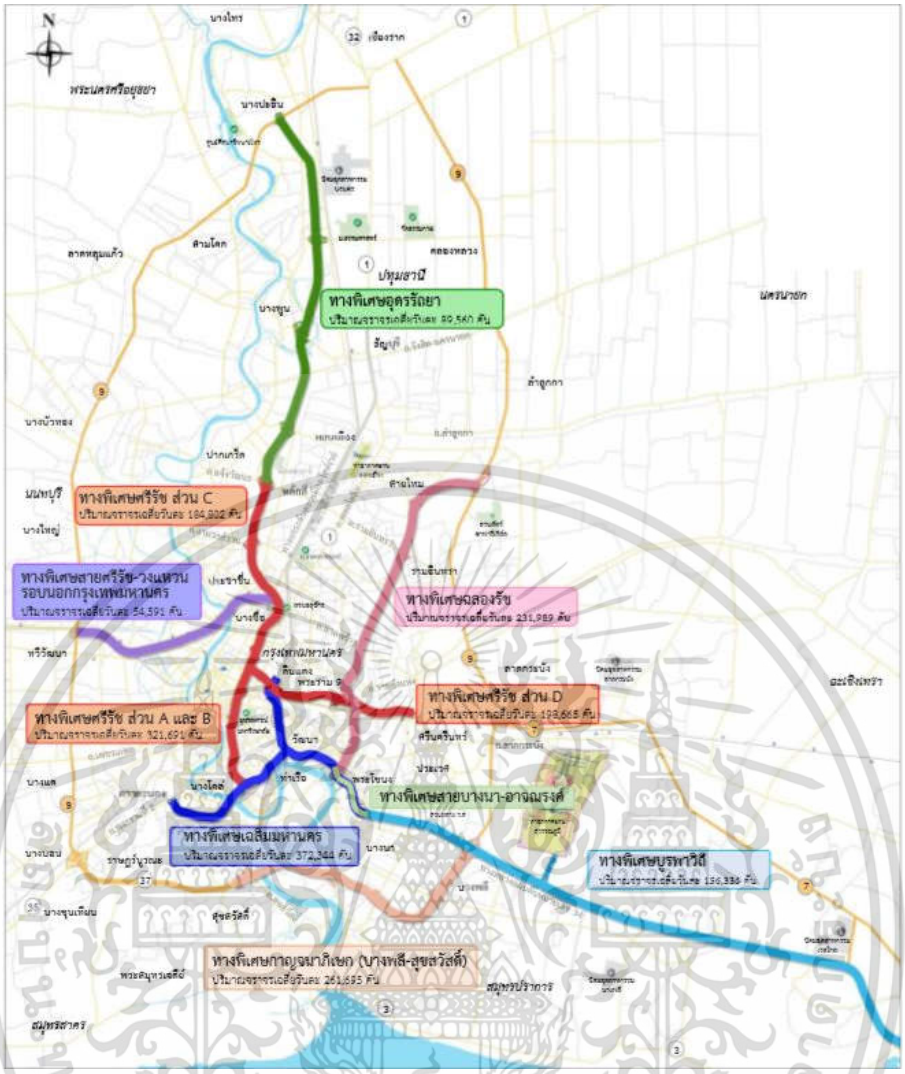
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาม พ.ร.บ. กทพ. พ.ศ. 2550 “ทางพิเศษ” หมายความว่า ทางหรือถนนซึ่งจัดสร้างขึ้นหรือได้รับโอน หรือได้รับมอบไม่ว่าจะจัดสร้างขึ้นในระดับพื้นดิน เหนือ หรือใต้พื้นดิน หรือพื้นน้ำ เพื่ออำนวยความสะดวก ในการจราจรเป็นพิเศษ และให้หมายความรวมถึงสะพาน อุโมงค์ เรือสำหรับขนส่งรถข้ามฟาก ท่าเรือสำหรับขึ้นลงรถ ทางเท้า ที่จอดรถ เขตทาง ไหล่ทาง เขื่อนกั้นน้ำ ท่อ หรือทางระบายน้ำ กำแพงกันดิน รั้วเขต หลักระยะ สัญญาณจราจร เครื่องหมายจราจร อาคาร หรือสิ่งอื่นใดที่จัดไว้ในเขตทางเพื่ออำนวยความสะดวก หรือเพื่อความปลอดภัยเกี่ยวกับงานทางพิเศษ

2.2.2 ทางพิเศษที่เปิดให้บริการแล้ว

ในปี พ.ศ. 2561 กทพ. ได้ก่อตั้งมาครบ 46 ปี โดยปัจจุบันได้เปิดให้บริการระบบทางพิเศษ ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และระบบทางพิเศษระหว่างเมืองแล้วทั้งสิ้น 8 สายทาง ได้แก่ ทางพิเศษเฉลิมมหานคร ทางพิเศษศรีรัช (ส่วน A ช่วงประชาชื่น - พญาไท - อโศก ส่วน B ช่วงพญาไท - บางโคล่ ส่วน C ช่วงประชาชื่น - แจ้งวัฒนะ ส่วน D ช่วงอโศก - ศรีนครินทร์) ทางพิเศษฉลองรัช ทางพิเศษบูรพาวิถี ทางพิเศษอุดรรัถยา ทางพิเศษบางนา - อาจณรงค์ ทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี - สุขสวัสดิ์) และทางพิเศษ สายศรีรัช - วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร รวมระยะทาง 224.6 กิโลเมตร มีปริมาณจราจรบนทางพิเศษ รวมทุกสายทางในปีงบประมาณ 2561 เฉลี่ยวันละ 1,871,671 คัน ดังแสดงในรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงแผนที่ทางพิเศษที่เปิดให้บริการแล้วและปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน ปีงบประมาณ 2561

2.2.2.1 ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1)

กทพ. ได้เปิดให้บริการทางพิเศษเฉลิมมหานคร เพื่อเชื่อมการคมนาคมขนส่งระหว่างภาคต่าง ๆ ของประเทศเข้าด้วยกัน โดยไม่ต้องเดินทางผ่านการจราจรหนาแน่นในใจกลางกรุงเทพมหานคร ช่วยลดปริมาณจราจรที่คับคั่งบนถนนระดับดิน รวมทั้งช่วยให้การขนส่งสินค้าระหว่างท่าเรือคลองเตยกับภาคต่าง ๆ เป็นไปด้วยความสะดวกและรวดเร็ว มีระยะทางทั้งสิ้น 27.1 กิโลเมตร มีปริมาณจราจรบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร ในปีงบประมาณ 2561 เฉลี่ยวันละ 372,344 คัน ประกอบด้วย

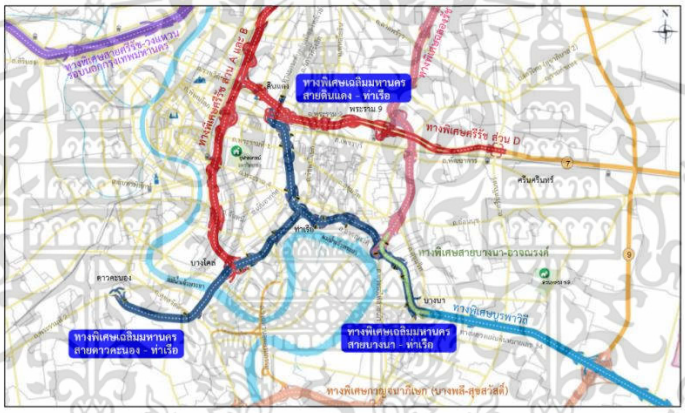
- สายดินแดง - ท่าเรือ เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2524 ระยะทาง 8.9 กิโลเมตร แนวสายทางเริ่มจากปลายถนนวิภาวดีรังสิต มุ่งไปทางทิศใต้ ผ่านทางแยกต่างระดับมักกะสัน ผ่านถนนสุขุมวิท ช่วงนี้เป็นทางยกระดับขนาด 6 ช่องจราจร และเป็นทางระดับดินตั้งแต่ถนนสุขุมวิทถึงถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พระรามที่ 4 และเป็นทางยกระดับอีกครั้งในช่วงถนนพระรามที่ 4 ถึงทางแยกต่างระดับท่าเรือ เชื่อมต่อกับทางพิเศษ สายดาวคะนอง - ท่าเรือ

- สายบางนา - ท่าเรือ เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 17 มกราคม 2526 ระยะทาง 7.9 กิโลเมตร แนวสายทางเริ่มจากปลายทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 34 บริเวณทางแยกต่างระดับบางนา แล้วมุ่งไปทาง ทิศตะวันตก ผ่านจุดตัดทางพิเศษฉลองรัชที่ทางแยกต่างระดับสุขุมวิท ช่วงนี้เป็นทางระดับดินขนาด 6 ช่องจราจร และเป็นทางยกระดับตั้งแต่ทางแยกต่างระดับสุขุมวิทถึงทางแยกต่างระดับท่าเรือ

- สายดาวคะนอง - ท่าเรือ เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 5 ธันวาคม 2530 ระยะทาง 10.3 กิโลเมตร แนวสายทางเริ่มจากทางแยกต่างระดับท่าเรือ ผ่านทางแยกต่างระดับบางโคล่ ข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาที่สะพาน พระราม 9 ช่วงนี้เป็นทางยกระดับขนาด 6 ช่องจราจร และลดช่องจราจรเหลือ 4 ช่องจราจร ตั้งแต่สะพาน พระราม 9 และสิ้นสุดที่ถนนพระรามที่ 2



รูปที่ 2.2 แสดงแผนที่เส้นทางพิเศษเฉลิมมหานคร

2.2.2.2 ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2)

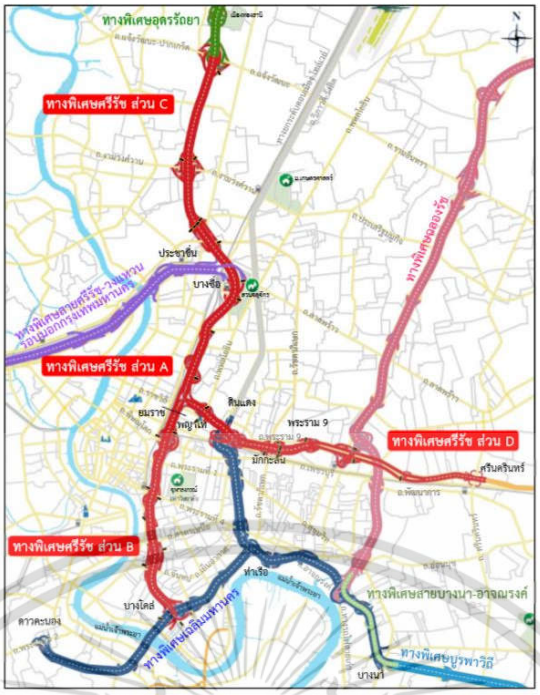
กทพ. ได้ลงนามในสัญญากับ บริษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) เมื่อวันที่ 22 ธันวาคม 2531 ให้เป็น ผู้ก่อสร้างและบริหารทางพิเศษศรีรัช ตลอดระยะเวลา 30 ปี โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของทางพิเศษ ในกรุงเทพมหานครให้เป็นโครงข่าย ที่สมบูรณ์ ทำให้สามารถแบ่งเบาการจราจรบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร และช่วยให้การเดินทางเข้าสู่ย่านธุรกิจ ใจกลางเมือง เช่น ถนนจันทน์ ถนนสาทร ถนนสีลม ถนนสุรวงศ์ ถนนสี่พระยา ถนนพระรามที่ 4 และถนนพระรามที่ 1 สะดวกมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง จะช่วยลดปัญหาจราจรบริเวณดินแดง บริเวณทางแยกต่างระดับมักกะสัน และ บริเวณทางแยกต่างระดับคลองเตย เป็นทางยกระดับขนาด 6 ช่องจราจร ตลอดเส้นทาง มีระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมทั้งสิ้น 38.4 กิโลเมตร มีปริมาณจราจรบน ทางพิเศษศรีรัชในปีงบประมาณ 2561 เฉลี่ยวันละ 705,158 คัน ประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนี้

- ส่วน A เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 2 กันยายน 2536 ระยะทาง 12.4 กิโลเมตร เริ่มต้นที่ ถนนรัชดาภิเษก ผ่านบริเวณทางแยกต่างระดับพญาไท (โรงกรองน้ำสามเสน) สิ้นสุดแนวสายทางที่ ถนนพระราม 9 และเป็นทางพิเศษโครงข่ายในเขตเมือง
- ส่วน B เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 6 ตุลาคม 2539 ระยะทาง 9.4 กิโลเมตร เชื่อมต่อกับส่วน A บริเวณทางแยกต่างระดับพญาไท (โรงกรองน้ำสามเสน) ผ่านยมราช ถนนศรีอยุธยา ถนนสาทร ถนนจันทน์ ถนนพระรามที่ 4 สิ้นสุดแนวสายทางที่บริเวณบางโคล่ เป็นทางพิเศษโครงข่ายในเขตเมือง และยังประกอบด้วย ถนนรวมและกระจายการจราจร (Collector/Distributor Road : C/D Road) ที่จะดำเนินการก่อสร้างจากอุรุพงษ์ โดยมีแนวสายทางช่วงต้นคร่อมคลองมหานาคไปถึงถนนราชดำริ ระยะทาง 2 กิโลเมตร รวมระยะทาง 11.4 กิโลเมตร
- ส่วน C เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 2 กันยายน 2536 ระยะทาง 8 กิโลเมตร เชื่อมต่อกับส่วน A บริเวณถนนรัชดาภิเษก ผ่านถนนประชาชื่น มุ่งไปทางทิศเหนือ สิ้นสุดที่ถนนแจ้งวัฒนะ เป็นทางพิเศษโครงข่าย นอกเขตเมือง
- ส่วน D ระยะทาง 8.6 กิโลเมตร เชื่อมต่อกับส่วน A บริเวณถนนพระราม 9 ไปทาง ทิศตะวันออก สิ้นสุดที่บริเวณถนนศรีนครินทร์ เป็นทางพิเศษโครงข่ายนอกเขตเมือง เปิดให้บริการส่วนที่ 1 (ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษอโศก 1 - คลองแสนแสบ ใกล้ถนนรามคำแหง ระยะทาง 3.4 กิโลเมตร) เมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2541 และส่วนที่ 2 (คลองแสนแสบ - ทางต่างระดับถนนศรีนครินทร์ ระยะทาง 5.2 กิโลเมตร) เมื่อวันที่ 1 มีนาคม 2543 โดยเปิดให้บริการตลอดสายเมื่อวันที่ 1 เมษายน 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงแผนที่เส้นทางพิเศษศรีรัช

2.2.2.3 ทางพิเศษฉลองรัช (ทางด่วนสายรามอินทรา - อาจณรงค์ และทางด่วนสายรามอินทรา - วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร)

ทางพิเศษฉลองรัช เป็นทางยกระดับขนาด 6 ช่องจราจร มีระยะทาง 28.2 กิโลเมตร มีวัตถุประสงค์ในการก่อสร้างโครงการเพื่อแก้ไข ปัญหาการเดินทางและแบ่งเบาการจราจรบน ถนนรามอินทราและย่านใจกลางเมือง โดยไม่ต้อง ผ่านถนนที่มีปัญหาการจราจรติดขัด ได้แก่ ถนน ลาดพร้าว ถนนพระราม 9 ถนนเพชรบุรี และช่วย ระบายการจราจรบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร สำหรับผู้ที่จะเดินทางเข้าหรือออกจากเมือง รวมทั้งขยายขอบข่ายของทางพิเศษให้สามารถ อำนวยความสะดวกและรวดเร็วแก่การจราจร ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น มีปริมาณจราจร บนทางพิเศษฉลองรัชในปีงบประมาณ 2561 เฉลี่ย วันละ 231,989 คัน ประกอบด้วย 2 ช่วง ดังนี้

- รามอินทรา - อาจณรงค์ ระยะทาง 18.7 กิโลเมตร เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 6 ตุลาคม 2539 โดยมีเส้นทางเริ่มจากถนนรามอินทรา บริเวณ กิโลเมตรที่ 5.5 ลงทางทิศใต้ ข้ามถนนลาดพร้าว ถนนประชาอุทิศ ถนนพระราม 9 แล้วเบนไปทาง ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ตัดกับทางพิเศษศรีรัช ส่วน D ข้ามถนนรามคำแหง ถนนพัฒนาการ เลียบแนวคลองตัน ข้ามถนนสุขุมวิททางด้าน ตะวันออกของสะพานพระโขนง ไปบรรจบกับ ทางพิเศษเฉลิมมหานคร สายบางนา - ท่าเรือ ที่บริเวณอาจณรงค์ (ปลายซอยสุขุมวิท 50) ทางพิเศษฉลองรัชแบ่งช่วงการเปิดให้บริการ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ช่วงถนนรามอินทรา - ถนนลาดพร้าว เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 16 มิถุนายน 2539

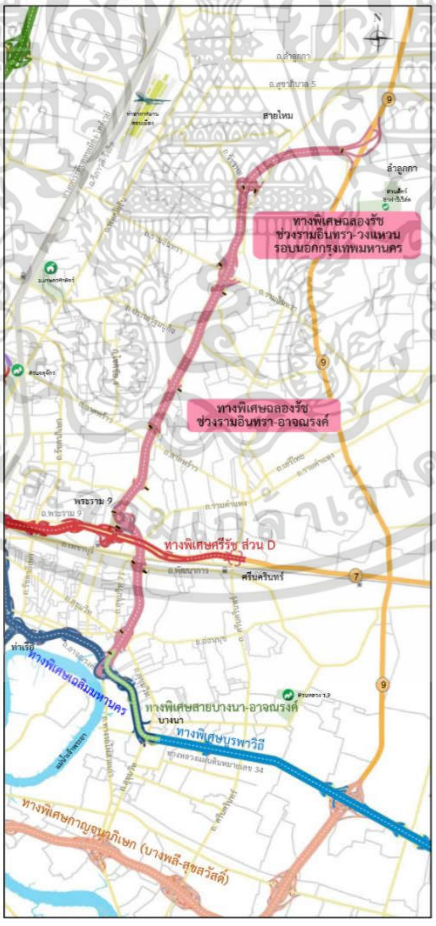
2) ช่วงถนนลาดพร้าว - ถนนพระราม 9 เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 22 สิงหาคม 2539

3) ช่วงถนนพระราม 9 - อาจณรงค์ เปิด ให้บริการเมื่อวันที่ 6 ตุลาคม 2539

4) ทางแยกต่างระดับพระราม 9 (เชื่อมต่อ กับทางพิเศษศรีรัช ส่วน D) เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 1 เมษายน 2543 – รามอินทรา

- วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร ระยะทาง 9.5 กิโลเมตร เปิดให้บริการเมื่อ วันที่ 23 มีนาคม 2552 เริ่มจากถนนวงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานครด้านตะวันออก บริเวณจตุโชติ ทิศใต้ของทางแยกต่างระดับลำลูกกา มุ่งไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ยกระดับข้ามถนนสุขาภิบาล 5 ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้จนถึงถนนรามอินทรา บริเวณกิโลเมตรที่ 5.5 เชื่อมต่อกับทางพิเศษฉลองรัช

- ช่วงรามอินทรา - อาจณรงค์ ซึ่งเป็นส่วนต่อขยายของทางพิเศษฉลองรัชทางด้านเหนือ และเมื่อวันที่ 19 กรกฎาคม 2552 ได้มีพระบรมราชานุญาตให้ทางพิเศษสายนี้ใช้ชื่อทางการว่า “ทางพิเศษฉลองรัช” เช่นเดียวกับทางพิเศษ ช่วงรามอินทรา - อาจณรงค์ ท่าอากาศยาน



รูปที่ 2.4 แสดงแผนที่เส้นทางพิเศษฉลองรัช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.4 ทางพิเศษบูรพาวิถี (ทางด่วนสายบางนา - ชลบุรี)

ทางพิเศษบูรพาวิถี เป็นทางยกระดับขนาด 6 ช่องจราจร มีแนวสายทางเริ่มต้นที่ปลายทางพิเศษเฉลิมมหานคร บริเวณบางนา โดยใช้พื้นที่เกาะกลางทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 34 ตอนบางนา - บางปะกง ไปทางทิศตะวันออก เข้าสู่จังหวัดสมุทรปราการ ผ่านอำเภอบางพลี ตัดกับถนนกาญจนาภิเษก ผ่านอำเภอ บางเสาธง อำเภอบางบ่อ แล้วเข้าสู่จังหวัดฉะเชิงเทรา ผ่านอำเภอบางปะกง ข้ามแม่น้ำบางปะกง และสิ้นสุด ที่อำเภอเมืองชลบุรี เป็นทางยกระดับขนาด 6 ช่องจราจร ระยะทาง 55 กิโลเมตร มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไข ปัญหาการจราจรบนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 34 ตอนบางนา - บางปะกง และเชื่อมการคมนาคมขนส่ง ระหว่างกรุงเทพมหานครกับพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศ รวมทั้งเป็นการช่วยส่งเสริม การพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศและบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิที่หนองงูเห่า การก่อสร้างตลอดสายแล้วเสร็จตามสัญญาในเดือนกุมภาพันธ์ 2543 มีปริมาณจราจรบนทางพิเศษบูรพาวิถี ในปีงบประมาณ 2561 เฉลี่ยวันละ 156,334 คัน โดยเปิดให้บริการในช่วงต่าง ๆ ดังนี้

- ช่วงที่ 1 บางนา - บางแก้ว เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 9 เมษายน 2541
- ช่วงที่ 2 บางแก้ว - กิ่งแก้ว เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม 2541
- ช่วงที่ 3 กิ่งแก้ว - เมืองใหม่บางพลี เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2542
- ช่วงที่ 4 เมืองใหม่บางพลี - บางเสาธง เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2542
- ช่วงที่ 5 บางเสาธง - บางสมัคร เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2542
- ช่วงที่ 6 บางสมัคร - บางปะกง เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 28 พฤศจิกายน 2542
- ช่วงที่ 7 บางปะกง - ชลบุรี เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2543

รูปที่ 2.5 แสดงแผนที่ทางพิเศษบูรพาวิถี

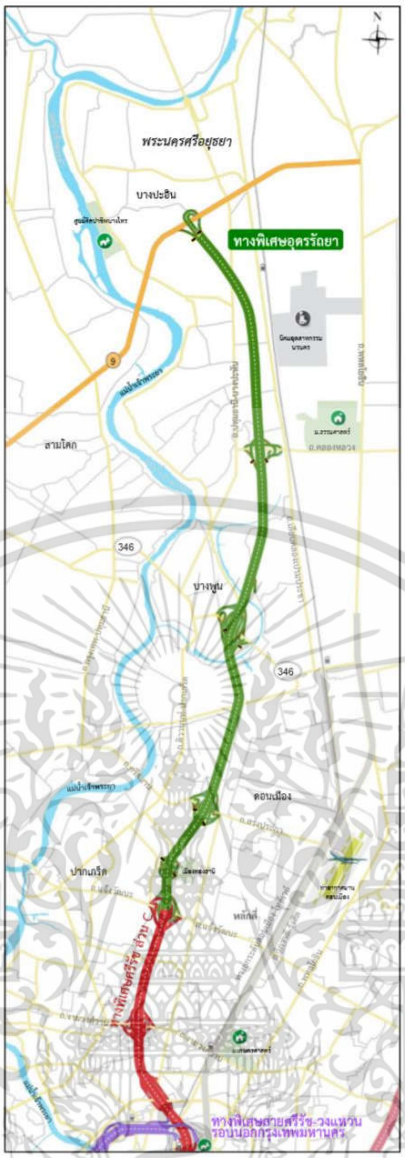
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.5 ทางพิเศษอุดรรัถยา

เชื่อมต่อจากทางพิเศษศรีรัช ส่วน C โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรองรับการแข่งขันกีฬา เอเชี่ยนเกมส์ ครั้งที่ 13 อีกทั้งทำให้ระบบโครงข่ายของ ถนนและทางพิเศษในพื้นที่กรุงเทพมหานครตอนบน สมบูรณ์ขึ้น เพราะทางพิเศษอุดรรัถยาจะทำหน้าที่เป็น ทางพิเศษแนวรัศมีรับปริมาณจราจรจากใจกลางเมือง มาเชื่อมกับถนนวงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานครด้าน ตะวันตกของกรมทางหลวง และยังสามารถช่วยระบายการจราจรบนถนนสายหลัก (เช่น ถนนแจ้งวัฒนะ ถนน วิภาวดีรังสิต) และถนนสายต่าง ๆ ของกรมทางหลวง มีระยะทาง 32 กิโลเมตร มีปริมาณจราจรบนทางพิเศษ อุดรรัถยาในปีงบประมาณ 2561 เฉลี่ยวันละ 89,560 คัน แบ่งการก่อสร้างออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

- ระยะที่ 1 แจ้งวัฒนะ - เชียงราก ระยะทาง ประมาณ 22 กิโลเมตร เริ่มต้นเชื่อมต่อที่ปลายทางพิเศษ ศรีรัช บริเวณถนนแจ้งวัฒนะ มุ่งไปทางทิศเหนือ ผ่าน เมืองทองธานี จากนั้นเข้าสู่อำเภอเมืองปทุมธานี จังหวัด ปทุมธานี ตัดกับทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 346 แล้ว ข้ามคลองเชียงราก ไปถึงบางพูน เป็นทางยกระดับขนาด 4 ช่องจราจร ก่อนที่จะลดระดับเป็นทางระดับดินขนาด 4 ช่องจราจร โดยมีรั้วกั้นตลอดจากนั้นเข้าสู่อำเภอสามโคก ตัดกับทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3214 เป็นทางระดับดิน ขนาด 4 ช่องจราจร (ระยะทางประมาณ 20 กิโลเมตร) ซึ่งบริเวณนี้จะมีเส้นทางแยกไปทางทิศตะวันออก เพื่อต่อเชื่อมกับถนนทางเข้ามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต เป็นทางยกระดับขนาด 4 ช่องจราจร จาก เชียงรากไปมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต (ระยะทางประมาณ 2 กิโลเมตร) ก่อสร้างแล้วเสร็จเดือน ตุลาคม 2541 เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2541
- ระยะที่ 2 เชียงราก - บางไทร ระยะทาง ประมาณ 10 กิโลเมตร เชื่อมต่อกับระยะที่ 1 ที่เชียงราก เส้นทางจะโค้งไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือเข้าสู่ อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ข้ามทางหลวง แผ่นดินหมายเลข 347 แล้วไปสิ้นสุดบริเวณกิโลเมตรที่ 79 ของถนนวงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร ด้านตะวันตกของกรมทางหลวงบนอำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ก่อสร้างเป็นทางระดับดิน ขนาด 4 ช่องจราจร เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงแผนที่เส้นทางพิเศษอุดรรัถยา

2.2.2.6 ทางพิเศษสายบางนา - อาจณรงค์ (ระบบทางด่วนขั้นที่ 3 สายใต้ ตอน S1)

ทางพิเศษสายบางนา - อาจณรงค์ มีวัตถุประสงค์เพื่อเชื่อมต่อทางพิเศษ บูรพาวิถีกับทางพิเศษฉลองรัช และ ทางพิเศษเฉลิมมหานคร ทำให้เป็น โครงข่ายทางพิเศษที่สมบูรณ์ ระยะทาง 4.7 กิโลเมตร มีจุดเริ่มต้นจากปลาย ทางพิเศษฉลองรัช และซ้อนทับไป ตามแนวทางพิเศษเฉลิมมหานครจาก ทางแยกต่างระดับอาจณรงค์เชื่อมต่อกับ ทางพิเศษบูรพาวิถี เปิดให้บริการเมื่อ วันที่ 15 มิถุนายน 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.7 แสดงแผนที่เส้นทางพิเศษสายบางนา – อาจณรงค์

2.2.2.7 ทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี - สุขสวัสดิ์)

ทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี - สุขสวัสดิ์) เดิมมีชื่อว่า “ทางพิเศษสายบางพลี - สุขสวัสดิ์” ได้รับพระราชทานพระบรมราชานุญาตให้ใช้ชื่อทางพิเศษว่า “ทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี - สุขสวัสดิ์)” เมื่อวันที่ 13 สิงหาคม 2553 เป็นส่วนหนึ่งของการก่อสร้างทางหลวงวงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร (ถนนกาญจนาภิเษก) เป็นทางยกระดับขนาด 6 ช่องจราจร มีแนวสายทางต่อเชื่อมกับทางหลวงวงแหวน กาญจนาภิเษกด้านใต้ ช่วงถนนพระรามที่ 2 - ถนนสุขสวัสดิ์ เริ่มต้นจากถนนสุขสวัสดิ์บริเวณพระประแดง ผ่าน สะพานกาญจนาภิเษกข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา ผ่านทางแยกเชื่อมต่อกับสะพานภูมิพล ไปทางทิศตะวันออกผ่าน ถนนสุขุมวิท ถนนศรีนครินทร์ และถนนเทพารักษ์ ไปบรรจบกับทางหลวงหมายเลข 34 (บางนา - บางปะกง) เชื่อมต่อกับทางพิเศษบูรพาวิถีที่ทางแยกต่างระดับวัดสลุด อำเภอบางพลี ระยะทาง 22.5 กิโลเมตร มีทางแยก ต่างระดับ 5 แห่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (ส่วนช่วงสุขสวัสดิ์ - บางขุนเทียน เป็นของกรมทางหลวง ซึ่งปัจจุบันได้ยกเว้นการเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง) มีปริมาณจราจรบนทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี - สุขสวัสดิ์) ในปีงบประมาณ 2561 เฉลี่ยวันละ 261,695 คัน และมีการก่อสร้างสะพานแขวนข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา 1 แห่ง ที่ตำบลบางจาก อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ โดยพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช พระราชทานนามสะพานแห่งนี้ว่า “สะพานกาญจนาภิเษก” พร้อมด้วยระบบเก็บค่าผ่านทางและระบบควบคุมความปลอดภัยด้านการจราจร ซึ่งเป็นระบบปิด เปิดให้บริการโดยยกเว้นการจัดเก็บค่าผ่านทางพิเศษชั่วคราวเมื่อวันที่ 15 พฤศจิกายน 2550 และเปิดให้บริการโดยจัดเก็บค่าผ่านทางพิเศษ (ช่วงบางพลี - สุขสวัสดิ์) เมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8 แสดงแผนที่เส้นทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี - สุขสวัสดิ์)

2.2.2.8 ทางพิเศษสายศรีรัช - วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร

ทางพิเศษสายศรีรัช - วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร ระยะทาง 16.7 กิโลเมตร มีวัตถุประสงค์เพื่อเชื่อมโยงระบบคมนาคมและขนส่งไปยังฝั่งตะวันตกของกรุงเทพมหานครเป็น แผนยุทธศาสตร์ที่สำคัญในการแก้ไขปัญหาจราจร ซึ่งเป็นโครงการต่อขยายทางพิเศษไปยังฝั่งตะวันตก ของกรุงเทพมหานคร เพื่อบรรเทาปัญหาด้านการจราจรและเพิ่มศักยภาพของระบบคมนาคมขนส่ง แนวเส้นทางเริ่มต้นจากถนนวงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร บริเวณใกล้โรงกรองน้ำมหาสวัสดิ์ ไปตามแนวเขตทางรถไฟสายใต้เดิม และข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณสะพานพระราม 6 สิ้นสุดโครงการบริเวณสถานีกลางบางซื่อ (จตุจักร) โดยเชื่อมต่อทางพิเศษศรีรัชบริเวณสถานีขนส่ง (หมอชิต 2) และลงสู่ระดับดินที่บริเวณถนนกำแพงเพชร 2 เป็นทางยกระดับขนาด 6 ช่องจราจร มีปริมาณจราจรบนทางพิเศษสายศรีรัช - วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร ในปีงบประมาณ 2561 เฉลี่ยวันละ 54,591 คัน ทดสอบให้บริการโดยยกเว้นค่าผ่านทางพิเศษชั่วคราวระหว่างวันที่ 15 - 17 สิงหาคม 2559 และเปิดให้บริการโดยจัดเก็บค่าผ่านทางพิเศษเมื่อวันที่ 22 สิงหาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 แสดงแผนที่เส้นทางสายศรีรัช - วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร

นอกจากนี้ กทพ. ได้ดำเนินการก่อสร้างทางเชื่อมต่อทางพิเศษ 5 แห่งดังนี้

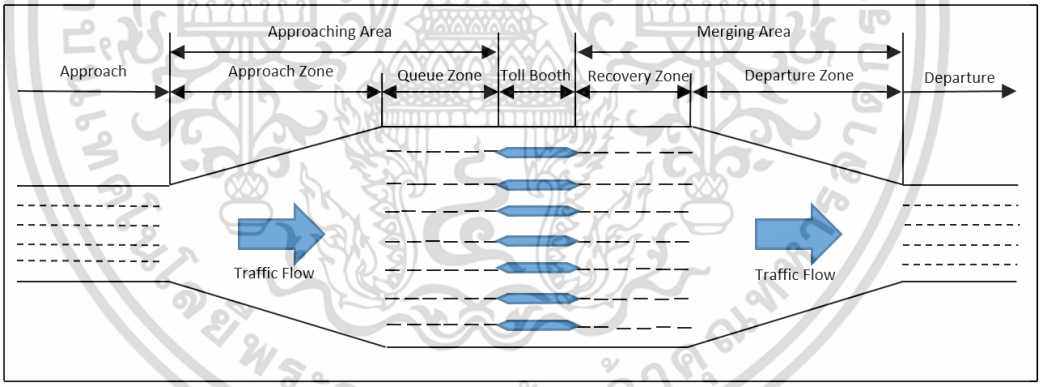
- ทางยกระดับด้านทิศใต้สนามบินสุวรรณภูมิ เชื่อมต่อทางพิเศษบูรพาวิถี มีวัตถุประสงค์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการทางพิเศษบูรพาวิถีและอำนวยความสะดวกในการเดินทางสู่ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิด้วยระบบโครงข่ายทางพิเศษ เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2552
- ทางเชื่อมต่อทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี - สุขสวัสดิ์) กับทางพิเศษบูรพาวิถี มีวัตถุประสงค์เพื่อเชื่อมต่อเส้นทางคมนาคมของทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี - สุขสวัสดิ์) กับทางพิเศษบูรพาวิถี และถนนกาญจนาภิเษกด้านตะวันออกให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 30 ธันวาคม 2552
- ทางเชื่อมต่อเฉลิมราชดำริ 84 พรรษา (ทางเชื่อมต่อทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี - สุขสวัสดิ์) กับถนนวงแหวนอุตสาหกรรม) มีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมโครงข่ายการจราจรทางด้านทิศใต้ของกรุงเทพมหานคร ให้สมบูรณ์ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาความคับคั่งของการจราจร อีกทั้งเป็นการส่งเสริมการให้บริการทางพิเศษ ให้มีประสิทธิภาพครอบคลุมการเดินทางมากขึ้น เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 23 ธันวาคม 2554
- ทางเชื่อมต่อทางพิเศษศรีรัช (ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษอโศก - ศรีนครินทร์) กับถนนจตุรทิศ ช่วง ค. มีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับประชาชนผู้ใช้ถนนจตุรทิศ เพื่อเข้าสู่ทางพิเศษศรีรัช ส่วน D และเดินทางต่อไปยังทางพิเศษฉลองรัช สนามบินสุวรรณภูมิ และทางหลวงหมายเลข 7 (มอเตอร์เวย์) ได้สะดวกมากยิ่งขึ้น เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 2 พฤษภาคม 2557
- ทางเชื่อมต่อทางพิเศษสายศรีรัช - วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร กับทางพิเศษศรีรัช ด้านทิศเหนือ (มุ่งหน้าไปทางแจ้งวัฒนะ) มีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ทางพิเศษสายศรีรัช - วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร ให้สามารถเดินทางเชื่อมต่อกับทางพิเศษศรีรัชในด้านทิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหนือได้โดยตรง โดยสามารถไปยังถนนงามวงศ์วาน ถนนแจ้งวัฒนะ หรือเชื่อมต่อทางพิเศษอุดรรัถยาเพื่อมุ่งหน้าไปบางไทร บางปะอิน ซึ่งช่วยลดปริมาณรถที่เดินทางลงไปยังถนนระดับดิน และช่วยลดระยะเวลาในการเดินทาง ได้เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 30 กันยายน 2561

2.3 การเก็บค่าผ่านทางพิเศษ

ด่านเก็บค่าผ่านทาง คือ พื้นที่สำหรับเก็บค่าธรรมเนียมในการผ่านทางสำหรับถนนที่ต้องการ เก็บค่าธรรมเนียมจากผู้ใช้ทาง ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นถนนที่มีการควบคุมทางเข้า-ออก มีมาตรฐานการออกแบบชั้นทางพิเศษ และมีสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับผู้ใช้ทางเพื่อให้ผู้ใช้ทางสามารถเดินทางได้สะดวกและปลอดภัย ทั้งนี้ลักษณะของด่านเก็บค่าผ่านทางยังมีหลายประเภท ตามลักษณะการให้บริการที่แตกต่างกัน โดยเวลาในการให้บริการยังมีความแตกต่างกัน เนื่องจากหลายปัจจัย เช่นปัจจัยทางด้านพนักงานเก็บค่าผ่านทาง ปัจจัยทางด้นสภาพอากาศ ปัจจัยทางด้านการออกแบบด้าน ระบบกายภาพในบริเวณพื้นที่เก็บค่าผ่านทางอาจจะสามารถใช้พื้นที่เก็บค่าผ่านทางทั้งสองทิศทาง หรือเป็นพื้นที่สำหรับเก็บค่าผ่านทางในทิศทางเดียวได้ โดยพื้นที่เก็บค่าผ่านทางประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ ดังรูป ที่ 2.10 ประกอบด้วย



รูปที่ 2.10 บริเวณพื้นที่ด่านเก็บค่าผ่านทาง

1. Approaching Area คือ ส่วนของพื้นที่ก่อนเข้าด่านเก็บค่าผ่านทาง ซึ่งเป็นพื้นที่ขยายจำนวนช่อง จราจรให้เพิ่มขึ้นจากจำนวนช่องจราจรปรกติก่อนเข้าด่านเก็บค่าผ่านทางไปสู่ จำนวนช่องจราจรที่ เท่ากับจำนวนช่องเก็บค่าผ่าน ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่ 2 ส่วนคือ

- Approach Zone คือบริเวณช่วงขยายช่องจราจรเพื่อนำไปสู่ช่องเก็บค่าผ่านทางโดยไปเชื่อมกับ Queue Zone ดังรูปที่ 2.2
- Queue Zone คือบริเวณช่องจราจรที่ขนานไปกับช่องเก็บค่าผ่านทางเพื่อใช้เป็นแถวคอย สำหรับจัดระเบียบรถรถก่อนเข้าช่องเก็บค่าผ่านทาง ดังรูป 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Toll booth คือ พื้นที่สำหรับเก็บค่าผ่านทาง ซึ่งประเภทของช่องเก็บค่าผ่านทางแบ่งเป็นหลายประเภทตามรูปการชำระค่าผ่านทาง โดยในประเทศไทยมีใช้2 ประเภท คือ

- ระบบเก็บค่าผ่านทางด้วยเงินสด (Manual Toll Collection)
- ระบบเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติ (Electronic Toll Collection)

3. Merging Area คือ ส่วนของพื้นที่หลังช่องเก็บค่าผ่านทาง ซึ่งเป็นบริเวณที่ลดจำนวนช่องจราจรจากจำนวนช่องจราจรที่เท่ากับจำนวนช่องเก็บค่าผ่านทางกลับไปสู่จำนวนช่องจราจรปรกติ ประกอบด้วยพื้นที่ 2 ส่วนคือ

- Recovery Zone เป็นบริเวณพื้นที่หลังด่านเก็บค่าผ่านทางซึ่งมีช่องจราจรขนานไปกับช่อง เก็บค่าผ่านทางเพื่อให้รถสามารถใช้ความเร่งเพื่อปรับระดับความเร็วก่อนที่รถจะไปรวมกัน ที่ช่วง Departure Zone ดังรูป 2.2
- Departure Zone คือบริเวณช่วงของถนนที่ลดจำนวนช่องจราจรให้เท่ากับจำนวนช่องจราจรปรกติเพื่อนำเข้าสู่ถนนปรกติ

ในปัจจุบันประเทศไทยใช้รูปแบบในการเก็บค่าผ่านทางพิเศษด้วยกัน 2 รูปแบบได้แก่ ระบบเปิดและระบบปิดโดยใช้ระบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษด้วยกัน 2 ระบบได้แก่ Manual Toll Collection System (MTC) และ Electronic Toll Collection System (ETC)

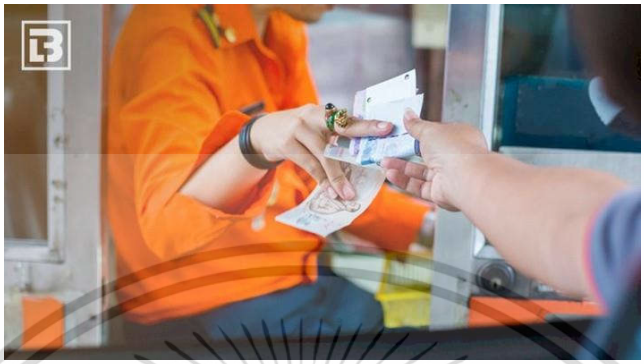
ระบบเปิด (Opened System) ***เป็นระบบที่มีด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง ณ จุดทางเข้าสู่ระบบหรือจะตั้งบนทางหลักของทางหลวงพิเศษ (Barrier Type) เป็นช่วงๆ ซึ่งทั้งสองแบบผู้ใช้ทางจะต้องจ่ายค่าธรรมเนียมผ่านทางทุกครั้งที่ผ่านด่านฯ ในอัตราที่กำหนด***

ระบบปิด (Closed System) ***เป็นระบบที่ผู้ใช้ทางต้องรับบัตร (Smart Card) ของทางหลวงพิเศษ และต้องคืนบัตรที่บริเวณทางออกเพื่อจ่ายค่าธรรมเนียมผ่านทาง ตามระยะทางที่ใช้จริง ซึ่งการดำเนินการในระบบปิดจะต้องมี ด่านเก็บเงินทุกๆ จุดเข้า-ออก ของทุกทางแยกต่างระดับ***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบเงินสด Manual Toll Collection System (MTC)

เป็นระบบเก็บค่าผ่านทางโดยใช้พนักงานในการเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดบริเวณหน้าด่านในอัตราที่กำหนดไว้



รูปที่ 2.11 แสดงระบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษด้วยเงินสด

ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ Electronic Toll Collection System (ETC)

เป็นระบบการจัดเก็บค่าผ่านทางแบบตัดเงินอัตโนมัติโดยติดตั้ง Tag ไว้ที่ยานพาหนะและติดเครื่องอ่าน Tag ที่ตู้เก็บค่าผ่านทาง ตัวอย่างเช่น ระบบ M-pass และ ระบบ Easy-pass เป็นต้น

รูปที่ 2.12 แสดงระบบการเก็บค่าผ่านทางพิเศษแบบอัตโนมัติ

EASY PASS

คือ ชื่อบัตรที่ใช้ในระบบเก็บค่าผ่านทางแบบ (ETC : ELECTRONICS TOLLCOLLECTION) ซึ่งเป็นระบบเก็บเงินแบบไฮเทคใหม่ล่าสุดที่การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) นำมาใช้แก้บัญหารถติดบริเวณหน้าด่าน โดยผู้ใช้บริการสามารถขับรถผ่านช่องทางที่มีป้ายเขียนว่าEasy Pass ได้ทันที ซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวก และเพิ่มทางเลือกใหม่สำหรับผู้ใช้บริการทางด่วนผู้ที่ต้องการใช้บริการ ระบบ C จะมีช่องทางเฉพาะให้ ที่หน้าด่านมีป้ายคำว่า TC ที่ช่องทางด่วนซึงมีให้เลือก 2 ระบบ คือ ระบบเปิด คือ เก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เงินอัตราเดียวที่ด่านทางเข้า และระบบปิด คือ เก็บเงินตามระยะทางที่ด่านขาออก โดยจะไม่ใช้พนักงานเก็บค่าผ่านการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ร่วมกับบริษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) หรือ บีอีซีแอล เปิดให้บริการระบบเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติ หรือ Easy Pass ที่ทางพิเศษศรีรัช ทางพิเศษเฉลิมมหานคร ทางพิเศษฉลองรัช และทางพิเศษสายบางพลี-สุขสวัสดิ์ ตั้งแต่วันที่ 25 กรกฎาคม 2553 เป็นต้นไป เพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการชำระค่าผ่านทางและบรรเทาปัญหาการสะสมของปริมาณจราจรบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทาง สะดวก ปลอดภัย และได้ติดตั้งระบบ Easy Pass เพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้ทางพิเศษ โดยสามารถระบายปริมาณจราจรผ่านช่องเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติได้สูงสุด 1,200 คัน/ชั่วโมง ผู้ใช้บริการทางพิเศษไม่ต้องหยุดรถ แค่ชะลอความเร็วไม่เกิน 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และที่ระยะห่างจากคันหน้าอย่างน้อย 5 เมตร เพื่อความปลอดภัย ซึ่งระบบจะทำการตัดค่าผ่านทางจากยอดเงินในบัตรเดิมและแจ้งยอดคงเหลือที่ป้ายบอกราคาข้างตู้เก็บค่าผ่านทางสำหรับในการติดตั้ง Easy Pass มีข้อควรระวัง คือ ฟิล์มกรองแสงติดกระจกบางชนิดที่มีส่วนผสมของสารปรอทหรือมีความเข้มข้นของสีฟิล์มมากกว่าปกติ อาจมีผลต่อการส่งผ่านคลื่นวิทยุ ทำให้ระบบไม่สามารถอ่าน Easy Pass

ประโยชน์ของระบบค่าผ่านทางอัตโนมัติ (Easy Pass)

- แก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทาง
- สามารถระบายปริมาณจราจรผ่านช่องเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติได้สูงสุดถึง1,200คัน/ชั่วโมงในขณะที่ประสิทธิภาพของการให้บริการในระบบเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดสามารถระบาย ปริมาณจราจรได้เพียง 450 คัน/ชั่วโมง
- อำนวยความสะดวก รวดเร็วในการผ่านด่านเก็บค่าผ่านทางให้กับผู้ใช้บริการ โดยไม่ต้องรอใบรับค่าผ่านทางฯ ไม่ต้องรอคิวยาว ไม่ต้องเตรียมเงินให้ยุ่งยาก ไม่ต้องเปิดกระจกเพียงแค่วิ่งผ่านช่องทางEasy Passเท่านั้น
- ประหยัดเวลาและประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงในการเดินทางผู้ใช้บริการสามารถวางแผนการเดินทางและลดค่าใช้จ่ายได้
- ผู้ใช้บริการทางพิเศษสามารถใช้บัตรEasy Pass ร่วมกันได้ในทางพิเศษทุกสายทางทั้งในระบบเปิด (เก็บเงินอัตราเดียวที่ด่านฯทางเข้า) และระบบปิด (เก็บเงินที่ด่านฯทางออก)
- ส่งเสริมคุณภาพชีวิตให้กับสังคมผู้ใช้บริการและเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในทางพิเศษรวมทั้งลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมต่อชุมชนใกล้เคียงอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 คุณลักษณะของผู้ใช้ถนน, ยานพาหนะ

ลักษณะทั่วไปของการจราจรจะมีผลส่วนใหญ่มาจาก ผู้ใช้ถนน ยานพาหนะ ลักษณะทางกายภาพของถนน และการควบคุมการจราจร ทั้งนี้วิศวกรรมจราจรไม่สามารถควบคุมลักษณะของผู้ใช้ถนนหรือยานพาหนะได้ แต่สามารถที่จะศึกษาและเรียนรู้ลักษณะต่างๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบลักษณะทางกายภาพของถนน รวมทั้งสามารถควบคุมการจราจร เพื่อให้เกิดความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในการใช้งานต่อผู้ขับขี่และทรัพย์สินมากที่สุด

2.4.1.1 คุณลักษณะของผู้ใช้ถนน (Road User Characteristics)

ลักษณะของผู้ใช้ถนนจะมีความแตกแต่งกัน แยกออกเป็นปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก

ปัจจัยภายใน

ได้แก่ อายุ เพศ ประสบการณ์ ความชำนาญในการขับขี่ และสภาพร่างกาย โดยจะมีความแตกต่างกันในด้านของการมองเห็น การตัดสินใจ และระยะเวลาการตอบสนอง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วผู้ขับขี่ที่มีอายุมากจะมีการมองเห็นที่ค่อนข้างน้อย มีความรอบคอบในการขับขี่มากกว่าผู้ขับขี่ที่มีอายุน้อย

- ผู้ขับขี่ (Driver)

สมรรถภาพของผู้ขับขี่แต่ละครมีความแตกต่าง กันมากขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อายุ ประสบการณ์ความชำนาญการขับขี่ สมรรถภาพทางร่างกายขณะขับขี่ และลักษณะสภาพแวดล้อมของถนนที่ขับขี่ ซึ่งการเรียนรู้ถึงขีดความสามารถและปฏิกิริยาต่างๆ ของผู้ขับขี่ จะช่วยในการออกแบบควบคุม และกำหนดระบบการจราจรให้ตรงกับขีดความสามารถและลักษณะอุปนิสัยของผู้ขับขี่ นอกจากนี้ยังมีความแปรปรวนในผู้ขับขี่บางคน ภายใต้สถานการณ์ที่แตกต่างกัน เช่น ความเมื่อยล้าจากการขับขี่เป็นเวลานาน การดื่มของมึนเมา เป็นต้น

- การมองเห็น (Vision)

ความคมชัดในการมองเห็น (Visual Acuity) เป็นความสามารถในการมองเห็นวัตถุได้อย่างชัดเจน ซึ่งอาจแตกต่างกันในแต่ละบุคคล ในกรณีที่ความคมชัดในการมองเห็นแบบหยุดกับที่ (Static Visual) ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับความคมชัดในการมองเห็น ได้แก่ ความสว่าง (Brightness) ความแตกต่างระหว่างความมืดกับความสว่าง (Contrast)

การมองเห็นภาพจะมีลักษณะเป็นกรวยจอกว้าง (Peripheral Vision) และมีขอบเขตของมุมกรวยทำมุม 120°- 60° แต่ความคมชัดของภาพจะลดลงเมื่อมุมการมองเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเคลื่อนที่จะส่งต่อความสามารถในการมองเห็น โดยเมื่อความเร็วในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเคลื่อนที่จะส่งผลต่อความสามรถในการมองเห็นโดยเมื่อความเร็วในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น มุมกรวยการมองเห็นได้ชัดจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแคบลง เช่น ที่ความเร็ว 50 กม./ชม. มีมุมการมองเห็นได้ 90° ที่ความเร็ว 75 กม./ชม. มีมุมมองเห็นได้ลดลงเป็น 60° และที่ความเร็ว 100 กม./ชม. มีมุมการมองเห็นได้ 40° ความคมชัดของภาพที่ตาของคนปกติทั่วไปมองเห็นได้ชัดเจนที่สุด (Clearest Vision) จะอยู่ในพื้นที่รูปกรวย 3°- 5° และจะเห็นได้ค่อนข้างชัด (Fairly Clear Vision) จะอยู่ในพื้นที่รูปกรวย 10°- 12° ดังแสดงในรูปที่

- การได้ยิน (Hearing)

การได้ยินของผู้ขับขี่ ใช้หูเพียงรับฟังเสียงจากรถคันอื่น ซึ่งการได้ยินไม่ได้เป็นปัญหาหลักในการขับขี่ อีกทั้งปัจจุบันนี้มีเครื่องช่วยฟังเสียงสำหรับผู้พิการทางการได้ยิน ดันนั้นผู้ที่มีปัญหาในการได้ยินก็สามารถขับขี่ยานพาหนะได้อย่างปลอดภัย นอกจากนี้ยังพบว่ามีอุบัติเกิดขึ้นน้อยกว่าผู้ขับขี่ปกติ เพราะมีความระมัดระวังในการขับขี่มากกว่า

ปัจจัยภายนอก

ลักษณะทางกายภาพของถนน สภาพการจราจร สภาพอากาศและช่วงเวลาจะมีความแตกแต่งกัน ในกรณีที่สภาพการจราจรหนาแน่น ความเร็วในการขับขี่จะลดลงและต้องระมัดระวังมากขึ้น สภาพอากาศในช่วงฝนตกหรือมีหมอกควัน จะทำให้ผู้ขับขี่จำเป็นต้องระมัดระวังในการขับขี่ เนื่องจากถนนลื่นหรือมองเห็นถนนไม่ชัดเจน และช่วงเวลากลางคืนผู้ขับขี่ต้องระมัดระวังมากกว่าช่วงเวลากลางวัน นอกจากนี้ยังมีผู้ขับขี่ที่มีอาการมึนเมาเนื่องจากการดื่มแอลกอฮอล์ ส่งผลให้การมองเห็น และการตอบสนองต่อเหตุการณ์ไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งมีโอกาสเกิดอุบัติเหตุได้สูง

2.4.2 การศึกษาปริมาณจราจร

การศึกษาการจราจรเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาทางด้านวิศวกรรมการจราจรและการขนส่งและการออกแบบถนนให้มีความสามารถในการรองรับปริมาณจราจรโดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาปริมาณจราจร สามารถนำมาเป็นประโยชน์ในการช่วยพิจารณาตัดสินใจในด้านต่างๆได้ เช่น การการจราจร การลงทุนในการเพิ่มหรือขยายโครงข่ายทางหลวง การเลือกวิธีการควบคุมทางแยก ปรับปรุงสัญญาณไฟจราจรและการช่วยแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุ เป็นต้น ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงความหมาย ชนิดของปริมาณจราจร ลักษณะของปริมาณจราจร การแบ่งประเภทของยานพาหนะ ระดับการให้บริการของถนน ค่าความล่าช้า เป็นต้น ซึ่งข้อมูลต่างๆ เหล่านี้เป็นส่วนประกอบสำคัญในทำงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.1 ปริมาณจราจร

ปริมาณจราจร คือ จำนวนของยานพาหนะที่แล่นผ่านจุดหนึ่งหรือช่วงหนึ่งของถนนภายในช่วงเวลาหนึ่ง ปริมาณจราจรมีหน่วยเป็น คัน/เวลา เช่น คัน/ชั่วโมง (vph) ค่าของปริมาณจราจรนี้อาจแยกตามประเภทของยานพาหนะ เช่น รถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถประจำทาง รถบรรทุก รถจักรยาน หรือเป็นค่ารวมของยานพาหนะทุกประเภทการวัดปริมาณจราจรจะมุ่งเพื่อศึกษาความสำคัญของถนนแต่ละสาย ความเปลี่ยนแปลงตามเวลาของกระแสจราจร หรือเพื่อศึกษาดูว่าในถนนสายเดียวกัน การจราจรในแต่ละช่วงถนนจะแตกต่างกันหรือไม่ นอกจากนี้การศึกษาปริมาณจราจรยังสามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ได้อีกหลายอย่างดังนี้

- เลือกความกว้างของถนน ไหล่ทาง
- คำนวณออกแบบความหนาของโครงสร้างถนน
- พิจารณาความจำเป็นในการนำเครื่องมือมาใช้ในการควบคุมการจราจร เช่น การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร
- วางผังทางยกให้ดีขึ้น
- กำหนดแนวโน้มของการขยายตัวของการจราจร
- การคะเนอัตราการเกิดอุบัติเหตุ
- จัดระดับความสำคัญในการปรับปรุงการจราจร
- เปรียบเทียบหรือสนับสนุนโครงการต่างๆ โดยอาศัยข้อมูลปริมาณจราจร เพื่อคำนวณผลทางด้านเศรษฐศาสตร์

2.4.2.2 ความต้องการ (Traffic Demand)

คือจำนวนยานพาหนะที่วิ่งข้าสู่จุดสำรวจ (Arriving Traffic) ในระหว่างช่วงเวลาที่ทำการสำรวจ ซึ่งถ้าจำนวนยานพาหนะที่วิ่งเข้าสู่จุดสำรวจมากกว่าจำนวนยานพาหนะที่วิ่งผ่านจุดสำรวจจะทำให้เกิดแถวคอย (Queue)

2.4.2.3 ความจุของถนน (Capacity)

คืออัตราการไหลสูงสุดที่วิ่งผ่านถนนช่วงใดช่วงหนึ่งโดยไม่เกิดแถวคอย ดังนั้นถ้าความต้องการ (Demand) น้อยกว่าความจุของถนนปริมาณจราจรมีค่าเท่ากับความต้องการ

2.4.3 ชนิดของปริมาณจราจร

การศึกษาข้อมูลของปริมาณจราจร จะขึ้นอยู่กับความละเอียด และขนาดของข้อมูลที่ต้องการความละเอียดของข้อมูลหมายถึง ประเภทของยานพาหนะ ลักษณะของผู้ใช้ถนน ทิศทางการเคลื่อนที่ เป็นต้น ส่วนขนาดของข้อมูลจะหมายถึง เวลาที่ทำการนับปริมาณจราจร ซึ่งทั้งสองสิ่งนี้จะขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการนำข้อมูลไปใช้ โดยถ้าคิดถึงการเปลี่ยนแปลงของช่วงเวลาที่นับจะได้ชนิดของปริมาณจราจร ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ปริมาณจราจรในหนึ่งปี (Annual Traffic) ซึ่งหมายถึง จำนวนขานพาหนะที่ผ่านจุดนับในเวลาหนึ่งปี การเก็บข้อมูลนี้ต้องใช้เวลาหนึ่งปี ซึ่งใช้เวลานาน และสิ้นเปลืองงบประมาณมาก จุดประสงค์ของการหาข้อมูลประเภทนี้จึงต้องมีความสำคัญมาก เช่น การศึกษาการเดินทางในภูมิภาคต่างๆ การคาดคะเนรายได้ของด่านเก็บค่าธรรมเนียมรถ เป็นต้น

$$AADT = \frac{\text{ปริมาณจราจรทั้งหมดในหนึ่งปี}}{365 \text{ วัน}}$$

2. ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันหรือปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันทั้งปี (Average Daily Traffic or Annual Average Daily Traffic) ซึ่งหมายถึง จำนวนยานพาหนะที่ผ่านจุดนับโดยเฉลี่ยในเวลาหนึ่งวัน (ของทั้งสัปดาห์เดือนหรือปี) ข้อมูลประเภทนี้มักจะนำไปใช้ในการกำหนดพื้นที่สำหรับขยายเส้นทาง หรือปรับปรุงเส้นทางเดิม การตั้งงบประมาณในการก่อสร้าง การศึกษาพฤติกรรมของการจราจรในปัจจุบันเป็นต้น

$$ADT = \frac{\text{ปริมาณการจราจรทั้งหมดที่สำรวจได้}}{\text{จำนวนวันที่สำรวจ}}$$

3. ปริมาณจราจรต่อชั่วโมง (Hourly Traffic) ซึ่งหมายถึง จำนวนยานพาหนะที่ผ่านจุดนับในเวลาหนึ่งชั่วโมง ข้อมูลประเภทนี้มักนำไปใช้ในการออกแบบทางเรขาคณิต วางผังของถนนและทางแยก ใช้ในการออกแบบติดตั้งป้ายเครื่องหมายจราจรและสัญญาณไฟจราจร การศึกษาลักษณะการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน เป็นต้น

4. ปริมาณจราจรต่อช่วงเวลาสั้น (Short Period Traffic) ซึ่งหมายถึงช่วงเวลาที่ใช้ในการหาข้อมูลนี้ อาจจะเป็น 5, 10 หรือ 15 นาที่ แล้วขยายค่าที่ได้เป็นปริมาณการจราจรในหนึ่งชั่วโมง เหตุผลของการใช้เวลาสั้น ก็เพื่อศึกษาลักษณะ และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสูงสุด หรือปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน

2.4.4 ระยะเวลานับรถ

ระยะเวลาที่ใช้ในการนับจะขึ้นอยู่กับงบประมาณและจุดมุ่งหมายของการนำข้อมูลที่ได้ไปใช้สำหรับการจราจรปกติทั่วไป การนับรถอาจเลือกศึกษาได้หลายวิธี ดังนี้

1. การนับ 24 ชั่วโมง เพื่อหาปริมาณจราจรในหนึ่งวัน จะกระทำที่วันหนึ่งๆ ของสัปดาห์ ตั้งแต่เที่ยงคืนถึงเที่ยงคืนของอีกวัน แต่ถ้าจะดูลักษณะการจราจรของวันทำงานในสัปดาห์ ก็มักจะเลือกนับตั้งแต่เที่ยงวันของวันจันทร์ถึงเที่ยงวันของวันศุกร์ โดยกำหนดเลือกการจราจรในช่วง 24 ชั่วโมง ทั้งนี้เพราะในช่วงเช้าวันจันทร์ และเย็นวันศุกร์ การจราจรจะไม่เหมือนกับปกติซึ่งมีอิทธิพลของวันหยุดมากระทบ

2. การนับ 16 ชั่วโมง โดยเริ่มตั้งแต่ 06:00 น ถึง 22:00 น. ซึ่งกระแสการจราจรส่วนใหญ่ของแต่ละวันจะอยู่ในช่วงระยะเวลานับนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

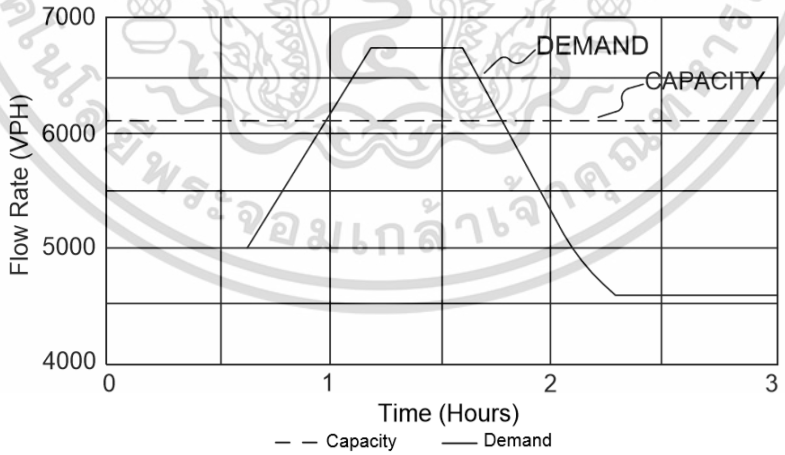
3. การนับ 12 ชั่วโมง ระยะเวลานับจะอยู่ในช่วง 07:00 น. ถึง 19:00 น. ซึ่งจะกลุ่มการจราจรในช่วงทำงานทั้งหมด เหมาะสมสำหรับถนนในย่านชุชน และแหล่งพาณิชย์ ถ้าพื้นที่ไหนมีร้านค้า หรือร้านสรรพสินค้าที่ปิดดึก การนับก็ควรขยายออกให้คลุมเวลาเหล่านี้ด้วย

4. การนับในช่วงเวลาเร่งด่วน ช่วงเวลาเร่งด่วนในแต่ละวันจะมีสองช่วง คือ ช่วงไปทำงาน และช่วงกลับจากทำงานการนับการจราจรในชั่วโมงเร่งควนช่วงเช้าจะเริ่มนับตั้งแต่ 07:00 น. ถึง 09:00 น. หรือจนถึง 09:30 น. สำหรับการนับในช่วงเย็นของเวลาเร่งด่วน จะอยู่ระหว่าง 16:00 น. จนถึง 18:00 น. หรืออาจจะนับตั้งแต่เวลา 10:00 น. จนถึง 18:00 น. ซึ่งในการศึกษานี้ได้ใช้ระยะเวลานับรถในช่วงเวลาเร่งด่วนในวันปรกติทั้งช่วงเช้าและเย็น

5. การนับในช่วงวันหยุด ช่วงเวลาของการราจรในวันหยุดปรกติ เริ่มตั้งแต่ 18:00 น. ของเย็นวันศุกร์ จนถึงเวลา 06:00 น ของเช้าวันจันทร์ ซึ่งอาจมีแตกต่างกันในหนึ่งเดือนหรือแตกต่างกันตามฤดูกาล

ความต้องการ (Traffic Demand) คือจำนวนยานพาหนะที่วิ่งข้าสู่จุดสำรวจ (Arriving Traffic) ในระหว่างช่วงเวลาที่ทำการสำรวจ ซึ่งถ้าจำนวนยานพาหนะที่วิ่งเข้าสู่จุดสำรวจมากกว่าจำนวนยานพาหนะที่วิ่งผ่านจุดสำรวจจะทำให้เกิดแถวคอย (Queue)

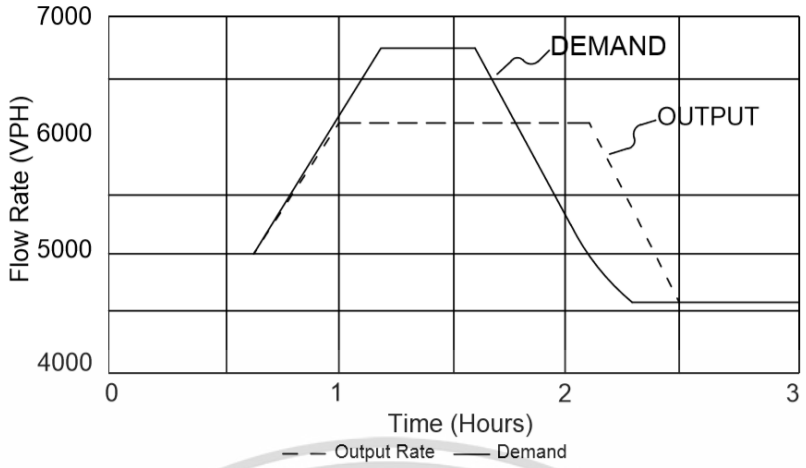
ความจุของถนน (Capacity) คืออัตราการไหลสูงสุดที่วิ่งผ่านถนนช่วงใดช่วงหนึ่งโดยไม่เกิดแถวคอย ดังนั้นถ้าความต้องการ (Demand) น้อยกว่าความจุของถนนปริมาณจราจรมีค่าเท่ากับความต้องการ พิจารณาจากกราฟ



(a) Demand and capacity, as they would appear at the measurement point

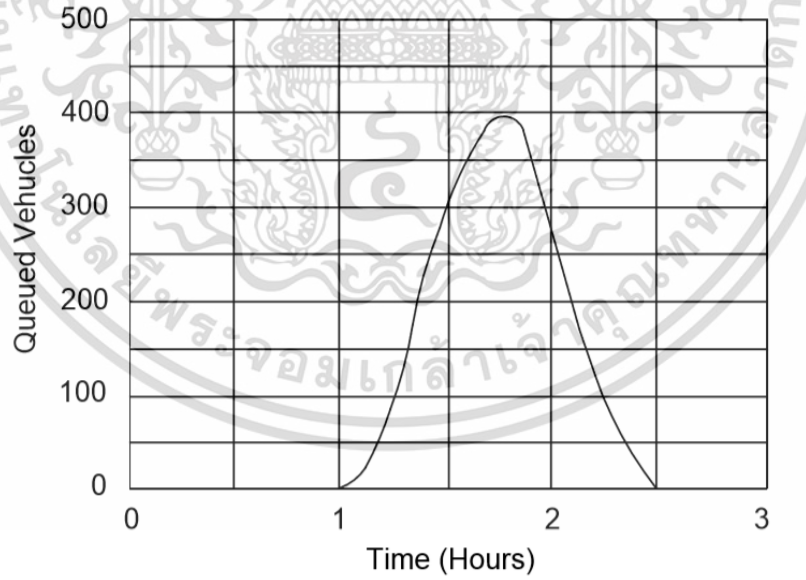
จากกราฟที่ 1 ช่วงเวลาที่ 1 – 2 ชั่วโมง ปริมาณจราจร Traffic Demand มีค่ามากกว่าความจุของถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(b) Volume pattern distoried by capacity limit

จากกราฟที่ 2 เมื่อ Traffic demand เพิ่มสูงขึ้นจนถึงปริมาณความจุของถนนที่มีอัตราการไหลสูงสุดแล้วปริมาณการจราจรจะมีอัตราการไหลสูงสุด แต่ Traffic demand ยังคงเพิ่มสูงขึ้นจนมากกว่าความจุของถนนในช่วงเวลา 1-2 ชั่วโมงทำให้เกิดแถวคอย ถัดจากชั่วโมงที่ 2 Traffic demand ค่อยๆ ลดลงแต่อัตราการไหลยังคงสูงสุดเนื่องจากระบบต้องรอการระบายแถวคอยจนหมดปริมาณการจราจรจึงจะเข้าสู่ Traffic demand



(c) Queue that results if upstream extent is not taken into account

จากกราฟที่ 3 แสดงปริมาณแถวคอยในช่วงเวลา 1-2 ชั่วโมง แถวคอยจะค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นจนถึงจุดที่ Traffic demand เท่ากับ Capacity แถวคอยจะรอการระบายและค่อยๆลดลงจนหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 การเก็บข้อมูลปริมาณจราจร

การเก็บข้อมูลปริมาณจราจร คือ การรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อใช้ในการประกอบการวางแผน ออกแบบ และการดำเนินการทางด้านการจราจร การวิเคราะห์ความเหมาะสมทางเศรษฐกิจ การควบคุมด้านการจราจรและสภาพแวดล้อม ตลอดจนการค้นคว้าวิจัยเพื่อใช้ปรับปรุงมาตรฐานการออกแบบให้มีความถูกต้องสมบูรณ์และทันสมัยยิ่งขึ้น หน่วยของปริมาณจราจรจะอยู่ในรูปของคันต่อชั่วโมง (Vehicle per hour; vph) คันต่อวัน (vehicle per day; bpd) หรืออาจอยู่ในรูปของต่อช่องจราจร เช่น คันต่อชั่วโมงต่อหนึ่งช่องจราจร (vehicle per hour per lane; vphpl) เป็นต้น

การสำรวจปริมาณการจราจร หมายถึง การนับจำนวนรถที่เคลื่อนที่ผ่านในบริเวณที่กำหนด ภายในระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย ได้แก่

- เพื่อการแบ่งประเภทถนน
- เพื่อการประเมินสภาพการจราจรและระดับการให้บริการ ณ ปัจจุบัน
- เพื่อการวางแผนปรับปรุงขยายถนน
- เพื่อการวางแผนระบบควบคุมการจราจร
- เพื่อการคาดการณ์ปริมาณจราจรในอนาคต

การสำรวจปริมาณการจราจร จะทำให้ทราบว่าถนนที่ทำการศึกษา มีปริมาณจราจรสูงกว่าหรือน้อยกว่าค่าความจุของถนน (Capacity) ซึ่งถ้าปริมาณจราจรมีค่าใกล้เคียงกับค่าความจุของถนน จะทำให้เกิดความล่าช้าในการเดินทาง ก่อให้เกิดการสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจ มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุสูงขึ้น ข้อมูลปริมาณจราจรจึงสามารถบอกได้ว่าถนนเส้นนั้นควรมีการปรับปรุงหรือไม่ ตลอดจนยังสามารถนำไปใช้ในการหาอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณจราจร (growth rate) สำหรับคาดการณ์ปริมาณจราจรในอนาคต เพื่อการวางแผนการรองรับปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

การเก็บข้อมูลปริมาณจราจร สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่

1. การสำรวจโดยใช้วิธีคนนับ (Manual Count Method) เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก โดยจะนับปริมาณจราจรที่แล่นผ่านจุดที่กำหนด ซึ่งอาจใช้เครื่องมือช่วยนับรถ (Traffic Counter) เพื่อป้องกันความผิดพลาด รวมทั้งมีความเหมาะสมสำหรับการนับรถแบบแยกประเภทด้วย ซึ่งการแยกประเภทรถและการสำรวจปริมาณรถเลี้ยว มีความสำคัญต่อการออกแบบระบบการควบคุมการจราจรตรงบริเวณทางแยก เช่น ระบบสัญญาณไฟ การกำหนดพื้นที่จอดรถ การออกแบบทางเรขาคณิตทางแยกที่เหมาะสม การจัดช่องจราจร เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การสำรวจโดยใช้เครื่องมือ (Mechanical Count Method) เครื่องมือที่ใช้ จะประกอบไปด้วย ตัวจับคลื่น (detector) และเครื่องนับ (counter) โดยตัวจับคลื่นจะเป็นส่วนสำคัญในการนับรถ เปรียบได้กับคนนับรถในวิธีคนนับ แล้วส่งสัญญาณไปยังเครื่องนับ โดยตัวจับคลื่นนั้น
มีหลายชนิด ได้แก่

- ชนิดใช้ความดัน (Pneumatic Detector)
- ชนิดใช้ของเหลวแทนความดัน (Hydraulic Detector)
- ชนิดโลหะกระทบ (Positive Contact Detector)
- ชนิดใช้สนามแม่เหล็ก (Magnetic Detector)
- ชนิดใช้ลำแสง (Photo Electric Eyes, Radar, infrared, or Ultrasonic Beams)

สำหรับประเทศไทย จะนิยมใช้ชนิดใช้ความดัน ซึ่งประกอบไปด้วย สายยางสำหรับวางพาดบนผิวถนน เมื่อมียานพาหนะแล่นผ่านสายยาง จะเกิดความดันส่งคลื่นไปยังเครื่องนับ เพื่อบันทึกจำนวนรถ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเครื่องมือชนิดนี้จะออกแบบให้ล้อทับสองครั้งมีการนับเท่ากับรถหนึ่งคัน ซึ่งกรณีที่มีรถมากกว่า 2 เพลา เช่น รถบรรทุก จะส่งผลให้ค่าคลาดเคลื่อนไปได้

โดยข้อดีของวิธีการสำรวจโดยใช้เครื่องมือนั้น คือ สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการนับปริมาณจราจรที่มีระยะเวลาเป็นเวลานาน เช่น การนับปริมาณจราจรตลอดทั้งสัปดาห์ เดือน หรือปี และยังสามารถใช้ได้ทั้งกลางวันและกลางคืน ซึ่งมีข้อเสีย คือ ไม่สามารถนับรถแบบแยกประเภทได้ ไม่สามารถนับปริมาณรถเลี้ยว สายยางที่ใช้อาจมีการชำรุดได้ และต้องมีการปรับแก้ข้อมูลในบริเวณที่มีรถบรรทุกมาก

3. การสำรวจโดยใช้ภาพถ่าย (Photographic Techniques) การใช้ภาพถ่าย เป็นการนับปริมาณจราจรที่ปรากฏในภาพถ่ายหรือวีดีทัศน์ ซึ่งจะได้ผลอย่างถูกต้องแน่นอน แต่เป็นการสำรวจที่มีค่าใช้จ่ายจะสูง โดยภาพถ่ายส่วนใหญ่จะเป็นภาพถ่ายจากที่สูง เพราะเป็นจุดที่สามารถมองเห็นได้ทั่วบริเวณ

ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษาและการนำข้อมูลไปใช้ ซึ่งส่วนใหญ่จะเก็บในช่วงเวลาเร่งด่วน (Peak Hour Count) โดยจะเก็บข้อมูลประมาณ 4 ชั่วโมงต่อวัน

2.4.6 ระดับการให้บริการ (Level of Service)

ระดับการให้บริการ เป็นมาตรวัดในเชิงคุณภาพ (Qualitative Measure) โดยสามารถบอกได้ถึงคุณภาพในการให้บริการของถนนนั้นๆ เช่น สภาพการจราจร ความคล่องตัวของกระแสจราจร ความมีอิสระในการขับขี่หรือในการใช้ความเร็ว โดยจะแสดงเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ 6 ตัว ได้แก่ A, B, C, D, E และ F ซึ่งค่าแต่ละค่าจะแสดงถึงลักษณะและสภาพการจราจรที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของถนนที่มีความแตกต่างกัน จะส่งผลต่อความสามารถในการให้บริการ แตกต่างกันไปด้วย ซึ่งในแต่ละลักษณะของถนนนั้นก็จะมีเกณฑ์สำหรับระดับการให้บริการที่แตกต่างกันไป โดยทั่วไปเกณฑ์ที่ใช้กำหนดระดับการให้บริการของถนนจะอ้างอิงตาม Highway Capacity Manual ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ถึงตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.1 แสดงเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดค่าระดับการให้บริการของถนนที่มีลักษณะการไหล แบบไม่มีการกีดขวาง (Uninterrupted Flow)

ประเภทของถนน	**เกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดระดับการให้บริการ**
Two-lane highway	ความเร็ว (Speed) และร้อยละของเวลาที่ต้องขับตาม (percent time-spent-following)
Multilane highway	ความหนาแน่น (Density)
Freeway: Basic Segment	ความหนาแน่น (Density)
Freeway: Ramp Merge	ความหนาแน่น (Density)
Freeway: Ramp Diverge	ความหนาแน่น (Density)
Freeway: Weaving	ความเร็ว (Speed)

ตารางที่ 2.2 แสดงเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดค่าระดับการให้บริการของถนนที่มีลักษณะการไหล แบบมีการกีดขวาง (Interrupted Flow)

ประเภทของถนน	**เกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดระดับการให้บริการ**
Urban street	ความเร็ว (Speed)
Signalized intersection	ความล่าช้า (Delay)
Two-way stop intersection	ความล่าช้า (Delay)
All-way stop intersection	ความล่าช้า (Delay)
Roundabout	n/a
Interchange ramp terminal	ความล่าช้า (Delay)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงการวิเคราะห์ระดับการให้บริการของถนน (Highway Capacity Manual)

Level of Service	Density Range for Basic Freeway Section (pc/mi/ln)	Density Range for Multilane Highways (pc/mi/ln)
A	≥ 0 , ≤11	≥ 0 , ≤11
B	≥ 11 , ≤18	≥ 11 , ≤18
C	≥ 18 , ≤26	≥ 18 , ≤26
D	≥ 26 , ≤35	≥ 26 , ≤35
E	≥ 35 , ≤45	≥ 35 , ≤ (45-45) (Depending on FFS)
F	> 45	> (45-45) (Depending on FFS)

คำอธิบายค่าระดับการให้บริการแต่ละระดับ

ระดับการให้บริการ A (Level of service A)

ระดับการให้บริการที่ยวดยานสามารถเคลื่อนที่ได้โดยอิสระ ด้วยความเร็วอิสระ (Free-flow speed) นั่นคือผู้ขับขี่ยวดยานสามารถเลือกความเร็วในการสัญจรได้โดยอิสระโดยไม่ได้รับอิทธิพลจากยวดยานกันอื่นในกระแสราจร การสัญจรของยวดยานจะไม่ได้ถูกรบกวนจากยวดยานกันอื่นแม้ในสภาพการจราจรที่มีความหนาแน่นสูงสุดของระดับการให้บริการ A ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างยวดยานจะมีค่าประมาณ 167 เมตร (550 ฟุต) หรือเทียบเท่ากับความยาวโดยประมาณของรถยนต์27 กัน เป็นระดับการให้บริการที่ทำให้เกิดความสบายในการขับขี่มากที่สุด อุบัติเหตุและสภาพถนนที่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่จะไม่ส่งผลกระทบมากนักที่ระดับการให้บริการนี้

ระดับการให้บริการ B (Level of service B)

ยังเป็นระดับการให้บริการที่ขวดยานสามารถเคลื่อนที่ได้โดยอิสระ และยังสามารถเลือกใช้ความเร็วในการสัญจรได้โดยอิสระ ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างยวดยานจะมีค่าประมาณ 100 เมตร (330 ฟุต) หรือเทียบได้กับความยาวของรถยนต์ 16 กัน การเปลี่ยนช่องจราจรอาจถูกจำกัดบ้างเพียงเล็กน้อย โดยรวมแล้วยังคงเป็นระดับการให้บริการที่ทำให้เกิดความสบายในการขับขี่ เช่นเดียวกับระดับการให้บริการ อุบัติเหตุและสภาพถนนที่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่จะไม่ส่งกระทบต่อสภาพการจราจรมากนักที่ระดับการให้บริการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับการให้บริการ D (Level of service D)

เป็นระดับการให้บริการที่ความเร็วในการสัญจรเริ่มลดลงเล็กน้อย ขณะที่ปริมาณจราจรและความหนาแน่นเริ่มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ความมีอิสระในการสัญจรในกระแสจราจรถูกจำกัดมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ทำให้ความสบายในการขับขี่ลดลงและเกิดความเครียดในการขับขี่เพิ่มขึ้น อุบัติเหตุเพียงเล็กน้อยก็ทำให้เกิดการจราจรติดขัดขึ้นได้ที่ระดับการให้บริการนี้ เพราะมีพื้นที่ในการสัญจรและใช้ในการหลบหลีกลดลง ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างยวดยานเท่ากับ 50 เมตร (160 ฟุต) หรือเทียบได้กับความยาวของรถยนต์ 8 คัน

ระดับการให้บริการ E (Level of service E)

เป็นระดับการให้บริการที่ระดับสูงสุดที่ถนนจะสามารถรองรับปริมาณจราจรได้ การสัญจรเป็นได้ด้วยความยากลำบาก ช่วงห่างระหว่างยวดยานไม่แน่นอน โดยประมาณแล้วเทียบได้กับความยาวของรถยนต์6 กัน ทำให้มีพื้นที่ในการสัญจรและเปลี่ยนช่องจราจรน้อยลง ยังคงใช้ความเร็วได้มากกว่า 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (50 ไมล์ต่อชั่วโมง) การขัดกระแสจราจรเพียงเล็กน้อยไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนช่องจราจร หรือการที่รถวิ่งออกจากทางเชื่อมเข้ามาในกระแสจราจรหลัก ฯลฯ สามารถทำให้เกิดกระแสการจราจรติดขัด (Shockwave) ย้อนกลับไปยังกระแสจราจรต้นทางได้ ที่ระดับการจราจรสูงสุดนี้ ถ้ามีอุบัติเหตุเกิดขึ้นแม้พียงเล็กน้อย ก็สามารถทำให้เกิดการจราจรติดขัดอย่างรุนแรงได้ เนื่องจากไม่มีพื้นที่เพียงพอสำหรับระบายการจราจร และเป็นสภาพการจราจรที่ส่งผลให้เกิดความอึดอัดและความเครียดต่อผู้ขับขี่เป็นอย่างมาก

ระดับการให้บริการ F (Level of service F)

เป็นระดับการให้บริการที่เกิดสภาพการจราจรติดขัดของกระแสจราจร ซึ่งโดยทั่วไปจะสังเกตได้จากแถวคอยที่เกิดขึ้นด้นหลังจุดที่เกิดการติดขัด การติดขัดของกระแสจราจรเกิดจากสาเหตุหลักดังนี้

- อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นชั่วขณะ ส่งผลให้ถนนช่วงที่เกิดอุบัติเหตุนั้นมีความสามารถในการรองรับปริมาณจราจรลดลง นั่นคือจำนวนรถยนต์ที่วิ่งเข้ามามากกว่าจำนวนรถยนต์ที่ถูกระบายออกไปจากจุดดังกล่าวมีปริมาณจราจรวิ่งเข้าสู่ตำแหน่งที่เกิดการขัดแย้งกันของกระแสจราจร อาทิตำแหน่งที่กระแสจราจรรวมเข้าด้วยกัน (Merging) ตัดกัน (Weaving) หรือตำแหน่งที่จำนวนช่องจราจรลดลง (Lane drop) ฯลฯ มากกว่าปริมาณจราจรที่วิ่งออกจากตำแหน่งนั้น
- การคาดการณ์ปริมาณจราจรที่ผิดพลาดทำให้ปริมาณจราจรสูงสุดในชั่วโมง (Peak-hour flow rate) สูงเกินกว่าความสามารถรองรับปริมาณจราจรของถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.13 แสดงสภาพการจราจรที่ระดับการให้บริการ A ถึง F

2.4.7 การศึกษาความเร็ว (Speed Studies)

ความเร็วเป็นคุณลักษณะที่สำคัญอย่างหนึ่งของการจราจรและทางด้านวิศวกรรมจราจร เนื่องจากผู้ใช้รถจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับความเร็วอันจะส่งผลทางเศรษฐศาสตร์ ความปลอดภัย เวลาการเดินทาง และความสะดวกสบาย อาจกล่าวได้ว่าความเร็วยังเป็นตัวบ่งชี้ “คุณภาพของการเคลื่อนที่ขอการจราจร”

ความเร็ว คือ อัตราการเคลื่อนที่ของการจราจร การวัดอัตราการเคลื่อนที่ เฉลี่ยของยานพาหนะต่อระยะทาง หน่วยของความเร็วนิยมใช้เป็น กิโลเมตรต่อชั่วโมง (Km/hr., KPH) การวัดความเร็วเฉลี่ยแบ่งได้เป็น 2 ชนิด

- ความเร็วที่จุด (Spot Speed)
- ความเร็วขณะเดินทาง (Travel Speed)

นอกจากนี้ยังมี ความเร็วขณะวิ่ง (Running Speed) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยความเร็วขณะที่รถกำลังวิ่งซึ่งคำนวณได้จากความสัมพันธ์ของอัตราส่วนระหว่างระยะการเดินทางกับเวลาเดินทางขณะรถกำลังวิ่งโดยไม่รวมเวลาขณะรถหยุด ในส่วนของความเร็วขณะเดินทาง (Travel Speed) เป็นค่าเฉลี่ยความเร็วของการเดินทาง ซึ่งคำนวณได้จากความสัมพันธ์ของอัตราส่วนระหว่างการเดินทางกับเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทาง โดยรวมเวลาที่รถหยุดเนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น การจราจรติดขัด รถหยุดรอรถไฟ หยุดเนื่องจากการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งเวลาเหล่านี้เรียกว่า ความล่าช้า (Delay) ความเร็วขณะวิ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ความเร็วขณะวิ่ง} = \frac{\text{ระยะทางการเดินทาง}}{\text{เวลาการเดินทาง} - \text{ความล่าช้า}}$$

หากอัตราการความเร็วขณะเดินทางต่ำและความเร็วขณะวิ่งสูง จะแสดงให้เห็นว่าถนนสายนั้นมีการหยุดบ่อยครั้งหรืออาจเกิดปัญหาจราจรติดขัดในทางกลับกันถ้าความเร็วขณะเดินทางมีอัตราเท่ากับหรือใกล้เคียงความเร็วขณะรถวิ่งแสดงว่าถนนสายนั้นไม่มีการติดขัด สามารถเดินทางได้อย่างสะดวก

ความเร็วที่จุด (Spot Speed or Time-Mean Speed)

ความเร็วที่จุดแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

- ความเร็วเฉลี่ยที่อิงเวลา (Time-Mean Speed) คือค่าเฉลี่ยความเร็วของรถทุกคันที่วิ่งผ่านจุดใดจุดหนึ่งในช่วงเวลาที่กำหนด

$$\bar{u}_t = \frac{\sum u_i}{N}$$

- ความเร็วเฉลี่ยที่อิงระยะทาง (Space-Mean Speed) คือค่าเฉลี่ยความเร็วของรถทุกคันที่วิ่งผ่านช่วงถนนที่ค่อนข้างยาวในขณะใดขณะหนึ่ง โดยการเฉลี่ยค่าของเวลาที่รถแต่ละคันใช้วิ่งบนช่วงความยาวที่กำหนดนั้น

$$\bar{u}_s = \frac{d}{\sum (\frac{t_i}{N})} = \frac{dN}{\sum t_i}$$

ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็ว

1. คนขับ *(Drivers)* โดยคนขับขี่จะขับเร็วหรือขับช้าขึ้นกับ
   - ระยะทาง
   - จำนวนและประเภทผู้โดยสา
   - เพศและอายุของคนขับ
2. ยานพาหนะ *(Vehicles)* ความเร็วของรถบนถนน โดยทั่วไปจะแปรเปลี่ยนตาม
   - ชนิดของยานพาหนะ
   - อายุการใช้งาน
   - น้ำหนัก
   - สภาพและกำลังเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ถนน (Roads) นอกเหนือจากคนขับและยานพาหนะแล้ว ประเภทและสภาพของถนนยังมีส่วนสำคัญทำให้ความเร็วของรถยนต์บนถนนแปรเปลี่ยนไป

- ประเภทของถนน
- สภาพของผิวจราจร
- จำนวนช่องจราจร
- ระยะมองเห็นและรัศมีความโค้ง

4. สภาพการจราจร (Traffics)

- ปริมาณจราจรและความหนาแน่น
- อัตราความเร็วที่กำหนด
- สภาพและอุปกรณ์ควบคุมการจราจร

5. สภาพแวดล้อม

- เวลา
- ฤดูกาล
- สภาพภูมิอากาศ
- ลักษณะการใช้ที่ดิน
- สภาพภูมิประเทศ

2.4.8 การศึกษาอุบัติเหตุ (Accident Studies)

จำนวนอุบัติเหตุในประเทศไทยนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องนับตั้งแต่ช่วงวิกฤตเศรษฐกิจในปี 2542 แต่แนวโน้มจำนวนผู้เสียชีวิตอันเนื่องมาจากอุบัติเหตุมีแนวโน้มที่ลดลงโดยในปัจจุบันหลายหน่วยงานตระหนักถึงปัญหาจำนวนอุบัติเหตุที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปีโดยมีทั้งที่ดำเนินการจัดทำการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน ดำเนินการศึกษาและวิเคราะห์อุบัติเหตุเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหา รวมถึงการรณรงค์เพื่อความปลอดภัยในการเดินทางโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเทศกาลสำคัญที่มีอัตราการเดินทางที่เพิ่มสูงขึ้นกว่าปกติ

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนช.) ก็เป็นหน่วยงานหนึ่งที่ได้เล็งเห็นและตระหนักถึงความสำคัญปัญหาอุบัติเหตุการจราจรทางบกที่ทำให้เกิดวามสูญเสียทั้งต่อชีวิตและทรัพย์สินในแต่ละปีเป็นจึงได้เร่งดำเนินการเพื่อการแก้ไขปัญหาโดยได้ร่วมมือกับคณาจารย์ที่มีความเชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยทางถนนจัดทำหลักสูตรการฝึกอบรม "การตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน (Road Safely Audit)" ขึ้น เพื่อให้ความรู้ความเข้าใจในเรื่องการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนนและความรู้ด้านความปลอดภัยทางถนนอื่นๆ แก่วิศวกรและเจ้าหน้าที่หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับงานด้านความปลอดภัยทางถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน (Road Safety Audit, RSA) เป็นวิธีการเชิงรุก (Pro-active Approach) กล่าวคือ แทนที่จะรอให้อุบัติเหตุจราจรเกิดขึ้นเสียก่อนแล้วจึงค่อยศึกษาและวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางแก้ปัญหา RSA จะสามารถดำเนินการเผื่อตรวจสอบก่อนได้ว่าถนน ทางแยก หรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องมีข้อบกพร่องในด้าน ความปลอดภัยหรือไม่อย่างไร และเสนอแนะแนวทางแก้ไข

สาเหตุของอุบัติเหตุและวิธีการด้านความปลอดภัยบนถนน

ปัจจัยหลักของการเกิดอุบัติเหตุ แบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ

1. ปัจจัยเนื่องจากคน (Human Factors)
    - ผู้ขับขี่
    - คนเดินเท้า
2. ปัจจัยเนื่องจากยานพาหนะ (Vehicle Factors)
3. ปัจจัยเนื่องจากถนนและสภาพแวดล้อม (Roadway and Environment Factors)
    - สภาพถนน
    - สภาพภูมิอากาศ

ปัจจัยเสริมให้เกิดอุบัติเหตุ (Contribution Factors)

เนื่องจากในหลายๆสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าอุบัติเหตุนั้นเกิดมาจากสาเหตุใดตัวอย่างเช่น ผู้ขับขี่คนหนึ่งกำลังขับรถมึนเมา โดยมีฝนตกหนักมองเห็นเส้นทางไม่ชัดเจน ได้ขับรถเข้าโค้งที่แคบ (shape curve) แล้วรถไถลไปชนรถช้างเคียงที่วิ่งตามมาจากตัวอย่างไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น เกิดจากคนขับมึนเมา หรือฝนตกหนัก หรือโค้งที่แคบดังนั้นในหลายๆ กรณีของการเกิดอุบัติเหตุจะมีลักษณะของการเกิดต่อเนื่องกันก่อนเกิดอุบัติเหตุ (Chain of Reactions) เช่น คนขับมอเตอร์ไซต์กำลังขับรถเข้าสู่ทางแยก มีแผ่นป้ายโฆษณาบดบังแนวสายตา ประกอบกับมีรถบรรทุกวิ่งมาด้วยความเร็วสูง แล้วชนกับมอเตอร์ไซต์ที่ทางแยก จะเห็นได้ว่า การมีป้ายโฆษณาอย่างเดียวหรือรถบรรทุกวิ่งอย่างเดียว การชนอาจไม่เกิดขึ้น แค่รถบรรทุกที่วิ่งเร็วประกอบกับรถมอเตอร์ไซค์ที่วิ่งมาถึงทางแยกพอดี และรถมอเตอร์ไซต์มองไม่เห็นรถบรรทุก จึงทำให้เกิดการชนกัน อาจกล่าวได้ว่า การชนกันเกิดขึ้นเมื่อเหตุการณ์อย่างน้อยสองอย่างเกิดขึ้นต่อเนื่องกันนั่นเองจากตัวอย่างข้างคัน ถ้าสามารถลดปัจจัยตัวหนึ่งตัวใดหรือตัดวงจรที่จะนำไปสู่อุบัติเหตุ ก็จะสามารถแก้ไขหรือบรรเทาอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นได้ จึงเป็นที่มาของหลักการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน(Road Safety Audit) หน่วยงานการทำงานลดอุบัติภัยที่เกิดขึ้นบนท้องถนน (2549) ได้เสนอว่า แทนที่จะค้นหาลาเหตุหรือหาว่าใครเป็นผู้ผิด หรือหาว่าใครควรเป็นผู้รับผิดชอบ เราควรจะพยายามระบุปัจจัยที่เสริมให้เกิดอุบัติเหตุ (contribution factors) แล้วหาวิธีกำจัดปัจจัยนั้นๆ หรือปรับให้เหมาะสมสำหรับปัจจัยบางอย่างที่แก้ไขได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.8.1 วิธีการด้านความปลอดภัยบนถนน

การดำเนินการปรับปรุงจำความปลดภัยห้องดหงขึ้นกับฟังจันที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุดังกล่าวข้างต้น อย่างไรก็ตาม วิศวกรจราจรทำได้พียงกรควบคุมปัจจัยเนื่องจากถนนโดยการออกแบบให้มีความปลอดภัย สำหรับผู้ใช้รถใช้ถนน กำหนดมาตรการเพื่อควบคุมความปลอดภัยในการใช้รถใช้ถนนในส่วนของปัจจัย เนื่องจากคนนั้น วิศวกรจราจรอาจเกี่ยวข้องโดยการอบรมให้ความรู้และมารยาทในการขับขี่การแก้ไข ปัญหาเฉพาะหน้ากรณีเกิด อุบัติเหตุ ทั้งนี้เพื่อลดความรุนแรงที่เกิดขึ้นในส่วนของปัจจัยเนื่องจาก ยานพาหนะนั้น จะเป็นหน้าที่โดยตรงสำหรับวิศวกรผู้ออกแบบยวดยาน

วิธีการปรับปรุงความปลอดภัยบนท้องถนน สามารถแบ่งได้เป็น

1. การลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุ วิธีนี้เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการปรับปรุงนกวามปลอดภัย เนื่องจาก เป็นการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุอย่างไรก็ตาม เนื่องจากสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุอาจแตกต่างกันในแต่ละ กรณี จึงเป็นการยากและก่อนข้างใช้ความรู้ความสามารถในการดำเนินการจัดการ จึงเป็นที่มาของการ ตรวจสอบความปลอดภัยบนท้องถนน (Road Safety Audit)การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของถนน การขจัดสิ่งกีดขวางข้างถนนที่บดบังการมองเห็น เป็นสิ่งหนึ่งที่ช่วยลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุได้นอกจากนี้ การให้ความรู้และฝึกอบรมผู้ขับขี่ และการลดจำนวนผู้ขับที่ไม่ปลอดภัยบนท้องถนนที่มีประวัติการเกิด อุบัติเหตุบ่อยครั้ง ก็เป็นสิ่งสำคัญในการลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุได้

2. การลดความรุนแรงจากการเกิดอุบัติเหตุ เนื่องจากการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุเป็นที่ยาก วิศวกรการทางและการจราจรจึงควรออกแบบถนนให้ มีความปลอดภัยสูงสุด โดยจำเป็นต้องพิจารณา กรณีการเกิดอุบัติเหตุและออกแบบให้ความรุนแร่งจากการเกิดอุบัติเหตุนั้นน้อยที่สุด ส่วนหนึ่งของขั้นตอน การออกแบบโดยการใช้อุปกรณ์เพิ่มความปลอดภัย ได้แก่ การคิดตั้งราวกันตก (guardrail) กำแพง คอนกรีต (concrete barrier) การคิดตั้งอุปกรณ์ดูดซับแรงกระแทก (impact attenuators) หลักนำโค้ง (guide post) และเสาป้ายจราจร (sign post) ที่แตกหักได้กรณีเกิดการชน รวมไปถึงการติดตั้งไฟฟ้าส่อง สว่าง

3. การเพิ่มโอกาสการรอดชีวิตจากการเกิดอุบัติเหตุ ในส่วนนี้จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับกระบวนการ ผลิตยวดยาน โดยเน้นหลักการออกแบบให้สามารถดูดซับแรงกระแทกให้มากที่สุด ดังนั้น วิศวกรจราจรจะ เกี่ยวข้องกับงานในส่วนนี้น้อยมากการออกแบบยวดยานในปัจจุบัน จะเห็นได้ว่ารถหลายๆ ยี่ห้อจะเน้น มาตรฐานด้านความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น เช่นการเพิ่มจำนวนถุงลมนิภัย โครงเหล็กกันกระแทก การดูดซับ แรงของกันชน

4. การดำเนินการส่งเสริมเพื่อความปลอดภัยบนท้องถนน ในหลายๆ หน่วยงานจะหันมาส่งเสริม เพิ่มความปลอดภัยในการใช้รถใช้ถนนเพิ่มมากขึ้น ในบางส่วนจำเป็นต้องออกกฎหมายและเพิ่มบทลงโทษ แก่ผู้กระทำผิด เช่น การดื่มสิ่งมึนเมาแล้วขับขี่ การไม่สวมหมวกกันน็อคขณะขับขี่ การขับรถเร็วเกิน กำหนด การฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร ฯลฯ นอกจากนี้ยังมีการรณรงค์เพื่อการลดอุบัติเหตุเช่น ง่วงไม่ขับ การไม่ใช้โทรศัพท์ขณะขับขี่ ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การออกแบบเพื่อความปลอดภัย แน่นอนว่าการออกแบบถนนให้มีความปลอดภัยสูงสุดเป็นสิ่งจำเป็นและหลีกเลี่ยงไม่ได้ ทั้งนี้ถนนที่ดีจะช่วยลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุ ดังนั้นการดำเนินการตรวจสอบค้นความปลอดภัยจากผู้เชี่ยวชาญ ในระหว่างการออกแบบจึงเป็นสิ่งจำเป็น

2.4.8.2 การเก็บข้อมูลและระบบการบันทึกอุบัติเหตุ

เพื่อให้การดำเนินการต้านความปลอดภัยบนทางหลวงมีประสิทธิภาพ วิศวกรจราจรจำเป็นต้องทราบถึงข้อมูล และรายละเอียดของตำแหน่ง ความถี่ ความรุนแรงและประเภทของการเกิดอุบัติเหตุ การศึกษาอุบัติเหตุความแตกต่างจากการศึกษาพารามิเตอร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจราจร ดังนั้นข้อมูลด้านอุบัติเหตุนั้นไม่สามารถคาดการณ์ระบุเวลาและตำแหน่งกรเกิดอุบัติเหตุได้แน่นอน และความเสียหายจึงมาจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอื่นๆ
ที่ทำการจดบันทึกและรวบรวมข้อมูลเป็นสถิติ ได้แก่ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ สำนักงานสารารณสุขจังหวัด สำนักอำนวยความปลอดภัยกรมทางหลวง ฯลฯ ระบบการรวบรวมและจัดเก็บข้อมูลอุบัติเหตุจำเป็นต้องออกแบบให้มีความเหมาะสมเพื่อที่วิศวกรจราจรนั้น นำไปประเมินและหาวิธีการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุได้ถูกต้อง ข้อมูลที่ทำการบันทึก สามารถนำไปใช้

- ระบุตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง
- การประเมินรายละเอียดการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์สาเหตุของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น
- จัดทำข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ รวมถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยเหล่านั้นที่มีต่อการเกิดอุบัติเหตุ

การรายงานข้อมูลอุบัติเหตุ (Accident Reports)

- การบันทึกอุบัติเหตุ (Accident Records) การบันทึกข้อมูลและรายละเอียดการอุบัติเหตุเป็นสิ่งสำคัญที่จะนำไปใช้วิเคราะห์และวางแผนมาตรการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ (engineering) โดยทางวิศวกรรม การให้ความรู้ (education) และการบังคับใช้ (enforcement)
- รูปแบบการรายงาน (Accident Reports) การรายงานผลของอุบัติเหตุ ได้แก่ การตาย (fatality) การได้รับบาดเจ็บ (injury) และมูลค่าทรัพย์สินเสียหาย
- ข้อมูลทั่วไปในการจดบันทึกการเกิดอุบัติเหตุได้แก่
    - เวลาการเกิดอุบัติเหตุ
    - ตำแหน่งการเกิดอุบัติเหตุ
    - ลักษณะยวดยาน
    - จำนวนผู้ได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิต
    - ความเสียหายของยานพาหนะ
    - ตำแหน่งและรายละเอียดอุปกรณ์ควบคุมการจราจร
    - กฎระเบียบข้อบังคับ ณ บริเวณที่เกิดอุบัติเหตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ลักษณะของถนนและสภาพภูมิอากาศ
- การกระทำผิดกฎจราจร
- คาดการณ์สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ

2.3.8.3 ระบบการจดบันทึกอุบัติเหตุ (Accident Recording System)

ระบบการจดบันทึกอุบัติเหตุเป็นสิ่งสำคัญและควรมีรูปแบบเดียวกันในทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รับผิดชอบเพื่อวิเคราะห์และประเมินผลและสถิติด้านอุบัติเหตุเป็นไปในทิศทางเดียวกันประเภทของการเกิดอุบัติเหตุ สามารถนำไปใช้บ่งบอกลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ แบ่งได้เป็น

- อุบัติเหตุที่เกิดการไถลออกนอกถนน (Running Off Road)
- อุบัติเหตุที่ไม่เกิดการชนกันบนถนน (Non-Collision on Road)
- อุบัติเหตุที่เกิดการชนกันบนถนน (Collision on Road)

2.4.9 ทฤษฎีการไหลของกระแสจราจร

(วิศวกรรมจราจร,นัฐพร) ทฤษฎีการไหลของกระแสจราจร (Traffic Flow Theory) เกี่ยวข้อง กับการพัฒนาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของส่วนประกอบหลักๆ ของกระแสจราจร ได้แก่ ปริมาณ จราจร หรือการไหล (Flow) ความหนาแน่น (Density or Concentration) และความเร็ว (Speed) ซึ่งความสัมพันธ์ของส่วนประกอบเหล่านี้จะช่วยวิศวกรจราจรสามารถทำการวางแผน (planning) ออกแบบ (designing) และประเมินประสิทธิภาพ (evaluating the effectiveness) ของมาตรการ การจัดการด้านการจราจรบนท้องถนนและโครงข่ายทางหลวงบริเวณโดยรอบ ทฤษฎีการไหลของกระแสจราจร สามารถนำไปใช้

- การออกแบบหาความยาวของช่องจราจรรอเลี้ยวขวา (Right-turn Storage Lane) กรณีแยกช่องจราจรเลี้ยวขวาต่างหากบริเวณทางแยก
- การหาความล่าช้าเฉลี่ยที่ทางแยก (average delay at intersections) และบริเวณ จุดรวมกระแสจราจรบนทางด่วน (freeway ramp merging) - การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของระดับประสิทธิภาพของทางด่วนอันเป็นผลมาจาก
- การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการจราจรบริเวณทางเลี้ยว (ramp)

นอกจากนี้การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการไหลยังสามารถนำไปในการสร้างแบบจำลองการเคลื่อน ตัวของการจราจร (traffic Simulation mode) ซึ่ง mathematical algorithm ถูกนำมาพัฒนาเพื่อ ศึกษาความสัมพันธ์ภายในที่ซับซ้อนของส่วนประกอบต่างๆ ของกระแสจราจร (การไหล ความ หนาแน่น และความเร็ว) บนช่วงถนนหรือบริเวณโครงข่ายทางหลวง และยังสามารถนำไปใช้ คาดการณ์ผลของการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงของกระแสจราจรที่มีผลต่อปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อุบัติเหตุ ระยะเวลา ในการเดินทาง มลภาวะทางอากาศ และการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

องค์ประกอบหลักของการไหลของจราจร ประกอบไปด้วย

การไหล (Flow ; q) คือ อัตราเทียบเท่ารายชั่วโมง ซึ่งยานพาหนะผ่านจุดใดจุดหนึ่งบนช่องทางที่กำหนดไว้ ในระหว่างช่วงเวลาที่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

สูตรที่ใช้ในการหาการไหล คือ

$$q = \frac{n \times 3600}{T} \quad \text{หน่วย vph (คันต่อชั่วโมง)}$$

q = ค่าเทียบเท่าอัตราการไหลรายชั่วโมง

n = จำนวนรถที่วิ่งผ่านจุดที่ทำการสำรวจในช่วงเวลา T

T = ช่วงเวลาที่ทำการสำรวจ เป็น วินาที

ความหนาแน่น (Density or Concentration; k) คือ จำนวนยวดยานซึ่งเดินทางบนช่วง ความยาวของถนนที่กำหนด ในช่วงเวลาที่กำหนด มีหน่วยเป็น คัน/กิโลเมตร (vehicle per kilometer, vpk) โดยทั่วไปการกำหนดระยะทางเป็น “กิโลเมตร” สำหรับทางหลวงนอกเมือง ส่วน ถนนในเมืองควรพิจารณาความยาวช่วงถนนที่เหมาะสมโดยไม่ควรอยู่ใกล้ทางแยกมากจนเกินไป

สูตรที่ใช้ในการหาความหนาแน่น คือ

$$k = \frac{n}{L}$$

โดยที่

k = ความหนาแน่นของยวดยานบนถนนซึ่งยาว ณ เวลา T

n = จำนวนยวดยานบนถนนซึ่งยาว

L = ความยาวของช่วงถนนที่วัดความหนาแน่น

ความเร็ว (Speed) เป็นระยะทางที่ยวดยานเดินทางไปได้ในระหว่างช่วงเวลาที่กำหนด มักมีหน่วยเป็น กิโลเมตร/ชั่วโมง (kilometer per hour, km/h) หรือ เมตร/วินาที (m/s) โดยความเร็วนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ Time Mean Speed และ Space Mean Speedความเร็วเฉลี่ยที่อิงเวลา (Time Mean Speed) เป็นค่ากลางทางคณิตศาสตร์ของความเร็ว ของยวดยานที่แล่นผ่านจุดใดจุดหนึ่งบนถนน สูตรที่ใช้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\bar{u}_t = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} u_i$$

โดยที่ $\bar{u}_t$=ความเร็วเฉลี่ยที่อิงเวลา

n =จำนวนยวดยานที่ทำการสำรวจ

u_i=ความเร็วของยวดยานคันที่ i

ความเร็วเฉลี่ยที่อิงระยะทาง (Space Mean Speed) เป็นค่ากลางของความเร็วยวดยานที่ ผ่านช่วงของถนนที่กำหนด

สูตรที่ใช้คือ $$\bar{u}_S = \frac{n}{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\frac{1}{u_i})} = \frac{nL}{\sum_{i=1}^{n} t_i}$$

$\bar{u}_s$= ความเร็วเฉลี่ยที่อิงระยะทาง

n = จำนวนยวดยานที่ทำการสำรวจ

L = ช่วงถนนที่กำหนดไว้ (ค่าคงที่)

t_i = เวลาที่รถคันที่ 1 ใช้วิ่งผ่านช่วงถนนที่กำหนดไว้

u_i = ความเร็วของยวดยานคันที่ i

นอกเหนือจากองค์ประกอบหลักแล้ว ยังมีพารามิเตอร์อื่นที่เป็นผลจากองค์ประกอบหลัก ข้างต้น ได้แก่

- Headway แบ่งได้เป็น Time Headway และ Space Headway

Time Headway (h) คือ ค่าความต่างระหว่างเวลาที่ส่วนหน้าของยวดยานมาถึงจุดใด ๆ บน ถนนที่กำหนดกับเวลาที่ส่วนหน้าของยวดยานคันต่อมาได้มาถึงจุดเดียวกันกับคันแรก โดยทั่วไปจะมี หน่วยเป็น “วินาที”

- ช่วงห่างของยวดยาน (Gap)

Space Headway (d) เป็นระยะระหว่างส่วนหน้าของยวดยานคันแรกและส่วนหน้าของ ยวดยานคันต่อมา โดยปกติจะมีหน่วยเป็น “เมตร”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.10 การวิเคราะห์ความจุ

การวิเคราะห์ความจุของถนน (Capacity Analysis) เป็นพื้นฐานในการออกแบบถนน ให้มีความสามารถในการรองรับปริมาณการจราจรได้ตรงตามระดับการให้บริการ (Level of Service) ภายใต้ลักษณะทางกายภาพของถนน และสัดส่วนของยานพาหนะต่าง ๆ ในกระแสการจราจร อีกทั้ง ยังสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ระดับการให้ บริการของถนนในสภาพปัจจุบัน เพื่อนำไปประกอบการ พิจารณาปรับปรุงและออกแบบถนนให้มีความสามารถในการรองรับปริมาณการจราจรที่เพิ่มมากขึ้น เกิดความคล่องตัวในการเดินทาง เช่น การขยายเพิ่มจำนวนช่องจราจร การปรับปรุงจุดตัดทางแยก ต่างๆ

แม้ว่าการไหลของการจราจรจะมีปริมาณมากที่ระดับใกล้กับความจุของถนน (Capacity) แต่ ความล่าช้าในการเดินทางก็จะมีมากขึ้นเช่นกัน เนื่องจากความเร็วเฉลี่ยที่ใช้ในการเดินทางจะน้อยลง ดังนั้นในการวางแผนและออกแบบถนน จึงต้องพิจารณาถึงความสามารถในการรองรับปริมาณ การจราจรในระดับการให้บริการของถนนนั้น การวิเคราะห์ความจุจึงเกี่ยวข้องกับการประเมินเชิง ปริมาณของความสามารถของ ถนนในการรองรับปริมาณการจราจร

2.4.10.1 ความจุถนน (Capacity)

ความจุถนน คือ อัตราการไหลรายชั่วโมงของปริมาณการจราจรสูงสุดซึ่งถนนสามารถรองรับได้ภายใต้เงื่อนไขทางกายภาพของถนน, การจราจร, การควบคุมการจราจร นั่นคืออัตราการไหลราย ชั่วโมง (Hourly Rate) เป็น อัตราการไหลในช่วง 15 นาทีสูงสุด เมื่อการไหลนั้นคงที่ตลอดชั่วโมง เงื่อนไขทางกายภาพของถนน (Roadway Condition) เป็นลักษณะทางเรขาคณิตของถนน ประกอบด้วยชนิดของทาง, จำนวนช่องทางในแต่ละทิศทาง, ความกว้างของช่องทางและไหล่ทาง, ระยะห่างของสิ่งกีดขวางกับขอบทาง, ความเร็วออกแบบ และ แนวทางราบและดิ่ง เงื่อนไขของ การจราจร (Traffic Condition) เป็นลักษณะของการไหลการจราจรที่ใช้ถนนนั้น ชนิดของ ยานพาหนะ (Vehicle type) และ การกระจายการจราจรในแต่ละทิศทางและช่องทาง (Lane and directional distribution)

2.4.10.2 อุปกรณ์ควบคุมการจราจร (Traffic Control Devices)

อุบัติเหตุบนท้องถนนที่เกิดกับผู้ขับขี่ยวดยานและคนเดินเท้า ส่วนหนึ่งเกิดจากการขับขี่ที่ไร้ระเบียบวินัย, การฝ่าฝืนกฎจราจร, ความไม่ชำนาญเส้นทาง รวมถึงการออกแบบที่ไม่ได้มาตรฐานเพียงพอ เมื่อเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนแล้ว จะส่งผลต่อปัญหาในการสัญจรตามมา ความจุของถนนลดลง เกิดเป็นคอขวดเกิดความล่าช้าในการเดินทาง การควบคุมการจราจรจึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้การไหลของการจราจรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ, มีประสิทธิภาพ และคล่องตัว ซึ่งผู้ใช้รถใช้ถนนจำเป็นต้องได้รับการฝึกอบรมให้เข้าใจก่อนใช้ถนน ระบบการ ควบคุมการจราจรจะประกอบด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์ควบคุมชนิดต่างๆ เช่น ป้ายจราจร (Traffic Sign), เครื่องหมายบนผิวจราจร (Pavement Markings) และสัญญาณไฟจราจร (Traffic Signals)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของการควบคุมการจราจรแบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. การบังคับ (Regulatory) เป็นการบังคับให้ผู้ใช้ทางปฏิบัติตาม เพื่อความปลอดภัยและสะดวกแก่ผู้ใช้ทาง
2. อุปกรณ์ประเภทนี้ได้แก่ ป้ายหยุด, ป้ายห้ามเลี้ยว, ป้ายห้ามจอดรถ, ป้ายจำกัดความเร็ว, เส้นบนผิวจราจร ห้ามเปลี่ยนช่องจราจร บริเวณทางร่วมทางแยก เป็นต้น
3. การเตือน (Warning) เป็นการเตือนให้ผู้ใช้ทางทราบล่วงหน้าถึงสภาพทางหรือข้อมูลอย่างอื่นที่เกิดขึ้นในทาง หรือทางหลวงข้างหน้า อันอาจก่อให้เกิดอันตรายหรืออุบัติเหตุขึ้นได้ เพื่อให้ผู้ใช้ทางใช้ความ ระมัดระวังในการใช้ทาง ซึ่งจะช่วยป้องกันการเกิดอันตรายหรืออุบัติเหตุดังกล่าวได้ อุปกรณ์ประเภทนี้ ได้แก่ ป้ายเตือนทางโค้ง, ป้ายเตือนทางแยก, ป้ายเตือนถนนลื่น, ป้ายเตือนสัญญาณไฟจราจร, ข้อความ บนผิวจราจร เช่น ขับช้าๆ, ลดความเร็ว เป็นต้น
4. การแนะนำ (Guide) เป็นการแนะนำให้ผู้ใช้ทางทราบข้อมูลอันเกี่ยวกับการเดินทางและการจราจร เช่น เส้นทางที่จะใช้, ทิศทาง, ระยะทาง, สถานที่ รวมทั้งข้อมูลอื่นๆ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการเดินทาง
5. การจราจร ได้แก่ ป้ายบอกทิศทาง สถานที่, ป้ายบอกหมายเลขทางหลวง ป้ายบอกทางด่วน ทางเข้า-ทางออก เป็นต้น

2.4.10.3 เครื่องหมายจราจร (Traffic Control Devices)

เครื่องหมายจราจรเป็นอุปกรณ์จราจรที่ติดตั้งไว้ หรือทำให้ปรากฏในทางหรือทางหลวงสำหรับผู้ขับขี่ยวดยานและคนเดินเท้าปฏิบัติตามเครื่องหมายนั้น เพื่อควบคุมการจราจรบนท้องถนน,อำนวยความสะดวกและเพื่อก่อให้เกิดความปลอดภัยและประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการใช้รถใช้ถนน

เครื่องหมายจราจร แบ่งเป็น 4 ชนิด คือ

1. เครื่องหมายจราจรชนิดแผ่นป้าย อาจทำด้วยแผ่นโลหะ, ไม้วัตถุอื่น รวมทั้งที่แสดงด้วยระบบไฟฟ้า หรือ เครื่องหมายที่ทำให้ปรากฏไว้ในทางหรือทางหลวง ณ ที่ซึ่งผู้ขับขี่และผู้ใช้ทางมองเห็นได้โดยชัดเจน เรียกว่า ป้ายจราจร”

2. เครื่องหมายจราจรชนิดที่ทำลงบนพื้นทาง, ทางจราจร, ไหล่ทาง, ทางเท้า, ขอบทาง, ขอบวงเวียน หรือ ขอบคันหิน เพื่อให้ปรากฏเป็นเส้น, แถบ, อักษร, ข้อความ หรือสัญลักษณ์อื่นใด โดยการใช้กระเบื้องหรือ วัสดุอื่น พ่น, ทา, ราด, รีดทับ, ตอก, ฝัง หรือทำให้ปรากฏโดยวิธีอื่น เรียกว่า เครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องหมายจราจรที่ใช้ควบคุมการจราจร ณ บริเวณทางแยก ซึ่งเรียกว่า “สัญญาณไฟจราจร”

4. เครื่องหมายจราจรชนิดอื่นๆ ชนิดที่ทำด้วยคอนกรีต, ไม้, โลหะ, ยาง หรือวัสดุอื่นใด เพื่อประโยชน์ต่อ การจราจร เช่น กรวยยาง, หลักนำทาง, แผงกัน เรียกว่า “อุปกรณ์จราจร”

2.4.10.4 การควบคุมการจราจรที่ทางแยก (Intersection Control)

ทางแยกเป็นพื้นที่ที่ใช้ร่วมกันและเป็นจุดตัดของถนนสองสายหรือมากกว่า มีหน้าที่หลักเพื่อการเปลี่ยนแปลงเส้นทาง ดังนั้นการออกแบบทางแยกที่ดีจำเป็นต้องเอื้ออำนวยต่อการเปลี่ยนเส้นทางสามารถกระทำได้อย่าง ปลอดภัย สะดวกและคล่องตัวโดยทั่วไป บริเวณจุดตัดทางแยกจะมีระดับการให้บริการที่ต่ำกว่าช่วงที่เป็นทางตรงโดยเฉพาะกรณีที่มีปริมาณจราจรสูง เนื่องจากผู้ขับขี่จำเป็นต้องเพิ่มความระมัดระวัง ชะลอความเร็วลง และทำการตัดสินใจเพื่อข้ามผ่าน ทางแยกนั้นไปอย่างปลอดภัย ส่งผลให้การระบายการจราจรตรงทางแยกกระทำได้น้อยกว่าช่วงที่เป็นทางตรง เนื่องจากทางแยกเป็นจุดตัดกันของทาง 2 สายหรือมากกว่า จึงย่อมก่อให้เกิดจุดขัดแย้ง (Conflicts) จากการ เคลื่อนที่ของยวดยาน อันจะส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุเกิดขึ้นได้ถ้าขาดการควบคุมการจราจรที่ดี การศึกษาเรื่อง รูปแบบการเคลื่อนที่ก่อให้เกิดจุดขัดแย้ง (Conflict Movement) จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งโดยเฉพาะการ พิจารณาออกแบบทางแยกระดับพื้น

2.4.10.5 ประเภทของการเคลื่อนที่ที่ก่อให้เกิดจุดขัดแย้ง (Type of Conflicting Movement)

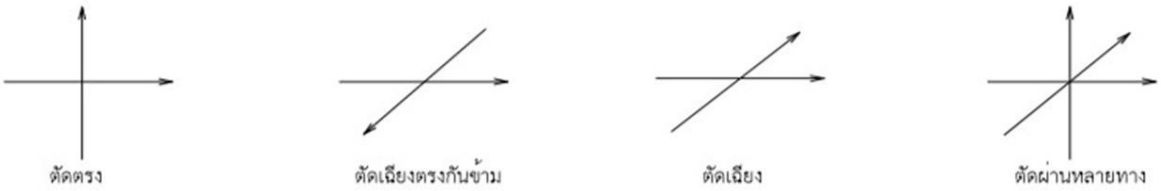
Conflicting Movement เกิดจากการเปลี่ยนทิศทางของยวดยานในกระแสการจราจร แบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด

1. แยกออกจากกัน(Diverging)

2. รวมกัน(Merging)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ข้ามตัดกัน(Crossing)



4. ผสมผสานกัน(Weaving)

- แบบ **Elemental** เกิดเมื่อมีการเคลื่อนตัวของยวดยานสองทิศทางใดๆ บนถนนเลนเดียว (Single lane) ที่เดินรถ
- แบบทางเดียว (one-way)
- แบบ **Multiple** เกิดเมื่อมีการเคลื่อนตัวของยวดยานมากกว่าสองทิศทางบนถนนเลนเดียว (Single lane) ที่เดิน รถทางเดียว (one-way) เช่นเดียวกัน

2.5 การจำลองสภาพจราจร

แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค (Microscopic Simulation) หมายถึง การจำลองสภาพการจราจร (Traffic Simulation) โดยเป็นการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมและลักษณะในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะแต่ละประเภทที่เกิดขึ้นจริงบนโครงข่ายถนน เพื่อเป็นการนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาใช้สำหรับการวิเคราะห์สภาพการจราจรที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน เป็นการนำเสนอภาพของสภาพการจราจรจากกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสุ่มตัวอย่างโดยการสังเกต และการเก็บข้อมูลทางสถิติ การจำลองพฤติกรรมและลักษณะในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะจะถูกพิจารณาเป็นช่วงเวลาย่อยๆ (time step) โดยอาศัยหลักการพื้นฐานของการเคลื่อนที่ และพฤติกรรมในการขับขี่ของยานพาหนะแต่ละคัน – ปริมาณยวดยานที่วิ่งบนถนนทางพิเศษ

การจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค (Microscopic Simulation) เป็นการจำลองโดยการใช้งานคอมพิวเตอร์ที่แสดงลักษณะการเคลื่อนตัวของยานพาหนะแต่ละคันในระบบโครงข่ายถนน ซึ่งเป็นการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำลองสภาพจราจรที่มีความละเอียดและซับซ้อน โดยมีพื้นฐานการจำลองมาจากทฤษฎีการเคลื่อนตัวตามกันของรถ (Car Following) การเปลี่ยนช่องทางการจราจร (Lane Changing) และระยะระหว่างรถที่ยอมรับได้ (Gap Acceptance) โดยจะคำนึงถึงพฤติกรรมของยานพาหนะในแต่ละคันเป็นหลัก ซึ่งการขับขี่ของยานพาหนะกับการเพิ่ม/ลดความเร็ว การชะลอรถ การหยุดรถของรถคันข้างหน้าที่จะมีผลต่อการขับขี่ของรถคันที่ขับตามมา แต่มักจะไม่มีการคำนึงถึงพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับขี่ที่ได้รับผลกระทบมาจากพฤติกรรมการขับขี่ของยวดยานข้างเคียง ซึ่งการจำลองสภาพการจราจรสามารถนำไปเป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในการวิเคราะห์การเดินทางโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ อีกทั้งเป็นการแสดงถึงพฤติกรรมการจราจรของยานพาหนะและเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนโครงข่ายถนน รวมถึงการจำลองระบบทางแยกที่มีความซับซ้อน โครงข่ายที่มีความคับคั่งทางด้านการจราจร และเพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของถนนต่อไป ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค ตัวอย่างเช่น ปริมาณยานพาหนะบนท้องถนน ระดับการให้บริการของถนน ระยะเวลาในการเดินทาง ความล่าช้าในการเดินทาง ความยาวแถวคอย การจัดการสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น

การวิเคราะห์การจราจร (Traffic Simulation) เป็นการวิเคราะห์การจราจรโดยอยู่บนหลักการของแบบจำลองระดับจุลภาค (Microscopic Simulation) ซึ่งจะพิจารณาถึงพฤติกรรมการสัญจรของยานพาหนะ แต่ละคัน (Individual Vehicle Behavior) มีหลักการสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ ทฤษฎีการขับรถตามกัน (Car Following Theory) ความสามารถในการแทรกช่องว่างระหว่างยานพาหนะ (Gap Acceptance) การเปลี่ยนช่องทางจราจร (Lane Changing) โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษารูปแบบการจัดวางตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษที่เหมาะสมที่สุดและประเมินผลกระทบทางด้านจราจรที่เกิดขึ้น โดยผลลัพธ์ที่ได้จะมีความสอดคล้องกับสภาพการจราจรที่เสมือนจริงในพื้นที่

ในขั้นตอนของการคัดเลือกรูปแบบทางเลือกในกระบวนการออกแบบแนวคิดเบื้องต้น (Conceptual Design) ซึ่งตัวชี้วัดสภาพการจราจรที่ได้จากการวิเคราะห์ ได้แก่ ความปลอดภัยเนื่องจาก Conflict ความจุปริมาณจราจร ระยะเวลาในการเดินทาง ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง ความยาวแถวคอยสูงสุด ตัวชี้วัดต่างๆ เหล่านี้จะนำมาเป็นปัจจัยในการพิจารณาสำหรับเปรียบเทียบรูปแบบการจัดวางตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษที่เหมาะสมที่สุด รวมทั้งจะเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์หาแนวทางการพัฒนาระบบทางพิเศษ เพื่อให้มีความคล่องตัวและสามารถรองรับปริมาณจราจรได้อย่างมีประสิทธิภาพจากข้อมูลที่มีการสำรวจและเก็บรวบรวม ทำให้สามารถเสนอแนะรูปแบบและทางเลือกในการแก้ปัญหาจราจรได้อย่างเหมาะสม ซึ่งถ้ามีการใช้แบบจำลองราจรระดับจุลภาค จะทำให้การเสนอแนะรูปแบบและทางเลือกในการแก้ปัญหาจราจรความแม่นยำและถูกต้องมากยิ่งขึ้น พร้อมทั้งสามารถนำภาพเคลื่อนไหว (Traffic Animation) เพื่อให้เกิดความเข้าใจและความน่าเชื่อถือในงานการศึกษา จากเหตุผลดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ทำให้ปัจจุบันได้มีผู้คิดค้นและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้จำลองสภาพจราจรขึ้นมากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งแต่ละโปรแกรมจะมีทั้งจุดเด่นและจุดด้อยที่แตกต่างกันไป ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะใช้เพียงโปรแกรม VISSIM

2.5.1 เหตุผลในการจำลองสภาพการจราจรบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ

เนื่องจากปัญหาด้านการจัดวางตู้เก็บค่าผ่านทางในปัจจุบันที่ก่อให้เกิดปัญหา ได้แก่ อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยภายนอก ปริมาณจราจรที่เพิ่มสูงขึ้น เกิดแถวคอยบริเวณหน้าด่าน ดังนั้นการวิเคราะห์ด้วยการสร้างแบบจำลอง จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะสามารถออกแบบ ทดสอบ และทดลองด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งเมื่อแบบจำลองได้ผ่านการตรวจสอบแล้วจะสามารถนำมาเป็นแนวทางในวิเคราะห์ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในปัจจุบันได้ โดยผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงอยู่ในรูปแบบตัวอักษรหรือภาพเคลื่อนไหวการจำลองสภาพการจราจร

2.5.2 ข้อกำหนดทั่วไปของการจำลอง

- ใช้หลักความสัมพันธ์ระหว่าง จุดตัดกันของจราจร ความเร็ว และปริมาณจราจร เป็นพื้นฐานในการจำลองกลุ่มยานพาหนะ
- พฤติกรรมการขับขี่ที่นำไปให้เป็นไปตามเงื่อนไขและรูปแบบทั่วไป
- สุ่มพฤติกรรมการขับรถในรูปแบบต่างๆ

2.5.3 ข้อดีของการจำลอง

- สามารถจำลองสภาพการจราจรที่ไม่สามารถหาให้เกิดขึ้นจริงบนถนนได้ เช่น อุบัติเหตุ เพื่อใช้ศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นได้
- ข้อมูลการจราจรสามารถบันทึกจากแบบจาลองสภาพการจราจรโดยตรง ช่วยให้ประหยัดงบประมาณในการเก็บข้อมูลด้านการจราจรในภาคสนาม ซึ่งข้อมูลจราจรบางประเภทจัดเก็บได้ยากในทางปฏิบัติ
- ทำได้ง่ายและสามารถทราบสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นได้ทันที
- แบบจำลองสามารถแสดงในรูปแบบ 3D Animation ทำให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น
- สามารถทำซ้ำได้หลายรอบ
- รองรับการใช้งานภาพถ่ายทางอากาศ

2.5.4 ข้อเสียของการจำลอง

- ผู้ใช้ต้องมีพื้นฐานความรู้และเข้าใจโปรแกรมเป็นอย่างดี
- การปรับแก้และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองใช้เวลามาก
- มีค่าใช้จ่ายทางด้านโปรแกรมค่อนข้างสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5 ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง

- ปริมาณรถในแต่ละทิศทางที่จำลอง
- ความเร็ว
- ระยะเวลาในการเดินทาง
- ความล่าช้า
- ความยาวแถวคอย
- จำนวนครั้งที่รถหยุดนิ่ง

2.5.6 หลักการเลือกใช้โปรแกรมสาหรับสร้างแบบจำลอง

- วัตถุประสงค์ของการศึกษา
- ระดับของพื้นที่ศึกษา
- ระยะเวลาในการศึกษา
- งบประมาณ
- ประสิทธิภาพของโปรแกรม
- ความยืดหยุ่นของโปรแกรม

2.5.7 โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

ที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้สำหรับการจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคเป็นจำนวนหลายโปรแกรม ซึ่งแต่ละโปรแกรมจะมีคุณสมบัติ ความสามารถและข้อจำกัดในการใช้งานที่แตกต่างกันไป การเลือกใช้งานจึงมีความจำเป็น โดยจะต้องทำการประเมินถึงความเหมาะสมความสามารถในการพัฒนาแบบจำลองให้มีความน่าเชื่อถือและให้มีความถูกต้องแม่นยำที่สุด ตัวอย่างโปรแกรมสำหรับการจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ได้แก่

1. โปรแกรม AIMSUN

โปรแกรม Aimsun ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย J. Barcelo และ J.L. Ferrer ณ The Polytechnic University of Catalunya เมือง Barcelona ประเทศสเปน และในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีการดูแลในเชิงการค้าโดย Transport Simulation Systems หรือ TSS โปรแกรม Aimsun เป็นชุดเครื่องมือที่ใช้ในการวางแผนการขนส่ง การจำลองสภาพการจราจรในระดับจุลภาค และการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านการจราจร (AIMSUN's Micro Simulator User's Manual Version 5.1, 2006)

โปรแกรม Aimsun เป็นโปรแกรมที่ได้รับอนุญาตให้มีการเพิ่มเติมส่วนประกอบลงไปในตัวโปรแกรมได้อย่างไม่จำกัดจำนวน ทั้งส่วนที่ได้ทำการผลิตโดย Transport Simulation Systems หรือ TSS และส่วนที่ถูกพัฒนาโดยผู้ใช้งาน ซึ่งผู้ใช้งานจะสามารถทำการเข้าถึงตัวแกนหลักของโปรแกรม Aimsun ได้ และทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับแต่งความสามารถของตัวโปรแกรมได้เหมือนกับที่กระทำโดย TSS โปรแกรม Aimsun สามารถแบ่งองค์ประกอบตามลักษณะการใช้งานได้ 4 ส่วน ดังนี้

- Aimsun Simulator เป็นส่วนของโปรแกรมที่สามารถจำลองสภาพการจราจรในโครงข่ายถนนได้หลายรูปแบบ เช่น ถนนในเมือง ทางด่วน (Freeways) ทางหลวง (Highways) ถนนวงแหวน รวมถึงโครงข่ายของถนนที่มีการรวมกันของถนนในหลายๆ รูปแบบ และยังมีความสามารถในการแบ่งแยกชนิดของยานพาหนะและผู้ขับขี่ได้ โดยพฤติกรรมของยานพาหนะทุกๆ คันในโครงข่ายถนนนั้นจะถูกจำลองอย่างต่อเนื่องตลอด โดยจะอ้างอิงกับแบบจำลองพฤติกรรมของผู้ขับขี่ (แบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกัน แบบจำลองการเปลี่ยนช่องทางจราจร แบบจำลองการยอมรับช่องว่าง) ในส่วนของ Aimsun Simulator ยังมีความสามารถในการจำลองการเกิดอุบัติเหตุ การจำลองระบบควบคุมการจราจรต่างๆ โดยให้ความสำคัญกับระบบขนส่งสาธารณะ การใช้เครื่องมือทางด้านการจราจร เช่น สัญญาณไฟจราจร เป็นต้น การประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยมลภาวะ การใช้พลังงาน การให้รายละเอียดของผลลัพธ์ในเชิงสถิติ เช่น อัตราการไหล ความเร็วของยานพาหนะ ระยะเวลาในการเดินทาง เป็นต้น
- Aimsun Modeller โปรแกรม Aimsun เป็นโปรแกรมที่ถูกออกแบบมาเพื่อให้นำไปใช้ได้กับสภาพแวดล้อมจริงได้อย่างเหมาะสม โดยสามารถนำเข้าและจัดการกับข้อมูลทางด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS/Geographic Information System) โดยโปรแกรมจะทำการอ่านข้อมูล CAD และ Bitmap จากแหล่งข้อมูล ทำให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถแก้ไขและนำเสนอโครงการได้อย่างสะดวก โดยโปรแกรมยังสามารถทำการแปลข้อมูลจากโปรแกรมอื่นๆ ได้ เช่น จากโปรแกรม EMME/2, โปรแกรม SATURN เป็นต้น
- Aimsun Planner เป็นส่วนประกอบที่ใช้ในการวิเคราะห์ความต้องการทางการจราจร โดยมีจุดประสงค์หลัก 2 ข้อ คือ เพื่อสนับสนุนกระบวนการทั้งหมดที่จำเป็นสำหรับการคำนวณเมตริกการเดินทางระหว่างต้นทางถึงปลายทาง (Origin-Destination Matrix) ซึ่งมีความจำเป็นในการวิเคราะห์ความต้องการทางด้านการจราจร สำหรับการวางแผนการขนส่ง และเพื่อทำให้มีแพล็ตฟอร์มการคำนวณสำหรับการจัดการของเมตริกการเดินทางระหว่างต้นทางถึงปลายทาง เพื่อสร้างข้อมูลสำหรับเข้าสู่การจำลองสภาพการจราจรในระดับจุลภาค
- Aimsun Server เป็นส่วนที่ไม่มีการต่อประสานทางด้านกราฟฟิคกับผู้ใช้งาน และสามารถเข้าถึงได้ผ่านทางเครือข่าย สำหรับเมื่อมีความต้องการในการประมวลผลที่เร็วกว่าเวลาจริง เช่น เมื่ออยู่ในศูนย์ควบคุมกลางเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแผนการดำเนินการจัดการจราจรก่อนที่จะมีการนำไปใช้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โปรแกรม CORSIM (Netsim)

CORSIM เป็นส่วนหนึ่งของ Traffic Software Integrated System (TSIS) ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Federal Highway Administration (FHWA) ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยจะประกอบไปด้วยโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรจำนวน 2 โปรแกรม คือ โปรแกรม NETSIM หรือ TRAFNETSIM ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคบนโครงข่ายถนน และทางแยกระดับเดียวกัน และโปรแกรม FRESIM ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการจำลองสภาพการจราจรบนระบบทางด่วนที่มีลักษณะไปในทางเรขาคณิตที่มีความซับซ้อน เช่น Lane Add/Drops, Auxiliary Lanes, การเปลี่ยนแปลงความลาดชัน และการยกโค้ง เป็นต้น โดยโปรแกรม FRESIM จะสามารถจำลองสภาพการจราจรบนทางด่วนได้หลายรูปแบบ เช่น Lane Changing, On-ramp Metering และสิ่งอำนวยความสะดวกบนทางด่วนรูปแบบอื่นๆ ผลจากการรวมโปรแกรมทั้ง 2 โปรแกรมนี้เข้าด้วยกัน ทำให้ CORSIM สามารถจำลองได้ทั้งระบบโครงข่ายถนนทั่วไปในระดับเดียวกัน และในระบบทางด่วน รวมถึงระบบโครงข่ายถนนที่ผสมผสานกันระหว่างโครงข่ายถนนทั่วไป (ระดับเดียวกัน) กับระบบโครงข่ายแบบทางด่วน (ยกระดับ) โดยข้อมูลที่ถูกรายงานออกมาจากผลการจำลองของโปรแกรม CORSIM นั้น จะประกอบไปด้วย Total Delay, Stop Delay, Total Stops, Stops/Vehicle, Maximum Queue Length, Fuel Consumption, ระยะทาง, ระยะเวลาในการเดินทาง รวมถึงระดับมลภาวะที่เกิดขึ้น (Kaseko, 2002)

3. โปรแกรม Synchro/Sim Traffic

โปรแกรม Synchro/Sim Traffic เป็นชุดของโปรแกรมคู่ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Trafficware เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ระบบสัญญาณไฟจราจร และการจำลองสภาพการจราจรที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Window โดยได้รับความนิยมและมีการนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะหน่วยงานและบริษัทที่ปรึกษาทางด้านวิศวกรรมจราจรและวิศวกรรมขนส่งในประเทศสหรัฐอเมริกา (Kaseko, 2002) โดยโปรแกรม Synchro และโปรแกรม Sim Traffic มีการทำงานแยกกัน ดังนี้

- โปรแกรม Synchro เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการปรับรอบสัญญาณไฟจราจรของโครงข่ายถนนทั้งบริเวณทางแยกและทางแยกเดี่ยวให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยอาศัยหลักการในการลดความล่าช้าของการเดินทาง และจำนวนครั้งของการหยุดรถบริเวณทางแยกลงให้เหลือเป็นจำนวนที่น้อยที่สุด โดยความสามารถหลักของโปรแกรม คือ เป็นโปรแกรมที่สามารถวิเคราะห์ความจุของบริเวณทางแยกที่ถูกควบคุมด้วยระบบสัญญาณไฟจราจร สามารถออกแบบรอบสัญญาณไฟจราจรให้ทำงานประสานกันแบบต่อเนื่องหลายทางแยก ทั้งแบบที่มีเครื่องควบคุมระบบสัญญาณไฟจราจรแบบเดี่ยวหรือแบบที่มีเครื่องควบคุมระบบสัญญาณไฟจราจรหลายเครื่อง และสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบระบบการควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบแปรเปลี่ยนตามปริมาณจราจรบริเวณทางแยกได้ โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรม Synchro ที่ได้ จะประกอบด้วยค่า Total Delay, Stop Delay, Total Stops, Stops/Vehicle, LOS, Maximum Queue Length, Queue Penalty, Dilemma Vehicles, Fuel Consumption, ระยะทาง, ระยะเวลาในการเดินทาง และระดับมลภาวะที่เกิดขึ้น นอกจากนี้โปรแกรม Synchro ยังมักจะถูกใช้งานสำหรับเตรียมข้อมูลเพื่อนำข้อมูลเข้าโปรแกรม Sim Traffic, โปรแกรม CORSIM, โปรแกรม HCS, โปรแกรม TRANSYT-7F, โปรแกรม PASSER และ โปรแกรม VISSIM อีกด้วย

- โปรแกรม Sim Traffic เป็นโปรแกรมส่วนที่ใช้สำหรับการจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค โดยมีความสามารถหลัก คือ สามารถจำลองสภาพการจราจรและนำเสนอผลการจำลองในลักษณะเป็นภาพเคลื่อนไหวของยานพาหนะและคนเดินเท้า ทั้งในบริเวณที่ถูกควบคุมและไม่ถูกควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจรบนถนนภาคพื้นดิน และในระบบทางด่วนได้ โดยข้อมูลส่วนใหญ่ที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรของโปรแกรม Sim Traffic จะถูกวิเคราะห์โดยโปรแกรม Synchro ก่อน ได้แก่ ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของโครงข่ายถนน ข้อมูลปริมาณจราจร และข้อมูลรอบสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น สำหรับข้อมูลที่ต้องนำเข้าสู่โปรแกรม Sim Traffic โดยตรง ได้แก่ ข้อมูลลักษณะของยานพาหนะ และพฤติกรรมในการขับขี่ยานพาหนะ

รูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่างโปรแกรม Synchro/Sim Traffic

4. โปรแกรม PARAllel MICroscopic Simulation (Quadstone Paramics)

โปรแกรม Paramics ถูกพัฒนาขึ้นที่ Edinburgh Parallel Computing Center โดยบริษัท Quadstone Ltd. ในสหราชอาณาจักร เพื่อใช้สำหรับการจำลองพฤติกรรมและลักษณะการเคลื่อนที่ของยานพาหนะเดี่ยวและระบบขนส่งมวลชน ทั้งระบบโครงข่ายถนนท้องถิ่น และระบบโครงข่ายทางด่วนระดับประเทศ โปรแกรม Paramics มีลักษณะที่แตกต่างจากโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ เป็นโปรแกรมที่ทำงานด้วยบนระบบปฏิบัติการ UNIX แต่สามารถใช้งานบนระบบปฏิบัติการ Window ได้ โดยอาศัยโปรแกรม Hummingbird เป็นตัวจำลองสภาพแวดล้อมของระบบปฏิบัติการ UNIX บนระบบปฏิบัติการ Window เพื่อโปรแกรมสามารถทำงานได้ (Choa et al, 2003) การทำงานของโปรแกรม Paramics จะอาศัยการทำงานประสานกันของ 3 โปรแกรมย่อยที่อยู่ภายใน ได้แก่ โปรแกรม Modeler ซึ่งมีคุณสมบัติในการจำลองโครงข่ายถนน, โปรแกรม Analyzer ใช้สำหรับการวิเคราะห์ และแสดงผลการจำลองสภาพการจราจร และโปรแกรม Processor ซึ่งใช้ในการจำลองสภาพการจราจร (ทวี วิชัยเมธาวี, 2546) โปรแกรม Paramics เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในการจำลองโครงข่ายถนนที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ซึ่งขนาดของโครงข่ายถนนที่โปรแกรมรองรับได้นั้น จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการ Run โปรแกรม (Velez, 2006) นอกจากนี้ ยังมีความสามารถในการแสดงภาพการเคลื่อนที่ของยานพาหนะแต่ละคันได้ทั้งแบบ 2 มิติ และแบบ 3 มิติ ซึ่งยังสามารถใช้สีที่แตกต่างกันในแต่ละองค์ประกอบของแบบจำลอง ช่วยเพิ่มความเข้าใจและอำนวยความสะดวกในการดำเนินการ การวางแผนการจัดการจราจร รวมทั้งการวิเคราะห์และการประเมินนโยบายทางด้านการขนส่งทั้งในระดับพื้นที่ย่อย และในระดับยุทธศาสตร์ (ทวี วิชัยเมธาวี, 2546)

รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างโปรแกรม Paramics

5. โปรแกรม VISSIM

โปรแกรม VISSIM เป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกที่ University of Karlsruhe ประเทศเยอรมณี ในช่วงต้นทศวรรษที่ 1970 และถูกพัฒนาต่อโดยบริษัท Planung Transport Verkehr หรือ PTV โดยเป็นส่วนหนึ่งของ PTV Vision ซึ่งเป็นชุดโปรแกรมที่ใช้สำหรับการวางแผนสำหรับการคมนาคมขนส่งและงานด้านวิศวกรรมจราจร โปรแกรม VISSIM เป็นโปรแกรมที่ถูกใช้สำหรับการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคทั้งในระบบโครงข่ายถนนในเขตเมืองและในระบบทางด่วนแบบอเนกประสงค์ เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่มีความสามารถหลากหลายทั้งการจำลองและการวิเคราะห์สภาพการจราจรในรูปแบบและเงื่อนไขต่างๆ เช่น รูปแบบวงเวียน ทางแยกทั้งที่ถูกควบคุมและไม่ถูกควบคุมด้วยสัญญาณไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จราจร ทางต่างระดับ ด่านเก็บเงินค่าผ่านทาง และ Ramp Meter เป็นต้น ข้อมูลที่ได้จากการรายงานผลของการจำลอง ประกอบด้วย ตัวชี้วัดประสิทธิภาพต่างๆ ด้านการจราจร เช่น เวลาในการเดินทาง ความล่าช้าในการเดินทาง ความยาวแถวคอย ปริมาณจราจร ความเร็วเฉลี่ย จำนวนครั้งของการหยุดรถ เป็นต้น ระดับมลภาวะต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการจราจร ตลอดจนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกอีกด้วย (Kaseko, 2002) โปรแกรม VISSM จะประกอบไปด้วยโปรแกรมย่อยที่ทำหน้าที่แตกต่างกันจำนวน 2 โปรแกรม (PTV, 2009) ได้แก่

- โปรแกรมสร้างการจำลองสภาพจราจร (Traffic Simulator) ถือได้เป็นโปรแกรมย่อยที่เป็นโปรแกรมหลักของโปรแกรม VISSIM มีความสามารถในการสร้างการจำลองสภาพการจราจรโดยอาศัยชุดคำสั่งทางตรรกศาสตร์ของพฤติกรรมในการขับขี่ยานพาหนะ โดยโปรแกรม Traffic Simulator จะสามารถทำการปรับปรุงสถานการณ์ในการจำลองให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่สามารถแปรเปลี่ยนไปได้ในทุกๆ Time step อย่างต่อเนื่อง ตลอดการทำการจำลองสภาพการจราจร
- โปรแกรมสร้างสภาวะการควบคุมระบบสัญญาณไฟจราจร (Signal State Generator) เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการคำนวณสภาวะการควบคุมของระบบสัญญาณไฟจราจรใน Time Step ถัดไป โดยจะรับข้อมูลสภาพการจราจรของ Time Step ปัจจุบันที่มีความจำเป็นสำหรับใช้ในการคำนวณ Traffic Simulator จากนั้นจะทำการคำนวณ พร้อมทั้งส่งผลลัพธ์ที่ได้กลับไปยัง Traffic Simulator อีกครั้ง เพื่อใช้สำหรับเป็นเงื่อนไขในการปรับปรุงสถานการณ์สำหรับการจำลองสภาพการจราจรใน Time Step ต่อๆ ไป

รูปที่ 2.16 แสดงตัวอย่างโปรแกรม VISSIM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจำลองสภาพจราจรของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

ประสิทธิภาพในการจำลองสภาพการจราจร	โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค					
	AIMSIM	CORSIM	FRESIM	NETSIM	PARAMIC	VISSIM
1.เครื่องมือตรวจจับยวดยาน	√	×	√	√	√	√
2.วงเวียน	×	√	×	×	√	√
3.การปรับขอบทาง	×	√	×	×	√	√
4.การควบคุมการเข้าถึงพื้นที่	×	√	√	×	√	√
5.ระบบสาธารณะ	√	√	√	√	√	√
6.สัญญาณไฟจราจรแบบคงที่	√	√	√	√	√	√
7.การแสดงผลสามมิติ	√	×	×	×	√	√
8.สัญญาณไฟจราจรแบบเชื่อมโยง	√	√	×	√	√	√
9.สัญญาณจราจรแบบปรับตามปริมาณการจราจรได้	√	×	×	×	√	√
10.การจัดลำดับสิทธิพิเศษแก่ระบบขนส่งสาธารณะ	√	√	×	√	√	√
11.การกำหนดเส้นทางของระบบขนส่งสาธารณะ	√	√	×	√	√	√
12.ช่องจราจรเฉพาะสำหรับระบบขนส่งสาธารณะ	√	×	×	√	√	√
13.การยับยั้งการจราจร	×	×	×	×	√	√
14.การควบคุมการเข้าออกทางด่วน	√	√	√	×	√	√
15.รถจักรยานยนต์	×	×	×	×	×	√
16.คนเดินเท้า	×	√	×	√	√	√
17.ที่จอดรถ	×	×	×	×	√	√

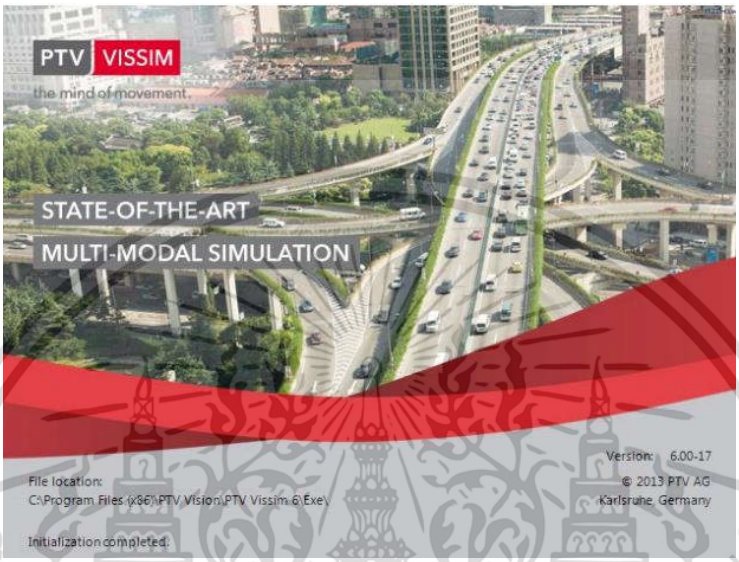
ที่มา: Wuttikrai Chaipanha and Pongrid Klungboonkrong, 2010

2.5.8 โปรแกรม VISSIM

Verkehr In Städten – Simulations model (เทียบเท่ากับ Traffic in Cities -Simulation Model ในภาษาอังกฤษ) VISSIM ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกที่ University of Karlsruhe ประเทศยอรมนี ในช่วงตันทศวรรษที่ 1970 และถูกพัฒนาต่อโตยบริษัท Planung Transport Verkehr [PTV] (Velez, 2006) โดยเป็นส่วนหนึ่งของ PTV Vision ซึ่งเป็นชุดโปรแกรมที่ใช้ในการวางแผนการคมนาคมขนส่งและงานด้านวิศวกรรมจราจร VISSIM เป็นโปรแกรมที่ถูกใช้สาหรับการพัฒนาแบบจาลองสภาพการจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับจุลภาคทั้งบนโครงข่ายถนนในเขตเมืองและบนระบบทางด่วนแบบอเนกประสงค์ เนื่องจากมีความสามารถหลากหลายทั้งการจาลองและวิเคราะห์สภาพการจราจรในเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น วงเวียน ทางแยกทั้งที่ถูกควบคุมและไม่ถูกควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร ทางแยกต่างระดับ ด่านเก็บเงินค่าผ่านทาง (Toll Plaza) ผลกระทบสิ่งแวดล้อม และ Ramp Meter เป็นต้น



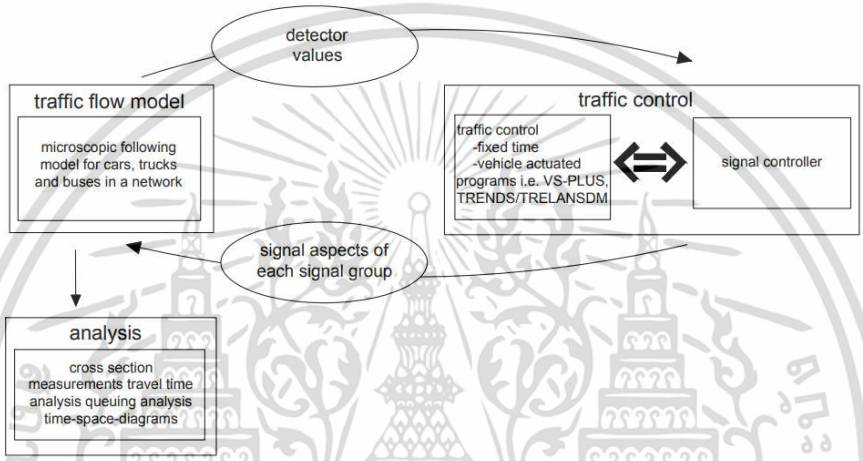
รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะของโปรแกรม VISSIM

ข้อมูลที่รายงานในผลการจาลองของโปรแกรมประกอบด้วย ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการใช้งานด้านการจราจร เช่น ปริมาณจราจร ความเร็วเฉลี่ย เวลาที่ใช้ในการเดินทาง ความล่าช้า ความยาวแถวคอย และจำนวนครั้งของการหยุด เป็นต้น ระดับมลภาวะที่เกิดขึ้นจากการจราจร และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยก เป็นต้น (Kaseko, 2002) โปรแกรม VISSIM ประกอบด้วยโปรแกรมย่อย ซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกัน 2 โปรแกรม (PTV, 2005) ดังต่อไปนี้

โปรแกรมสร้างการจำลองสภาพการจราจร (Traffic Simulator) ถือเป็นโปรแกรมหลักของ VISSIM ซึ่งใช้ในการสร้างการจำลองสภาพการจราจร โดยอาศัยชุดคำสั่งทางตรรกศาสตร์ของพฤติกรรมการขับขี่ตามกันและการเปลี่ยนช่องจราจรของผู้ขับขี่อย่างกะทันหัน โดย Traffic Simulator จะทำการปรับปรุงสถานการณ์ในการจำลองตามเงื่อนไขที่แปรเปลี่ยนไปในทุก ๆ Time Step อย่างต่อเนื่องตลอดช่วงเวลาที่ทำการจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมสร้างสภาวะการควบคุมระบบสัญญาณไฟจราจร (Signal State Generator) เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณสภาวะการควบคุมของระบบสัญญาณไฟจราจรในTime Step ถัดไป โดยจะรับข้อมูลสภาพการจราจรของ Time Step ปัจจุบันที่จาเป็นต้องใช้ในการคำนวณจาก Traffic Simulator จากนั้นจะทำการคำนวณและส่งผลลัพธ์ที่ได้กลับไปยัง Traffic Simulator อีกครั้งหนึ่ง เพื่อใช้เป็นเงื่อนไขอันหนึ่งในการปรับปรุงสถานการณ์ในการจาลองสภาพการจราจรใน Time Step ถัดไป ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะของการสร้างแบบจำลอง

2.5.9 การปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration)

การปรับเทียบแบบจำลองเป็นกระบวนการสำหรับการปรับแก้ค่าของตัวแปรบางตัวในแบบจำลอง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์จากแบบจำลองมีค่าเสมือนกับค่าที่ได้จากการสำรวจ โดยผลที่ได้จากแบบจำลองจะถูกนำมาตรวจสอบตามขั้นตอนการทวนสอบแบบจำลอง โดยใช้เกณฑ์ในการปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration Target and Criteria) ที่ได้รับการยอมรับและมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งผลการเปรียบเทียบจะต้องผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เพื่อที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์สำหรับการวางแผนการจราจรและการขนส่งได้

กาญจน์กรอง (2013) ได้กล่าวไว้ว่า การปรับเทียบแบบจำลองให้มีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง (Calibration) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้แบบจำลองที่ได้ทำการสร้างขึ้นนั้นสามารถสะท้อนได้ถึงสภาพการจราจรที่แท้จริงในแต่ละพื้นที่ศึกษาหรือให้มีความให้ใกล้เคียงมากที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อให้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์หรือประเมินประสิทธิภาพแนวทางแก้ไขปัญหาจราจรด้วยแบบจำลองมีระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือสูง การปรับเทียบแบบจำลองสามารถทำโดยการประมวลผลแบบจำลองซ้ำๆ ด้วยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จนได้ค่าพารามิเตอร์ที่ให้ผลการจำลองสภาพจราจรใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุด ซึ่งการปรับเทียบเป็นขั้นตอนที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคไม่สามารถครอบคลุมได้ครบทุกปัจจัยที่มีผลต่อสภาพการจราจร โดยเฉพาะปัจจัยที่เป็นปัจจัยเฉพาะในแต่ละพื้นที่ ดังนั้น เป้าหมายหลักของการปรับเทียบแบบจำลอง ก็คือการหาค่าของกลุ่มพารามิเตอร์ที่จะให้ผลลัพธ์ในการจำลองสภาพจราจรได้ดีและเสมือนจริงมากที่สุด โดยสิ่งที่ต้องมีการคำนึงถึงในการปรับเทียบแบบจำลอง ได้แก่

- การกำหนดระดับความถูกต้องของการปรับเทียบ
- การเลือกพารามิเตอร์สำหรับการปรับเทียบที่เหมาะสม
- การเลือกค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อสภาพจราจร อย่างเช่น ความจุของถนน การเลือกใช้แนวเส้นทาง เป็นต้น
- การปรับเทียบแบบจำลองโดยรวม จากสภาพการจราจรต่างๆ อย่างเช่น ระยะเวลาในการเดินทาง ความล่าช้าในการเดินทาง ความยาวแถวคอย เป็นต้น

2.5.10 การปรับแก้แบบจำลอง

Prabnasak (2001) ได้กล่าวว่า ในการปรับแก้แบบจำลองนั้น เป็นการปรับแก้แบบจำลองให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพการจราจรที่เป็นจริงอยู่ในปัจจุบันให้มากที่สุด โดยการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆ เนื่องจากค่าตัวแปรที่ทางโปรแกรมกำหนดมา อาจไม่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงในปัจจุบัน โดยการปรับแก้นั้นจะต้องปรับแก้องค์ประกอบ 3 ประเภท ได้แก่ แบบจำลองการเคลื่อนตัวตามกันของรถ แบบจำลองการเปลี่ยนช่องทางจราจร และแบบจำลองการยอมรับระยะระหว่างรถ ทั้งนี้ ในการปรับแก้ จะมีการคัดเลือกตัวแปรหลักสำหรับใช้ในการปรับแก้ เช่น พฤติกรรมความก้าวร้าวของผู้ขับขี่ ความระลึกรู้และความตระหนักของผู้ขับขี่ ความเร่งและความหน่วงของยานพาหนะ ความเร็วของยานพาหนะ ระยะห่างระหว่างรถ (Headway) และระยะเวลาในการตอบสนอง (Reaction Time) แต่อย่างไรก็ตาม ตัวแปรที่มีความสำคัญที่สุดที่ควรใช้ในการปรับแก้แบบจำลอง คือ ระยะห่างระหว่างรถ และระยะเวลาในการตอบสนอง

Gardes, May, Dahlgren, and Skabardonis (2002) ได้กล่าวว่า ในการปรับแก้แบบจำลองจะต้องมีการตรวจสอบถึงลักษณะของการจราจรในแบบจำลอง การสังเกตพฤติกรรมการขับขี่ยานพาหนะในแบบจำลอง ซึ่งการปรับแก้นั้นจะเป็นการเปลี่ยนแปลงค่าตั้งต้นและการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม ตัวอย่างเช่น ค่าระยะห่างระหว่างรถและระยะเวลาในการตอบสนอง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องตามความเป็นจริง ทั้งนี้ในการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ จะสามารถปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรหลักในแบบจำลองพื้นฐานได้เช่นกัน เช่น การปรับเปลี่ยนแบบการจำลองการเคลื่อนตัวของรถ แบบจำลองการเปลี่ยนช่องทาง แบบจำลองการยอมรับระยะห่างระหว่างรถ เพื่อให้ได้แบบจำลองที่สอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด

2.5.11 การทวนสอบแบบจำลอง (Model Validation)

การทวนสอบแบบจำลอง (Model Validation) คือ การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองก่อนที่จะมีการนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นควบคู่กันไปกับขั้นตอนการปรับแก้แบบจำลอง โดยหากว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมีค่าความถูกต้องน้อยกว่าเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้นั้น จะต้องมีการปรับแก้แบบจำลองใหม่ เพื่อให้แบบจำลองสามารถแสดงผลลัพธ์ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งหากว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมีค่าความถูกต้องมากกว่าเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ แสดงว่า แบบจำลองนั้นมีความน่าเชื่อถือ

การตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคนั้น ได้มีการพิจารณาโดยใช้ค่าทางสถิติของ GEH ในการเปรียบเทียบค่าของกระบวนการปรับแก้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค (Quadstone, 2003) ซึ่งค่า GEH เป็นค่าทางสถิติที่ใช้ในการคำนวณในงานด้านวิศวกรรมจราจร เป็นการคาดการณ์ปริมาณจราจร และแบบจำลองด้านการจราจร โดยค่า GEH นั้น เป็นค่าที่พัฒนามาจากหลักการทางสถิติที่เรียกว่า ไค-สแควร์ (Chi-squared) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$GEH = \sqrt{\frac{(simulated - observed)^2}{0.5x(simulated + observed)}}$$

โดยที่ Simulated คือ ค่าที่ได้จากแบบจำลอง
Observed คือ ค่าที่ได้จากการสำรวจจริง

ซึ่งค่า GEH ที่ได้สามารถประมวลผลได้ดังนี้

ถ้า GEH < 5.0 หมายถึง ปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลภาคสนาม

ถ้า 5 < GEH < 10 หมายถึง ต้องมีการพิจารณาและตรวจสอบ เพื่อปรับเทียบปริมาณการจราจรใหม่อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า GEH > 10 หมายถึง ปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองไม่มีความสอดคล้องกับข้อมูลจากภาคสนาม

โดยมีดัชนีในการชี้วัดความถูกต้องของแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค เพื่อให้ได้ค่าที่สอดคล้องกับข้อมูลจากการสำรวจจริงมากที่สุด ซึ่งเกณฑ์ในการเปรียบเทียบแบบจำลองของ DMRB เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับและมีการนำไปใช้กันอย่างแพร่หลาย เกณฑ์ในการปรับเทียบแบบจำลองของ DMRB แสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์ในการปรับเทียบแบบจำลองของ DMRB (1996)

ดัชนีชี้วัดการปรับเทียบ	เกณฑ์การปรับเทียบ	เป้าหมายในการปรับเทียบ
ปริมาณจราจร	GEH < 5	> 85 % ของกรณีทั้งหมดที่ทำการปรับเทียบ
ระยะเวลาในการเดินทาง	±15 % (หรือไม่เกิน 1 นาที ในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนสูงกว่า 15%)	> 85 % ของกรณีทั้งหมดที่ทำการปรับเทียบ
ความเร็วในการเดินทาง	±20 %	> 85 % ของกรณีทั้งหมดที่ทำการปรับเทียบ
ความยาวแถวคอย	±20 % (หรือ ±5 คัน เมื่อความยาวแถวคอยที่สำรวจไม่เกิน 10 คัน และ ±7 คัน เมื่อความยาวแถวคอยที่สำรวจไม่เกิน 20 คัน)	> 85 % ของกรณีทั้งหมดที่ทำการปรับเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

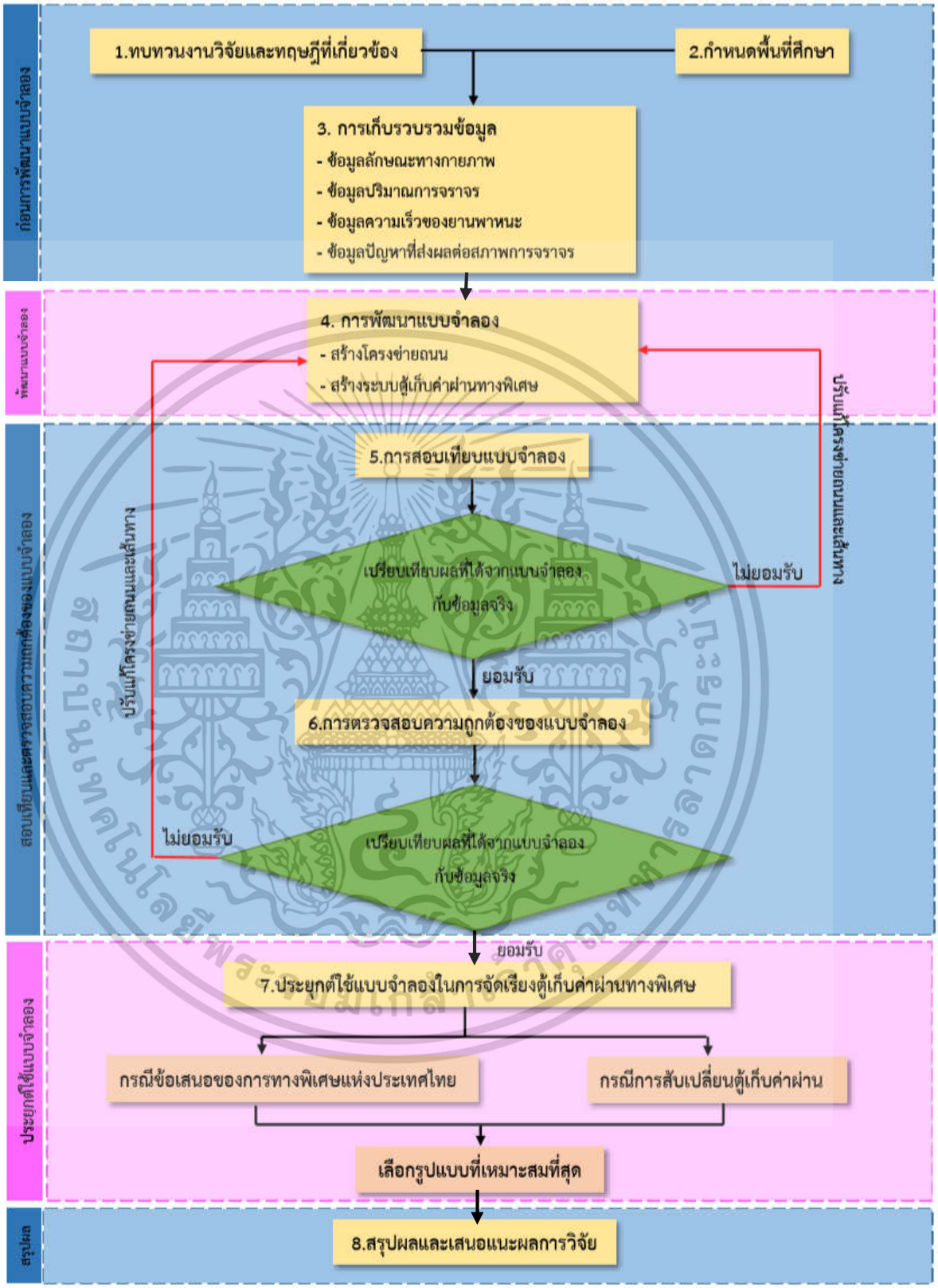
บทที่ 3
วิธีการและขั้นตอนในการศึกษา

การศึกษานี้ได้ทำการจำลองสภาพการจราจรบนระบบทางพิเศษบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนากม.6 (ขาเข้า) เพื่อวิเคราะห์หารูปแบบการจัดวางตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษที่เหมาะสม การดำเนินการวิจัยสำหรับการศึกษานี้จึงประกอบด้วย การพัฒนาแบบจำลองระดับจุลภาคโดยใช้โปรแกรม VISSIM เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการทำวิจัย เนื้อหาในบทนี้จะนำเสนอขั้นตอนของการวิเคราะห์รูปแบบการจัดวางที่เหมาะสมของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ โดยมีลำดับหัวข้อการนำเสนอ ดังต่อไปนี้

3.1 สรุปลำดับขั้นตอนในการศึกษา
3.2 การเลือกพื้นที่ทำการศึกษา
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
3.4 การพัฒนาแบบจำลอง
3.5 การปรับเทียบแบบจำลอง
3.6 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง
3.7 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 สรุปลำดับขั้นตอนในการศึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

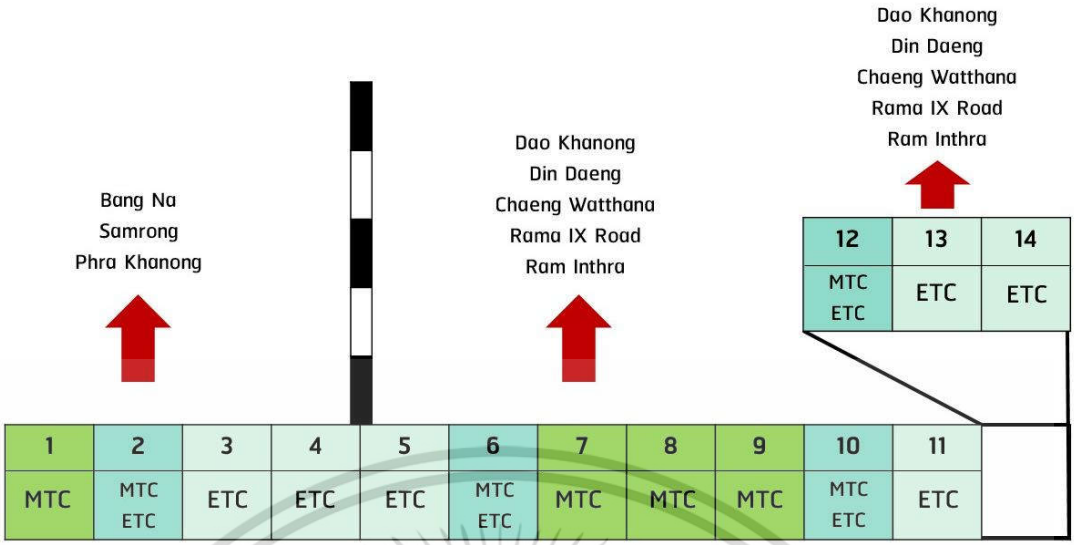
3.2 การเลือกพื้นที่ทำการศึกษา

จากการศึกษาค้นคว้าในบทที่ 2 เกี่ยวกับระบบทางพิเศษของประเทศไทยทำให้ทราบถึงพื้นที่ทางพิเศษที่อยู่ภายใต้การดูแลของการทางพิเศษแห่งประเทศไทยและได้มุ่งเน้นไปถึงปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากการจัดเรียงตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษที่ไม่เหมาะสม นักศึกษาจึงได้ทำการคัดเลือกพื้นที่บนทางพิเศษบูรพาวิถี คือ บริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางบางนา กม.6 (ขาเข้า) ซึ่งจากการสืบค้นข้อมูลอุบัติเหตุ ข้อมูลปริมาณจราจร และอื่นๆ บนทางพิเศษดังกล่าว ทำให้ทราบได้ว่าทางพิเศษบูรพาวิถี มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุบริเวณด่าน เนื่องจากการจัดรูปแบบการจัดวางตู้เก็บค่าผ่านพิเศษไม่เหมาะสม นอกจากนี้มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของการใช้บริการ ทำให้เป็นที่น่าสนใจที่ลงพื้นที่ในการเก็บข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อออกแบบรูปแบบการจัดวางตู้เก็บค่าผ่านทาง พร้อมทั้งพัฒนาระบบทางพิเศษให้สามารถรองรับปริมาณจราจรในอนาคตได้

โดยพื้นที่ที่ทำการศึกษาแสดงไว้ดังรูปที่ 3.1 เป็นบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทาง กม.6 (ขาเข้า) มีสองเส้นทางเข้าสู่หน้าด่านคือเส้นทางบางนา-ตราดและเส้นทางพิเศษบูรพาวิถีโดยมุ่งหน้าสู่ บางนา, สำโรง, พระโขนง, ดาวคะนอง, ดินแดง, แจ้งวัฒนะ, ถนนพระราม 9 และรามอินทรา มีจำนวนตู้เก็บค่าผ่านทางทั้งหมด 14 ตู้โดยมีการแบ่งเส้นทางการมุ่งหน้าอย่างชัดเจนดังรูปที่ 3.2

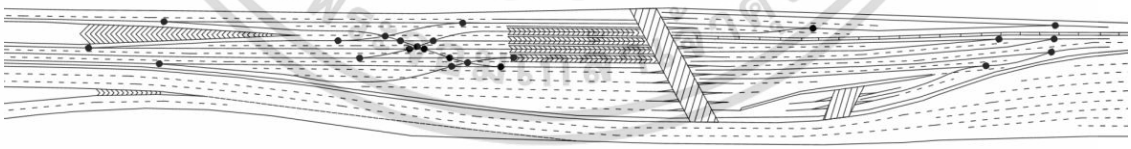
รูปที่ 3.1 บริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 (ขาเข้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะการจัดเรียงตู้เก็บค่าผ่านทางในปัจจุบัน

โดยที่ลักษณะการจัดเรียงตู้เก็บค่าผ่านทางในปัจจุบัน ส่งผลให้เกิดการตัดกันของกระแสจราจร คือ ผู้ที่มาจากเส้นทางบางนา-ตราดต้องการมุ่งหน้าสู่ดินแดงและใช้ระบบ MTC จะเกิดการตัดกระแสจราจรกับผู้ที่มาจากเส้นทางพิเศษบูรพาวิถีต้องการมุ่งหน้าสู่บางนาและใช้ระบบ MTC ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุและเกิดการจราจรติดขัด นอกจากที่ผู้ที่มาจากเส้นทางพิเศษบูรพาวิถีที่ใช้ระบบ ETC ไม่มีความสะดวกในการใช้ตู้เก็บค่าผ่านทางในระบบของตนเองพอสมควร การตัดกันของกระแสจราจรแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงการเกิดการตัดกันของกระแสจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

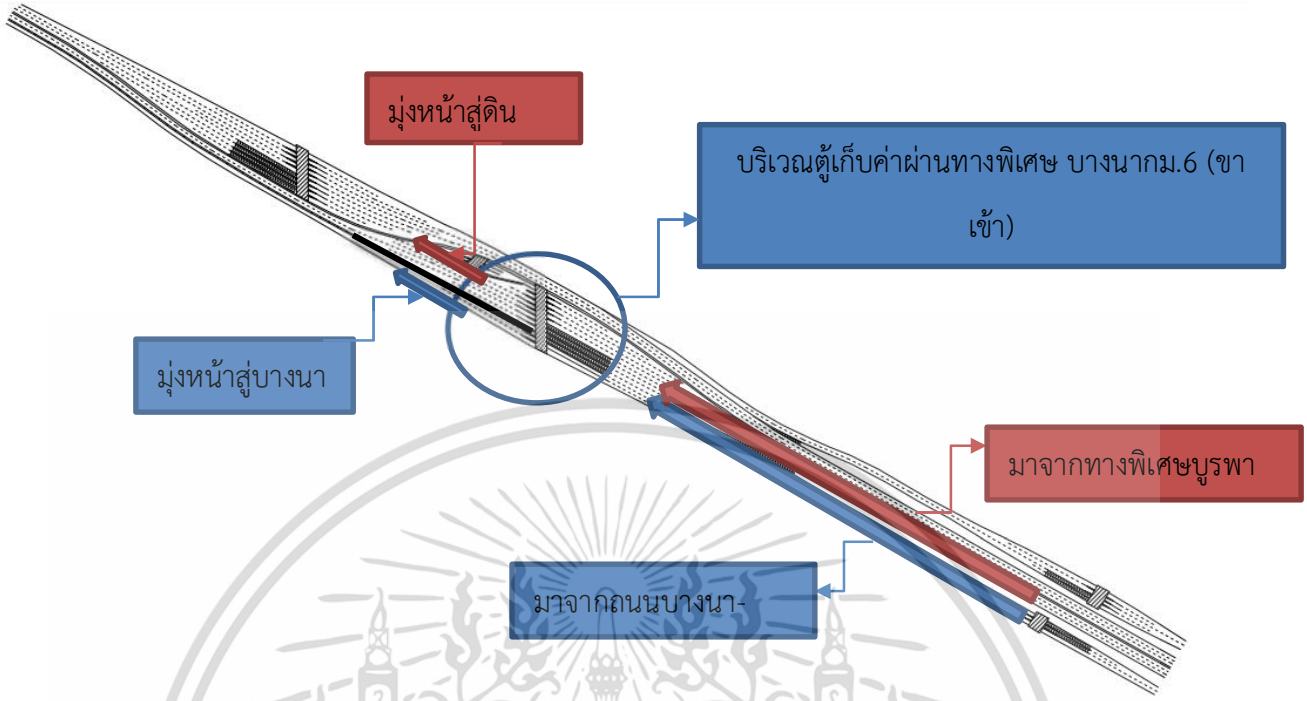
ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคของพื้นที่ศึกษา โดยได้เก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้ 1) ลักษณะทางกายภาพ 2) ปริมาณการจราจร 3) ปริมาณยานพาหนะที่ใช้บริการตู้เก็บค่าผ่านทางแต่ละตู้ 4) ความเร็วของยานพาหนะ และ 5)สภาพปัญหาการจราจร โดยมีรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

3.3.1 การเก็บข้อมูลทางกายภาพของด่านเก็บค่าผ่านทาง

ข้อมูลทางกายภาพที่จำเป็นต้องใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรพื้นที่ที่ศึกษา ประกอบด้วย

1. แผนที่หรือภาพถ่ายทางอากาศบนพื้นที่ที่ศึกษา
2. จำนวนช่องจราจร
3. ความกว้างช่องจราจร
4. รูปแบบของตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษ
5. การเก็บข้อมูลวีดีทัศน์จากการบันทึกการสังเกตสภาพจราจรในแง่มุมต่างๆบริเวณที่ศึกษา เป็นต้น โดยที่ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศได้รวบรวมมาจากเว็บไซต์ Google Map ในปีพ.ศ. 2561 นำมาวาดด้วยโปรแกรม AutoCAD ดังแสดงในรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะทางกายภาพบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนากม.6 (ขาเข้า)

3.3.2. การสำรวจระบบของยานพาหะ

ผู้ทำการวิจัยทำการสำรวจชนิดของยานพาหนะและระบบที่ยานพาหะใช้เพื่อทำการจ่ายค่าผ่านทางพิเศษโดยแบ่งประเภทของยานพาหนะออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ยานพาหนะ 4 ล้อที่ใช้ระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบ MTC
2. ยานพาหนะ 4 ล้อที่ใช้ระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบ ETC
3. ยานพาหนะ 6-10 ล้อที่ใช้ระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบ MTC
4. ยานพาหนะมากกว่า 10 ล้อที่ใช้ระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบ MTC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ของยานพาหนะแต่ละประเภท

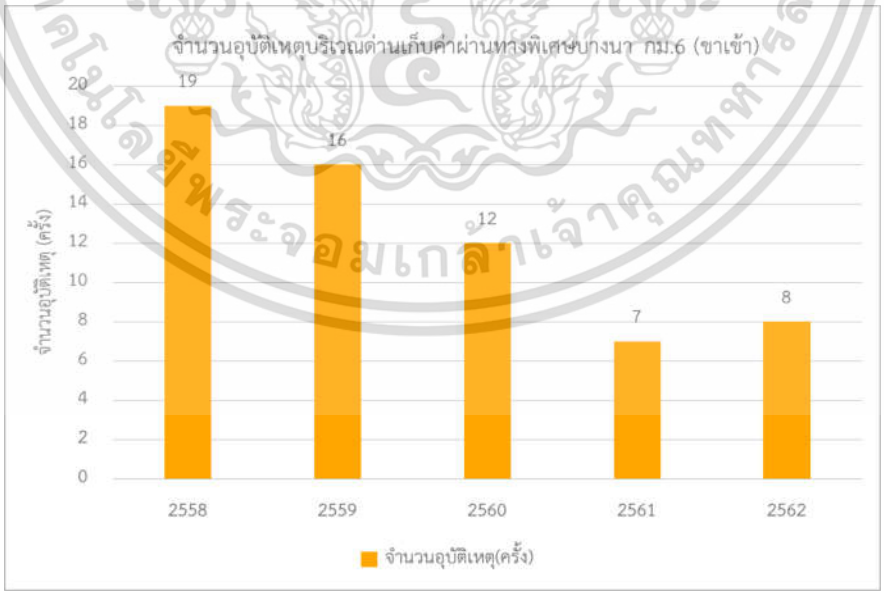
ประเภทยานพาหนะ	ร้อยละของยานพาหนะแต่ละประเภท
4 ล้อ (ETC)	48.12
4 ล้อ (MTC)	49.98
6-10 ล้อ	1.71
มากกว่า 10 ล้อ	0.19

3.3.3 การสำรวจข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทาง

ผู้ทำการวิจัยได้ขอข้อมูลลักษณะของการเกิดอุบัติและสถิติของการเกิดอุบัติเหตุบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนากม.6 (ขาเข้า) มีข้อมูลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 (ขาเข้า) ปี พ.ศ.2558-2562

ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ	ลักษณะช่องทาง	2558	2559	2560	2561	2562
บางนา กม.6 (ขาเข้า)	ทางเข้าด่านเก็บเงิน	15	10	10	5	2
	ทางตรง	4	6	2	2	6
	รวม	19	16	12	7	8

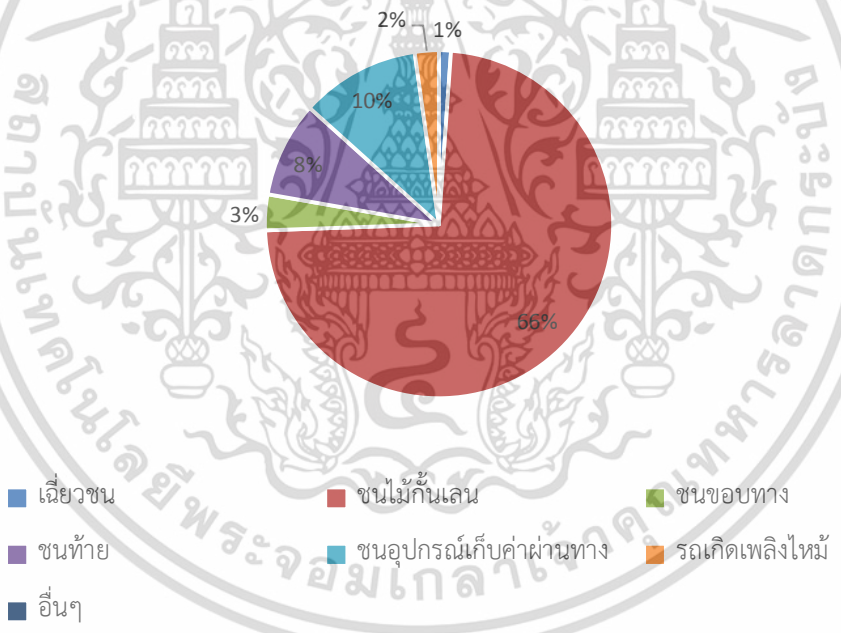


รูปที่ 3.5 กราฟแสดงจำนวนอุบัติเหตุบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 (ขาเข้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 (ขาเข้า) ปี พ.ศ.2558-2562

ด่านเก็บค่าผ่านทาง	ลักษณะช่องทาง	ลักษณะอุบัติเหตุ	2558	2559	2560	2561	2562	รวม
บางนากม.6 (ขาเข้า)	ทางเข้าด่านเก็บเงิน	เฉี่ยวชน	0	0	1	0	0	1
		ชนไม้กั้นเลน	15	11	5	4	6	41
		ขนขอบทาง	0	0	2	0	0	2
		ชนท้าย	3	1	1	0	0	5
		ชนอุปกรณ์เก็บค่าผ่านทาง	1	2	2	1	0	6
		ยานพาหนะเกิดเพลิงไหม้	0	1	0	0	0	1
		อื่นๆ	0	1	1	2	2	6
		รวม	19	16	12	7	8	62



รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงร้อยละของจำนวนครั้งที่เกิดอุบัติเหตุแต่ละลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

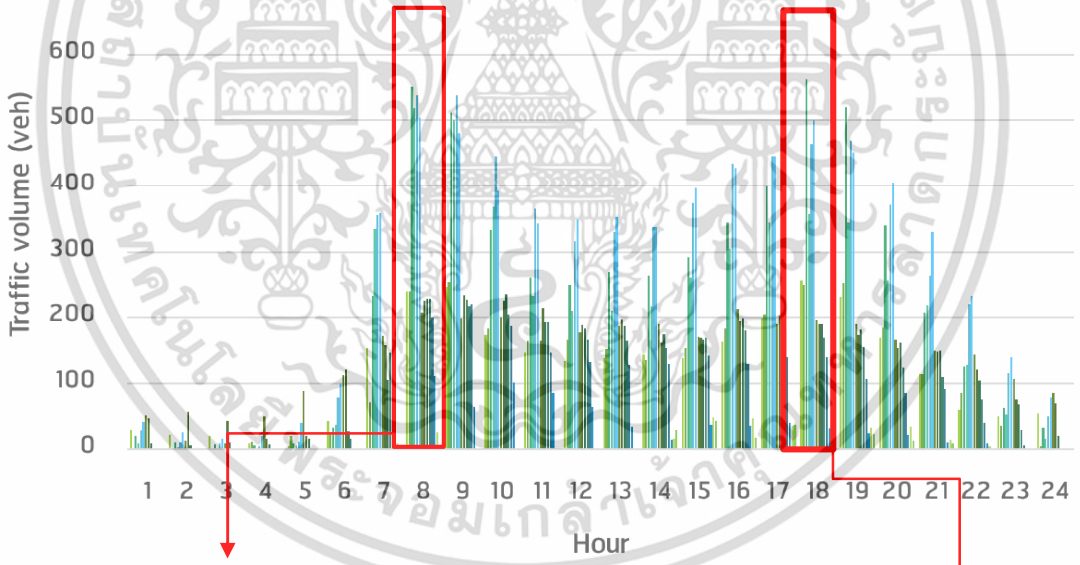
3.3.4 การสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ

ผู้ทำการวิจัยทำการสำรวจข้อมูลปริมาณจราจรที่ผ่านบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนากม.6 (ขาเข้า) โดยการขอข้อมูลจากการทางพิเศษแห่งประเทศไทยดังนี้ ปริมาณจราจรรายชั่วโมงตลอด 24 ชั่วโมงแยกแต่ละช่องเก็บค่าผ่านทางพิเศษเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ระหว่างวันที่ 1 กันยายน พ.ศ.2562 ถึง วันที่ 7 กันยายน พ.ศ.2562 ซึ่งจะแสดงไว้อย่างละเอียดในภาคผนวก ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเลือกปริมาณการจราจรรายชั่วโมงสูงสุดและนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดงการวิเคราะห์ปริมาณการจราจรรายชั่วโมงสูงสุด

ช่อง	ประเภทตู้	ปริมาณรถรายชั่วโมง																								รวม
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
X01	M	30	21	19	9	4	43	153	240	246	173	146	133	137	143	137	164	199	256	231	170	114	60	51	55	2934
X02	M/E	0	0	0	11	20	23	72	239	254	183	165	167	151	134	153	183	204	249	252	185	114	86	37	4	2886
EX03	E	20	10	7	6	9	33	233	552	512	333	260	250	269	263	293	345	399	563	520	341	208	124	63	33	5646
EX04	E	9	3	2	2	6	38	335	518	500	368	232	210	210	217	261	305	345	357	345	257	219	128	53	16	4936
EX05	E	28	10	8	4	11	78	356	539	539	445	365	317	330	337	374	435	446	464	469	371	263	220	115	51	6575
EX06	M/E	42	25	16	20	41	99	358	504	480	392	343	349	353	338	396	427	446	500	451	405	330	233	138	79	6765
X07	M	52	12	8	51	88	112	172	208	199	200	165	178	187	190	171	213	191	196	190	166	149	143	106	85	3432
X08	M	48	58	43	15	20	120	158	225	234	225	214	189	198	162	169	195	203	191	173	153	147	121	75	70	3406
X09	M	8	6	10	7	15	26	105	228	227	235	194	183	187	175	167	199	209	191	182	162	148	104	69	20	3057
X10	M	0	0	0	0	0	15	146	229	217	204	193	167	165	152	170	181	182	169	156	123	109	75	29	0	2682
X11	M	0	0	0	0	0	0	107	200	220	188	146	132	128	129	141	129	139	138	107	85	91	40	5	0	2125
X12	M	0	0	0	0	0	0	2	111	64	101	86	64	35	14	38	37	41	32	24	21	10	9	0	0	689
X13	M	0	0	0	0	0	0	9	25	0	0	0	0	0	16	49	47	36	35	34	35	14	4	0	0	304
X14	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	44	17	38	29	22	13	9	0	0	0	202



ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า 7.00 น.-8.00 น.

ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น 17.00 น.-18.00 น.

3.3.5 การสำรวจความเร็วของยานพาหนะ

การสำรวจข้อมูลความเร็วผู้ทำการวิจัยใช้วิธีการสำรวจความเร็วแบบเฉพาะจุด (Spot Speed) โดยใช้การจับเวลายานพาหนะที่วิ่งผ่านจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทาง ทั้งนี้ผู้ทำการวิจัยมีอุปสรรคต่อการจับความเร็วของยานพาหนะเนื่องจากบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านมีความอันตรายต่อการไปเก็บข้อมูลผู้ทำการวิจัยจึงขอข้อมูลภาพวีดีทัศน์จากการทางพิเศษแห่งประเทศไทยที่บันทึกการสัญจรของยานพาหนะและทำการกำหนดจุด2จุดซึ่งทราบระยะทางจากนั้นทำการจับเวลารายละเอียดการบันทึกเวลาจะแสดงไว้ในภาคผนวก นำข้อมูลที่ได้หาความเร็วดังนี้

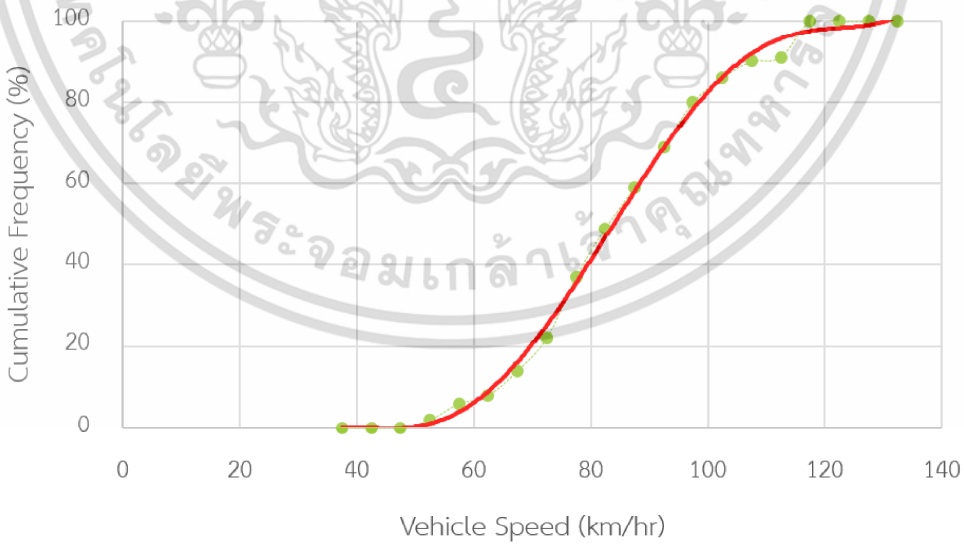
$$\text{ความเร็ว} = \frac{\text{ระยะทาง}}{\text{เวลา}}$$

โดยที่ ความเร็ว มีหน่วยเป็น กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ระยะทาง มีหน่วยเป็น กิโลเมตร

เวลา มีหน่วยเป็น ชั่วโมง

นำข้อมูลความเร็วที่คำนวณได้จากตัวอย่างยานพาหนะ 100 คันสร้างกราฟแสดงช่วงความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง) ต่อ ความถี่สะสมเพื่อนำไปใช้กับแบบจำลองดังนี้



Frequency cumulative curve of observed vehicles'speed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

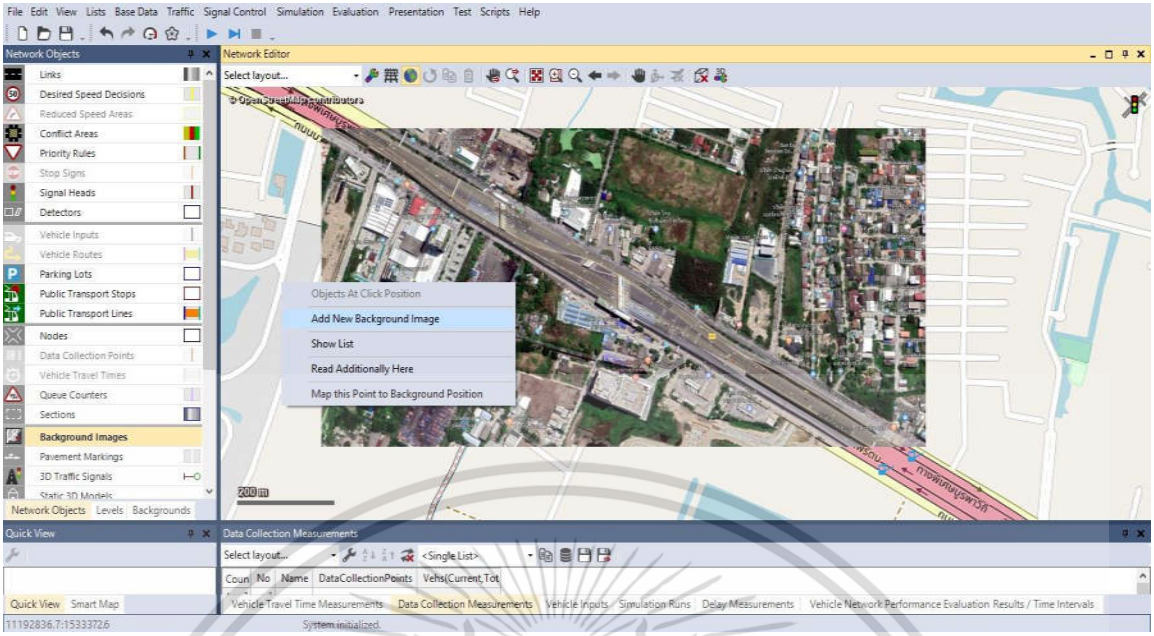
3.4 การพัฒนาแบบจำลอง

การสร้างและพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยในการศึกษาและช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาของสภาพการจราจรที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในปัจจุบันของ บริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนากม.6 (ขาเข้า) การสร้างและพัฒนาแบบจำลอง สภาพจราจรระดับจุลภาคยังสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาทางด้านการจราจรต่างๆ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนากม.6 (ขาเข้า) โดยจะนำข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการเก็บข้อมูลมาใช้ในการสร้างและพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและเก็บข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง ได้แก่ ข้อมูลปริมาณจราจร ข้อมูลจำนวนรถที่ผ่านแต่ละตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษ ความเร็วของยานพาหนะ ลักษณะทางกายภาพบริเวณด่าน เป็นต้น ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้จะทำการสร้างและพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคโดยใช้ โปรแกรม VISSIM ซึ่งเป็นหนึ่งในโปรแกรมจลองสภาพจราจรระดับจุลภาคที่ได้รับการยอมรับ และมี การใช้งานกันอย่างแพร่หลายสำหรับเป็นเครื่องมือในการพัฒนาและวิเคราะห์ เพื่อช่วยในการตัดสินใจในการประเมินทางเลือกสำหรับการแก้ไขปัญหาการจราจรซึ่งขั้นตอนต่างๆในการสร้างและพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคมีรายละเอียด ดังนี้

3.4.1 การสร้างโครงข่ายถนนบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ

การสร้างโครงข่ายถนนบนแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคโดยใช้โปรแกรม VISSIM นั้น จะเริ่มต้นจากการนำเข้าภาพพื้นหลัง ซึ่งเป็นภาพที่แสดงถึงลักษณะทางกายภาพของพื้นที่การศึกษา โดยการนำภาพถ่ายทางอากาศจากเว็บไซต์ Google Map แล้วนำภาพไปปรับมาตราส่วนในโปรแกรม Auto CAD เพื่อให้ได้ภาพที่มีมาตราส่วนเท่าสถานที่จริง แล้วจึงนำภาพที่ปรับมาตราส่วนแล้วเข้าไปเป็นภาพพื้นหลังในโปรแกรม VISSIM ซึ่งมีขั้นตอนในการนำภาพพื้นหลัง เข้าสู่โปรแกรม โดยให้เลือกคำสั่ง Background > Add New Background Image จากนั้นจึงทำการเลือกไฟล์รูปภาพที่ต้องการ การนำเข้าภาพพื้นหลังแสดงดัง รูปที่ 3.6

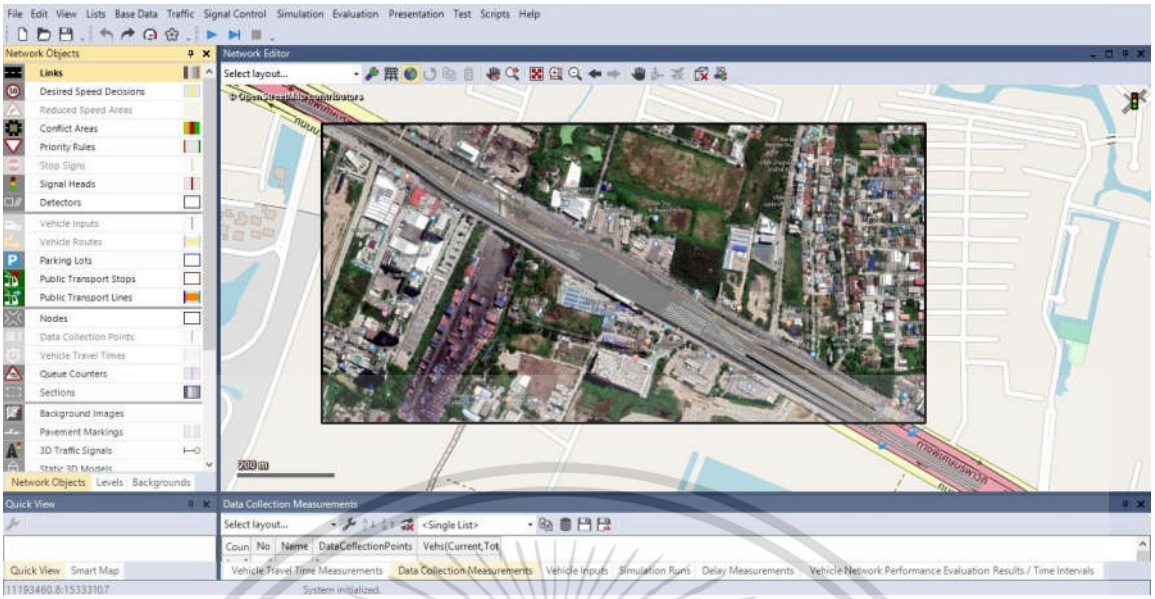
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงการนำเข้าภาพพื้นหลัง

จากนั้นทำการสร้างโครงข่ายถนน (Link) ให้มีลักษณะที่สอดคล้องกับพื้นที่การศึกษา โดยจะนำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลมาใช้ในการสร้างโครงข่ายของถนน การสร้างโครงข่ายถนนจะสร้างโดยการใช้ คำสั่ง Links ซึ่งเป็นคำสั่งที่จำเป็นจะต้องใส่ข้อมูลทางกายภาพของถนนที่ได้จากการวบรวมข้อมูลลงไป ข้อมูลจำนวนช่องจราจร ข้อมูลขนาดความกว้างของถนนและช่องจราจรบนถนนแต่ละเส้น โดยถนนแต่ละเส้นจะสามารถเชื่อมโยงกันได้ โดยใช้คำสั่ง Connectors ซึ่งในการสร้างโครงข่ายของถนนนั้นจะสามารถ กำหนดลักษณะเพิ่มเติมของถนนแต่ละเส้นได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงการสร้างโครงข่ายถนนบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ

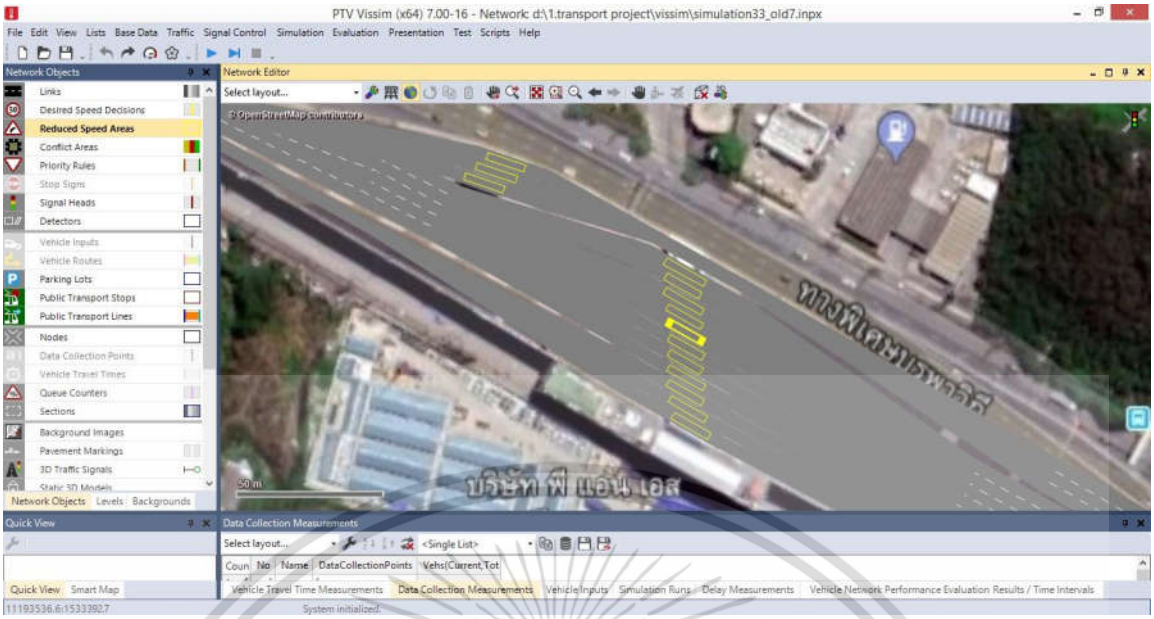
3.4.2 การสร้างตัวแทนของตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษ

การสร้างตัวแทนของตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษเป็นการสร้างแบบจำลองการชะลอความเร็วของยานพาหนะก่อนการเข้าตู้จ่ายค่าผ่านทางและการหยุดของยานพาหนะในขณะที่จ่ายค่าผ่านทางพิเศษทั้งระบบ MTC และ ระบบ ETC ซึ่งการสร้างตัวแทนของตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษจะแบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่ ส่วนชะลอความเร็วของยานพาหนะและส่วนของการหยุดของยานพาหนะ แสดงดังต่อไปนี้

3.4.2.1 การกำหนดพื้นที่ชะลอความเร็ว (Reduce Speed Areas)

การกำหนดพื้นที่ชะลอความเร็วเป็นการสร้างช่วงพื้นที่ลดความเร็วบนทางพิเศษ เช่น บริเวณพื้นที่หน้าด่านเก็บค่าผ่านทางก่อนเข้าสู่ด่านเก็บค่าผ่านทางและบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางระบบ ETC เพื่อให้รถชะลอความเร็ว โดยเลือกใช้คำสั่ง Reduce Speed Areas ดังแสดงในรูปที่ 3.8

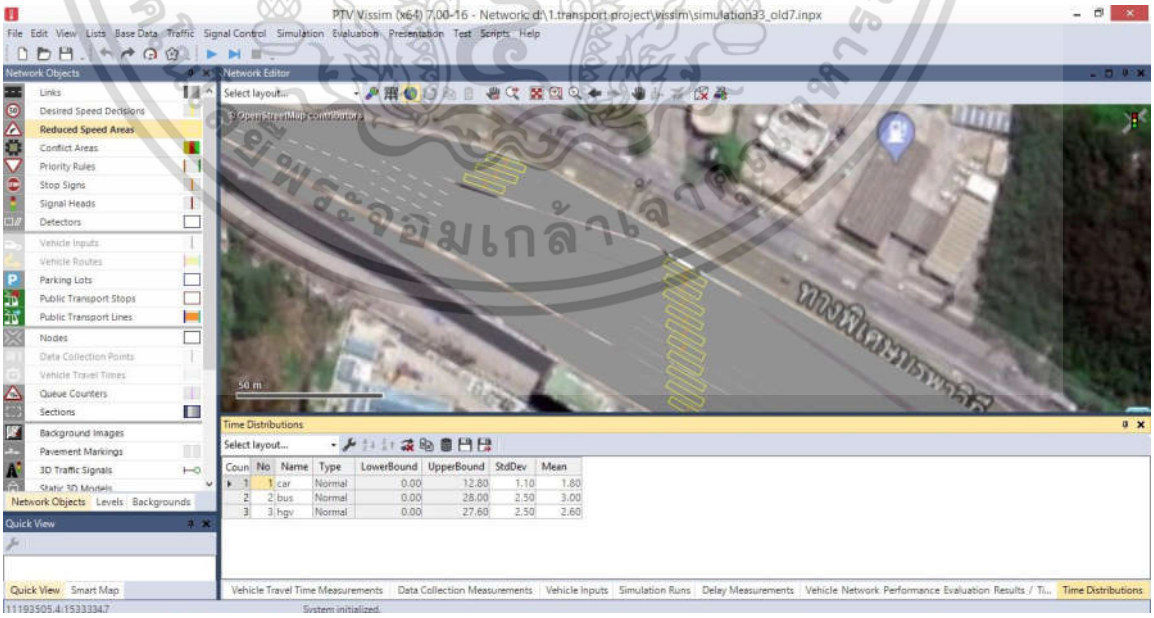
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงการกำหนดพื้นที่ชะลอความเร็ว

3.4.2.2. การกำหนดจุดหยุดยานพาหนะ

เป็นการกำหนดให้ยานพาหนะระบบ MTC หยุดเพื่อทำการจ่ายค่าผ่านทางโดยการกำหนดเวลาหยุดนั้นจะต้องนำเข้าข้อมูลของ Dwell Time โดยผู้วิจัยได้นำเข้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเวลาหยุดและค่าเฉลี่ยของเวลาหยุดจากงานวิจัยของ ณัฏฐ์ กริตย์ณฐิณี (2555) โดยใช้คำสั่ง Base Data > Distribution > Time ดังแสดงดังรูปที่ 3.9

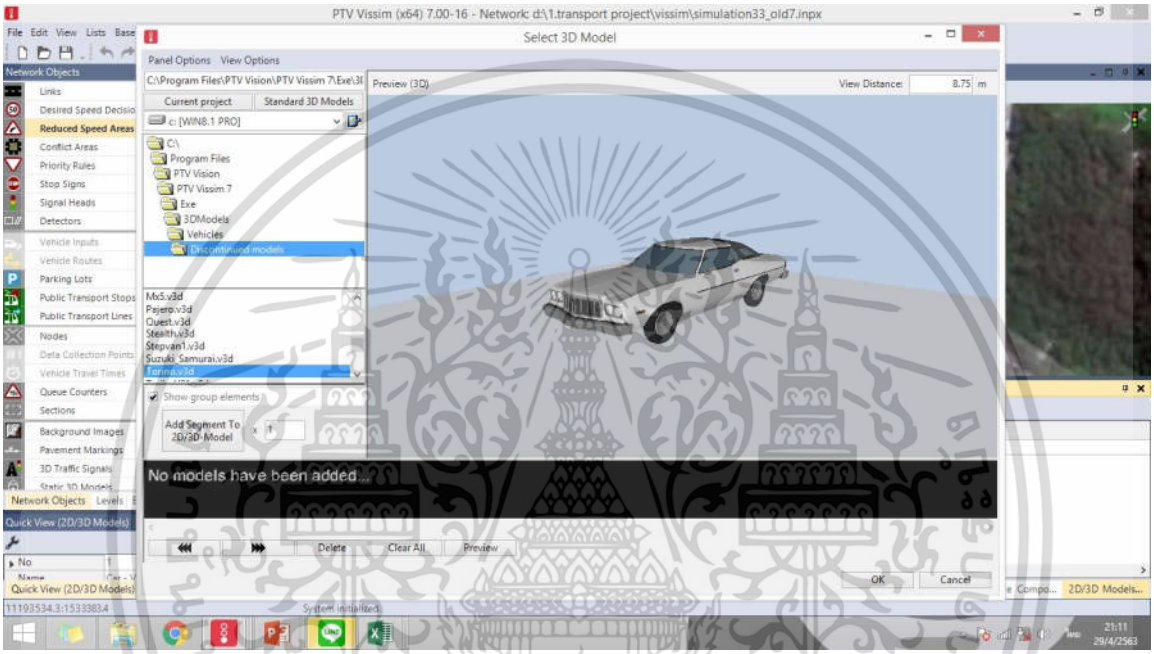


รูปที่ 3.10 แสดงการนำเข้าข้อมูล Dwell Time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การจำลองตัวแทนยานพาหนะ

เนื่องจากบริเวณด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนากม.6 (ขาเข้า) ประกอบไปด้วยยานพาหนะหลายประเภทดังนั้นจึงต้องมีการสร้างตัวแทนของยานพาหนะให้สอดคล้องกับยานพาหนะที่ใช้จริงบริเวณด่านและเพื่อการวิเคราะห์แบบจำลองที่ถูกต้องจำเป็นจะต้องแบ่งยานพาหนะทุกประเภทด้วยลักษณะทางกายภาพตามความเป็นจริงทั้งความกว้าง ความยาวและความสูงของยานพาหนะ ดังแสดงในรูปที่ 3.10

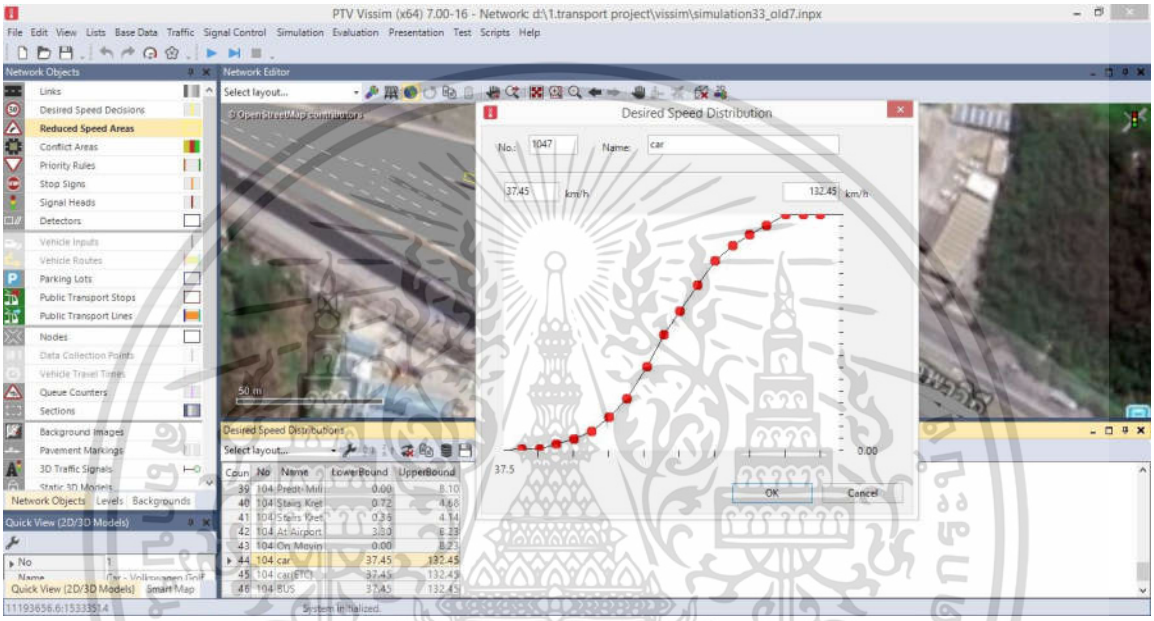


รูปที่ 3.11 แสดงการจำลองตัวแทนของยานพาหนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 การสร้างกราฟการกระจายตัวความเร็วของยานพาหนะ (Desired Speed)

เป็นขั้นตอนในการกำหนดค่าความเร็วของยานพาหนะ ซึ่งได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลของตัวอย่างยานพาหนะ การใส่ค่าความเร็วนั้นจะเป็นการใส่ค่าในรูปแบบของช่วงความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง) ต่อความถี่สะสมโดยใช้คำสั่ง Menu > Base Data > Distributions > Desired Speed ดังแสดงในรูปที่ 3.11

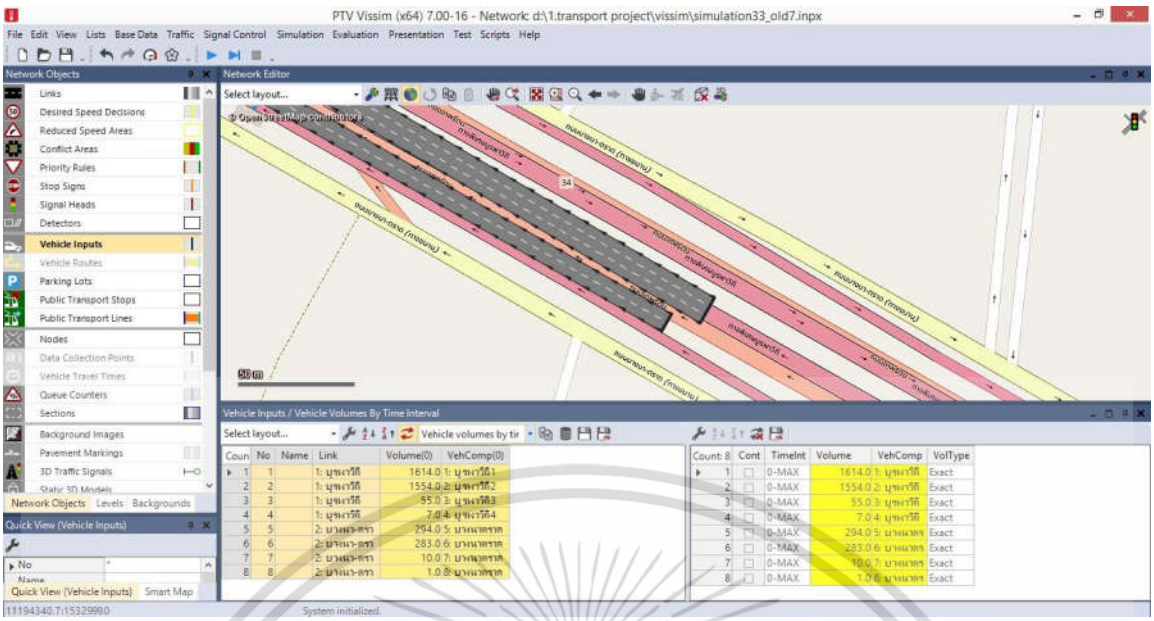


รูปที่ 3.12 แสดงการกำหนดค่าความเร็วของยานพาหนะ

3.4.5. การนำเข้าข้อมูลปริมาณการจราจร (Vehicle Inputs)

การนำเข้าข้อมูลปริมาณจราจรเป็นการกำหนดปริมาณจราจรของยานพาหนะชนิดต่างๆ บนถนนแต่ละเส้นโดยการกำหนดจุดปล่อยปริมาณการจราจรเป็น 2 จุดคือจุดบนถนนทางพิเศษบูรพาวิถีและจุดบนถนนบางนา-ตราด โดยยานพาหนะจะแบ่งออกเป็น 4 ประเภทคือ 1) ยานพาหนะ 4 ล้อที่ใช้ระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบ MTC 2) ยานพาหนะ 4 ล้อที่ใช้ระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบ ETC 3) ยานพาหนะ 6-10 ล้อที่ใช้ระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบ MTC (Bus) 4) ยานพาหนะมากกว่า 10 ล้อที่ใช้ระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบ MTC (HGV) ดังแสดงในรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แสดงการนำเข้าข้อมูลปริมาณการจราจร (Vehicle Inputs)

3.4.6 การกำหนดสัดส่วนของการจราจร (Vehicle Compositions)

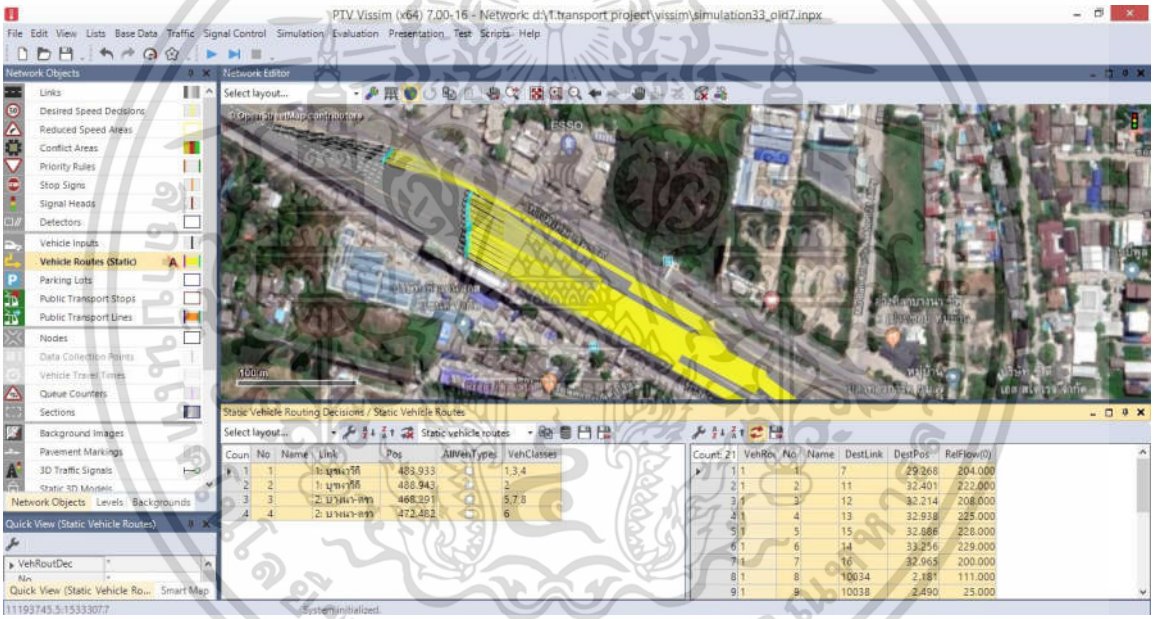
การกำหนดสัดส่วนของปริมาณจราจรเป็นการกำหนดชุดข้อมูลของยานพาหนะที่วิ่งบนถนนแต่ละเส้นว่าบนถนนเส้นนั้นมีสัดส่วนของปริมาณการจราจรของยานพาหนะแต่ละประเภทเท่าใดและมีความเร็วที่ใช้ของยานพาหนะแต่ละประเภทเท่าใด โดยเลือกความเร็วจากข้อมูลความเร็วที่ได้สร้างขึ้นในขั้นตอน 3.4.4 ซึ่งใช้คำสั่ง Traffic > Vehicle Compositions ดังแสดงในรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.14 แสดงการกำหนดสัดส่วนของการจราจร (Vehicle Compositions)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.7 การกำหนดเส้นทางการจราจร (Routes)

การกำหนดเส้นทางการจราจรเป็นขั้นตอนในการสร้างเส้นทางให้ยานพาหนะวิ่ง โดยการกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของแต่ละเส้นทาง โดยจุดเริ่มต้นของเส้นทาง (Routes) จะมี 2 จุดคือจุดที่อยู่บนถนนทางพิเศษบูรพาวิถีและจุดที่อยู่บนถนนบางนา-ตราดโดยมีจุดสิ้นสุดของเส้นทาง (Routes) 2 จุดคือจุดเส้นทางบางนาและจุดเส้นทางดินแดงโดยแบ่งแยกเส้นทาง (Routes) เข้าสู่ตู้เก็บค่าผ่านทางทั้งหมด 14 ตู้ ตามประเภทของยานพาหนะและตามจำนวนของยานพาหนะที่ผ่านแต่ละตู้ที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลทำได้โดยการกำหนดประเภทของยานพาหนะและกำหนดสัดส่วนของยานพาหนะในแต่ละเส้นทาง การสร้างเส้นทาง (Routes) จะใช้คำสั่ง Routes แสดงดังรูปที่ 3.14

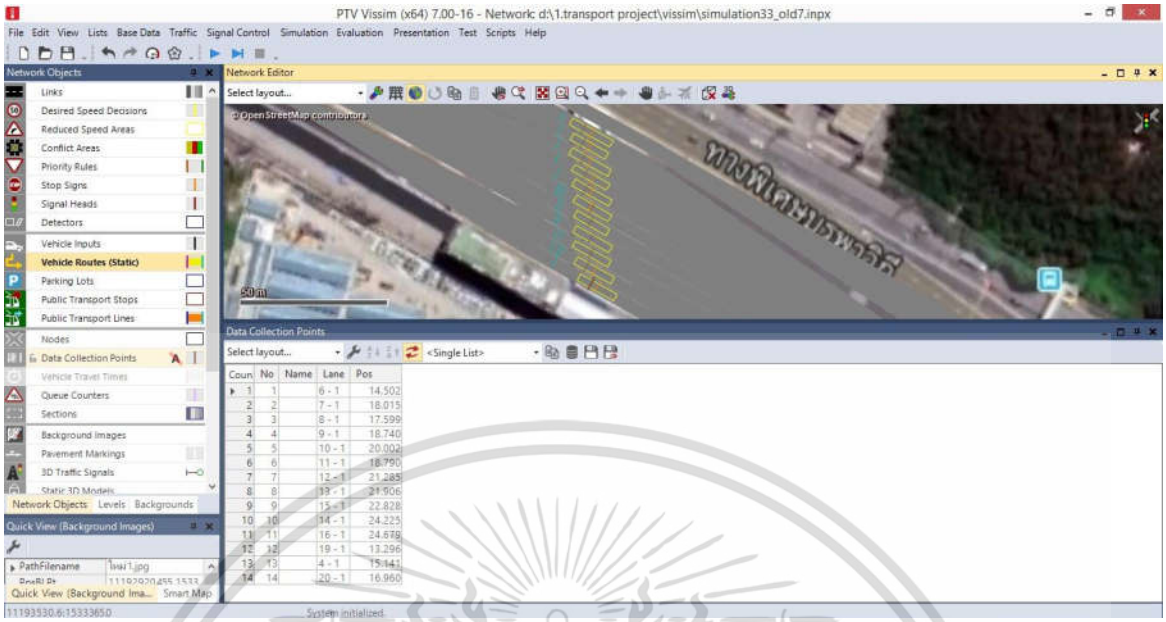


รูปที่ 3.15 แสดงการกำหนดเส้นทางการจราจร (Routes)

3.4.8 การติดตั้งจุดเก็บข้อมูล (Data Collection Points)

การติดตั้งจุดเก็บข้อมูลเป็นการเก็บผลข้อมูลจากแบบจำลองเพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงว่ามีความถูกต้องหรือไม่ โดยทำการติดตั้งจุดเก็บข้อมูลทั้งหมด 14 จุดตามตำแหน่งของตู้เก็บค่าผ่านทางทุกตู้เพื่อนำข้อมูลปริมาณการจราจรที่เข้าแต่ละตู้ของแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจริง ซึ่งถ้าหากข้อมูลไม่ผ่านเกณฑ์จะต้องทำการปรับแก้แบบจำลองต่อไป การติดตั้งจุดเก็บข้อมูลแสดงในรูปที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

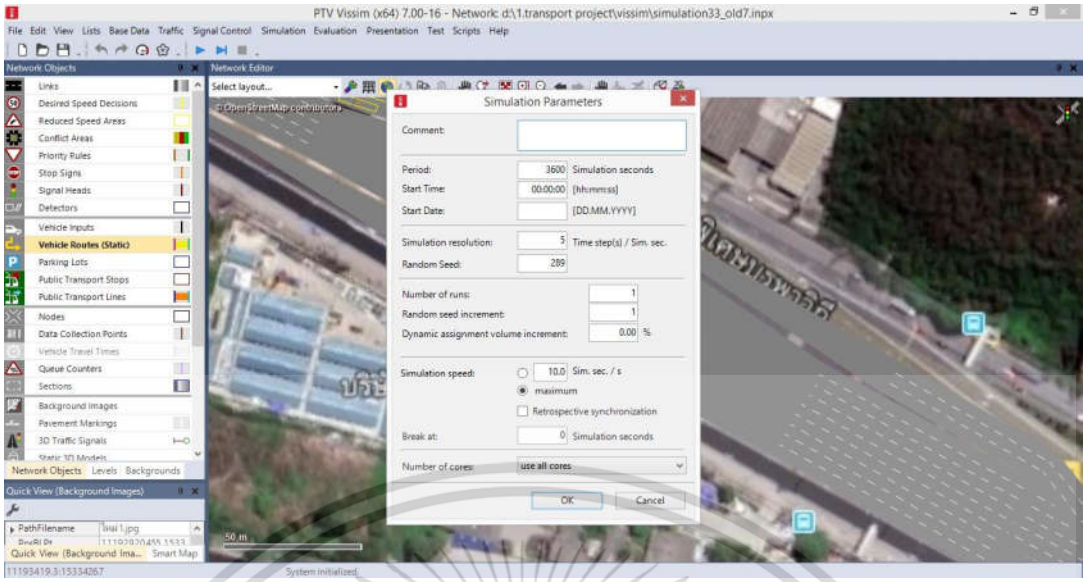


รูปที่ 3.16 แสดงการติดตั้งจุดเก็บข้อมูล (Data Collection Points)

3.4.8 การกำหนดตัวแปรการจำลองสภาพการจราจร (Simulation Parameters)

การกำหนดตัวแปรเพื่อจำลองสภาพการจราจรด้วยโปรแกรม VSSM ประกอบด้วย 1) เวลาที่ใช้ในการจำลอง (Period) เป็นการกำหนดเวลาการวิเคราะห์ผล ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดเวลาไว้ที่ 3,600 วินาที 2) ค่า Simulation resolution โดยงานวิจัยส่วนใหญ่กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 5 ส่วน 3) ค่า Random Seed เป็นการกำหนดโดยวิธีสุ่ม ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดไว้ที่ 289 เป็นค่าที่ดีที่สุด และ 4) ค่า Number of cores โดยเลือกค่า use all cores เพื่อเพิ่มความสามารถและประสิทธิภาพการทำงานของคอมพิวเตอร์ให้มากที่สุด การกำหนดตัวแปรข้างต้นดังแสดงในรูปที่ 3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



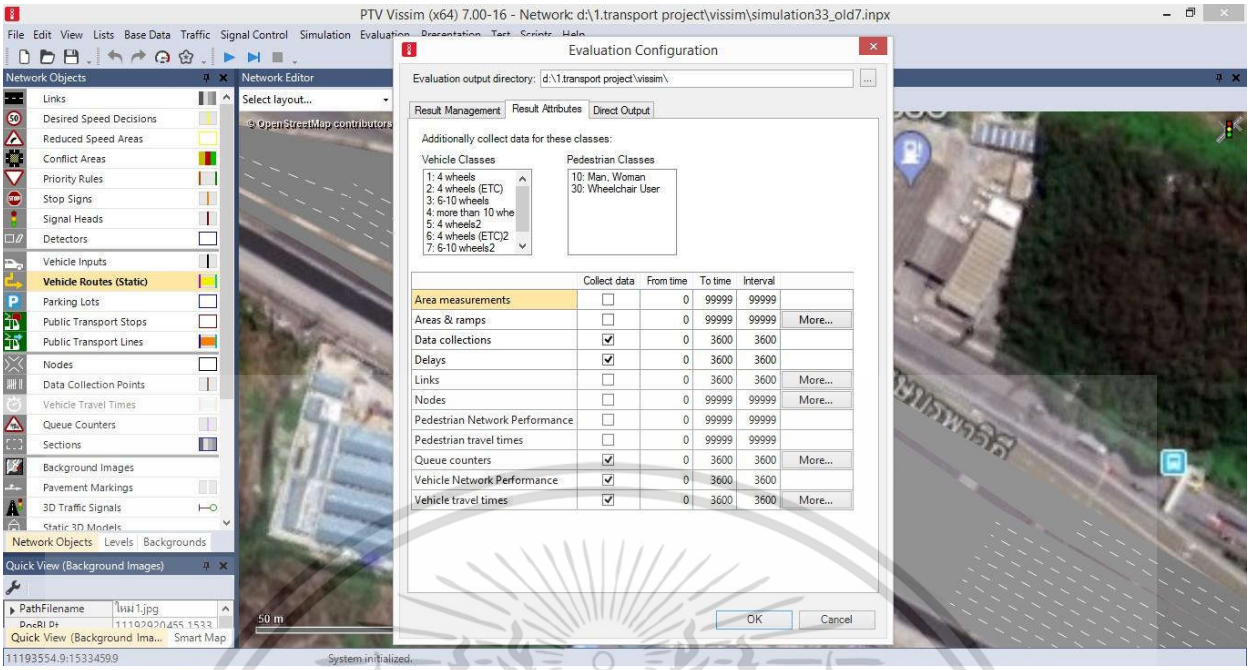
รูปที่ 3.17 แสดงการกำหนดตัวแปรการจำลองสภาพการจราจร (Simulation Parameters)

3.4.9 การเลือกใช้เครื่องมือเพื่อประเมินผลจากแบบจำลอง (Evaluation Configuration)

การเลือกใช้เครื่องมือในการประเมินผลจากแบบจำลอง เป็นการนำข้อมูลจากเครื่องมือที่มีตัวชี้วัดจากโปรแกรมมาประเมินผลแบบจำลองซึ่งโปรแกรม VISSIM มีเครื่องมือที่เป็นตัวชี้วัดในด้านต่างๆ มากมาย ดังแสดงในรูปที่ 3.17 ในการนำข้อมูลต่างๆ มาใช้งานนั้นจะต้องมีการตั้งค่าเพื่อเลือกเครื่องมือที่ตรงกับวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกเครื่องมือตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย

1. ข้อมูลปริมาณการจราจร
2. ข้อมูลความยาวแถวคอย
3. ข้อมูลความล่าช้า
4. ข้อมูลเวลาในการเดินทาง
5. ความเร็วโครงข่าย ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลที่ต้องนำไปใช้ในการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองในลำดับถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

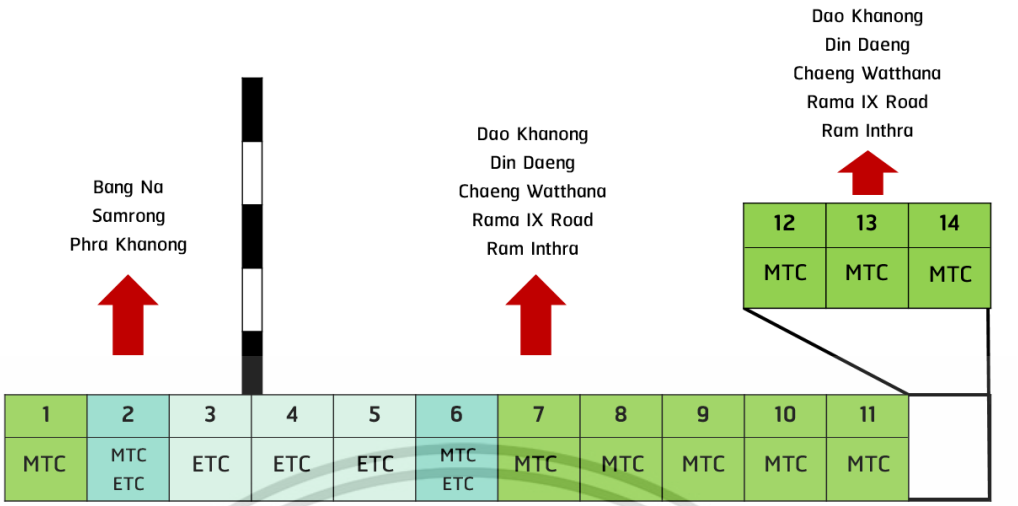


รูปที่ 3.18 แสดงการตั้งค่าเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลของแบบจำลอง

3.5 การปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration)

การปรับเทียบแบบจำลองเป็นกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องของผลที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลอง และทำการเปลี่ยนค่าตัวแปรบางตัวแปรในแบบจำลองฐาน เพื่อให้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองมีค่าที่ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด ดังนั้น ขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลองถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ซึ่งการปรับเทียบแบบจำลองฐานสามารถทำได้โดยนำผลที่ได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงที่สำรวจในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น โดยการสร้างแบบจำลองในรูปแบบปัจจุบันดังแสดงดังรูปที่ 3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 แสดงรูปแบบการจัดวางรูปแบบตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษด่านบางนากม.6 ในปัจจุบัน

โดยผลที่ได้ต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงสามารถนำแบบจำลองดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การจัดเรียงตู้เก็บค่าผ่านทางต่อไปได้โดยทั่วไป การปรับเทียบแบบจำลองฐาน มักพิจารณาจากตัวชี้วัดเช่น ปริมาณการจราจร ความยาวแถวคอย ความเร็ว เวลา และความล่าช้าในการเดินทาง เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ปริมาณการจราจรในการปรับเทียบแบบจำลองเป็นหลัก ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบผลของปริมาณการจราจรที่เข้าแต่ละตู้เก็บค่าผ่านทางในแบบจำลองกับปริมาณการจราจรที่เข้าแต่ละตู้เก็บค่าผ่านทางที่เป็นข้อมูลจริง โดยใช้ข้อมูลปริมาณการจราจรรายชั่วโมงสูงสุดในช่วงเวลา 7.00น.-8.00น. โดยการพิจารณาค่า GEH ซึ่งเป็นค่าทางสถิติที่ใช้ในการคำนวณในงานด้านวิศวกรรมจราจร เป็นการคาดการณ์ปริมาณจราจร และแบบจำลองด้านการจราจร โดยค่า GEH นั้น เป็นค่าที่พัฒนามาจากหลักการทางสถิติที่เรียกว่า ไค-สแควร์ (Chi-squared) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$GEH = \sqrt{\frac{(simulated - observed)^2}{0.5x(simulated + observed)}}$$

โดยที่ Simulated คือ ค่าที่ได้จากแบบจำลอง

Observed คือ ค่าที่ได้จากการสำรวจจริง

ซึ่งค่า GEH ที่ได้สามารถประมวลผลได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า GEH < 5.0 หมายถึง ปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลภาคสนาม

ถ้า 5 < GEH < 10 หมายถึง ต้องมีการพิจารณาและตรวจสอบ เพื่อปรับเทียบปริมาณการจราจรใหม่อีกครั้ง

ถ้า GEH > 10 หมายถึง ปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองไม่มีความสอดคล้องกับข้อมูลจากภาคสนาม

ซึ่งผลที่ได้จากการตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนโดยใช้ค่า GEH ได้ผลดังตารางที่3.6

ตารางที่ 3.5 แสดงผลการปรับเทียบแบบจำลองด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนากม.6 (ขาเข้า)

ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (17.00 น. - 18.00 น.)						
Random Seed	Booth No.	Real Data	Model	% Diff	GEH	GEH < 5.00
289	1	240	226	5.83	0.92	OK
	2	239	242	-1.26	0.19	OK
	3	552	557	-0.91	0.21	OK
	4	518	497	4.05	0.93	OK
	5	539	532	1.30	0.30	OK
	6	504	461	8.53	1.96	OK
	7	208	201	3.37	0.49	OK
	8	225	231	-2.67	0.40	OK
	9	228	238	-4.39	0.66	OK
	10	229	233	-1.75	0.26	OK
	11	200	204	-2.00	0.28	OK
	12	111	112	-0.90	0.09	OK
	13	25	29	-16.00	0.77	OK
	14	0	0	0.00	0.00	OK
	sum	3818	3763	1.44	0.89	OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐาน มีวัตถุประสงค์เพื่อยืนยันว่าแบบจำลองที่ได้ทำการปรับเทียบแล้วนั้นมีความถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด โดยการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองมีวิธีดำเนินการเช่นเดียวกับการปรับเทียบแบบจำลอง เพียงแต่เปลี่ยนข้อมูลปริมาณการจราจรที่นำเข้าในแบบจำลองใหม่ ซึ่งจากเดิมเป็นข้อมูลปริมาณการจราจรรายชั่วโมงสูงสุดช่วงเช้าเปลี่ยนเป็นข้อมูลปริมาณการจราจรรายชั่วโมงสูงสุดช่วงเวลาเวลา 17.00น.-18.00 น. โดยข้อมูลดังกล่าว ถือว่าข้อมูลมีความอิสระจากกันสามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองได้ ซึ่งผลของข้อมูลปริมาณการจราจรจากแบบจำลองจะต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากสภาพจริงเช่นกัน ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองแสดงดังตารางที่ 3.7

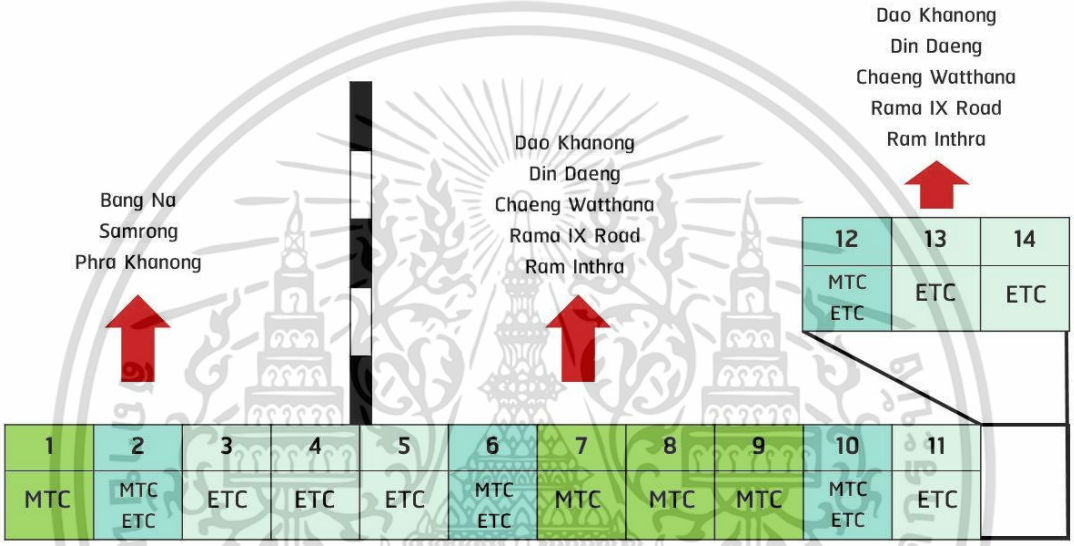
ตารางที่ 3.6 แสดงผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนากม.6 (ขาเข้า)

ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (17.00 น. - 18.00 น.)						
Random Seed	Booth No.	Real Data	Model	% Diff	GEH	GEH < 5.00
289	1	256	216	15.63	2.60	OK
	2	249	261	-4.82	0.75	OK
	3	563	485	13.85	3.41	OK
	4	357	304	14.85	2.92	OK
	5	464	385	17.03	3.83	OK
	6	500	429	14.20	3.29	OK
	7	196	228	-16.33	2.20	OK
	8	191	253	-32.46	4.16	OK
	9	191	244	-27.75	3.59	OK
	10	169	212	-25.44	3.12	OK
	11	138	182	-31.88	3.48	OK
	12	32	33	-3.13	0.18	OK
	13	35	56	-60.00	3.11	OK
	14	29	37	-27.59	1.39	OK
	sum	3370	3325	1.34	0.78	OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

การประยุกต์ใช้แบบจำลองนี้จะเป็นการนำแบบจำลองที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้วไปประยุกต์ใช้ในการ จัดเรียงตู้เก็บค่าผ่านทางใหม่ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยใช้การจำลองสถานการณ์ในการจัดเรียงตู้เก็บค่าผ่านทางหลากหลายรูปแบบที่แตกต่างกัน เพื่อวิเคราะห์หารูปแบบที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ยานพาหนะใช้เวลาในการเดินทางน้อยที่สุด โดยสถานการณ์แรกจะเป็นรูปแบบที่การทางพิเศษแห่งประเทศไทยได้เสนอแนวทางการจัดรูปแบบตู้เก็บค่าผ่านทางใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.20 แสดงแนวทางการจัดเรียงตู้เก็บค่าผ่านทางใหม่เสนอโดยการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

ซึ่งผู้ทำการวิจัยได้เสนอแนวทางในการสับเปลี่ยนตำแหน่งของตู้เก็บค่าผ่านทางโดยจะทำการแบ่งแยกเส้นทางการจราจรออกเป็น 2 เส้นทางคือ 1) เส้นทางที่มุ่งหน้าสู่บางนาเป็นเส้นทางที่มีตู้เก็บค่าผ่านทางจำนวน 3 ตู้ประกอบไปด้วยระบบ MTC,ETC และ ระบบผสม ผู้ทำการวิจัยได้ทำการสับเปลี่ยนตู้เก็บค่าผ่านทางเพื่อไม่ให้เป็นการตัดกันของกระแสจราจรตู้ที่3และ4จึงจำเป็นที่จะต้องใช้ระบบผสม 2) เส้นทางที่มุ่งหน้าสู่ดินแดงประกอบไปด้วยตู้เก็บค่าผ่านทาง 11 ตู้ประกอบไปด้วย MTC 8 ตู้, ETC 2 ตู้ และระบบผสม 1 ตู้ ผู้ทำการวิจัยได้ทำการสับเปลี่ยนตู้เก็บค่าผ่านทางดังตาราง

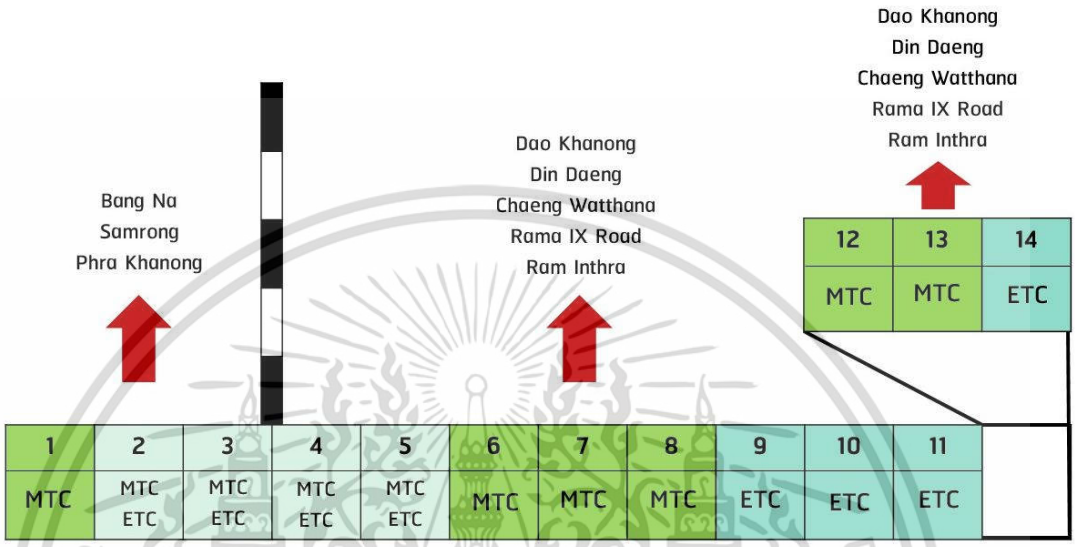
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 แสดงรูปแบบสถานการณ์การสับเปลี่ยนตู้เก็บค่าผ่านทาง

Situation	Booth no.													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	M	E	M/E	M/E	M	M	E	E	M	M	M	M	M	M
2	M	E	M/E	M/E	M	M	E	M	E	M	M	M	M	M
3	M	E	M/E	M/E	M	M	E	M	M	E	M	M	M	M
4	M	E	M/E	M/E	M	M	E	M	M	M	E	M	M	M
5	M	E	M/E	M/E	M	M	E	M	M	M	M	E	M	M
6	M	E	M/E	M/E	M	M	E	M	M	M	M	M	E	M
7	M	E	M/E	M/E	M	M	E	M	M	M	M	M	M	E
8	M	E	M/E	M/E	M	M	M	E	E	M	M	M	M	M
9	M	E	M/E	M/E	M	M	M	E	M	E	M	M	M	M
10	M	E	M/E	M/E	M	M	M	E	M	M	E	M	M	M
11	M	E	M/E	M/E	M	M	M	E	M	M	M	E	M	M
12	M	E	M/E	M/E	M	M	M	E	M	M	M	M	E	M
13	M	E	M/E	M/E	M	M	M	E	M	M	M	M	M	E
14	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	E	E	M	M	M	M
15	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	E	M	E	M	M	M
16	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	E	M	M	E	M	M
17	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	E	M	M	M	E	M
18	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	E	M	M	M	M	E
19	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	E	E	M	M	M
20	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	E	M	E	M	M
21	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	E	M	M	E	M
22	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	E	M	M	M	E
23	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	M	E	E	M	M
24	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	M	E	M	E	M
25	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	M	E	M	M	E
26	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	M	M	E	E	M
27	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	M	M	E	M	E
28	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	M	M	M	E	E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเพื่อสถานการณ์การเพิ่มขึ้นของปริมาณการจราจรที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคตการเพิ่มจำนวนของตู้เก็บค่าผ่านทางระบบ ETC จึงเป็นแนวทางเสนอแนะในอนาคต ผู้ทำการวิจัยจึงได้เสนอแนวทางนี้ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.21 แสดงรูปแบบการจัดวางตู้เก็บค่าผ่านทางแบบเพิ่มจำนวนของตู้เก็บค่าผ่านทางระบบ ETC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้เป็นการนำเสนอผลจากแบบจำลองที่ได้สร้างและพัฒนาขึ้นในบทที่ 3 ที่ได้ผ่านการปรับแก้มีลักษณะสภาพคล้ายกับความเป็นจริงมากที่สุด โดนมีลำดับเนื้อหาการนำเสนอ เรียงดังต่อไปนี้

4.1 ปัญหาการจราจรและการใช้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6

4.2 มาตรการและแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6

4.3 ผลการปรับเปรียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐาน

4.4 ผลการวิเคราะห์การจัดตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6

4.1 ปัญหาการจราจรและการใช้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6

4.1.1 เกิดการตัดกันของกระแสจราจรบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทาง ตู้เก็บค่าผ่านทางตู้ที่ 3 - 6 เนื่องจากปริมาณจราจรที่ใช้บริการมีการใช้บริการตู้เก็บค่าผ่านทางที่ตู้ที่ 3 – 6 เป็นจำนวนมากเมื่อศึกษาจากข้อมูลปริมาณจราจรของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย เมื่อเป็นเช่นนั้น จึงมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ เนื่องจากก่อนเข้าใช้บริการมีมาจากสองเส้นทาง และบริเวณหลังด่านมีการกั้นทาง การเลือกใช้บริการจึงส่งผลให้เกิดการตัดกันของกระแสจราจร

4.1.2 เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ สืบเนื่องจากการตัดกันของกระแสจราจรที่กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 4.1.1

4.1.3 ส่งผลต่อการใช้บริการของด่านเก็บค่าผ่านทาง เมื่อกระแสจราจรไม่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพผู้ใช้บริการต้องมีการตัดสินใจเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ขับขี่ จึงส่งผลให้ต้อใช้ระยะเวลาในการเดินทางเพิ่มมากขึ้น เพราะกระแสจราจรไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 มาตรการและแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆบริเวณหน้าด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6

มาตรการและแนวทางในการแก้ไขปัญหา ที่มีผลมาจากกระแสจราจรบริเวณหน้าด่านเกิดการตัดกัน ถูกแบ่งออกเป็น 2 แบบ และแบบที่พัฒนาเพื่อให้ด่านเก็บค่าผ่านทางมีประสิทธิภาพการให้บริการที่เพิ่มขึ้น โดยแบบแรกเป็นแบบจากการทางพิเศษแห่งประเทศไทย และรูปแบบการสับเปลี่ยนตำแหน่งของระบบต่างๆ ของตู้เก็บค่าผ่านทาง เพื่อตรวจผลการวิเคราะห์ว่ามีค่าที่ดีขึ้นจากรูปแบบปัจจุบันหรือไม่ โดยคำนึงถึงการตัดกันของกระแสจราจร ค่าความล่าช้าน้อยลง สามารถใช้ความเร็วเพิ่มขึ้น และระยะการใช้บริการลดลงจากรูปแบบปัจจุบัน และแบบสุดท้ายเป็นรูปแบบที่ถูกพัฒนาโดยคำนึงถึงปริมาณจราจรที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี และร้อยละของประเภทรถที่ใช้บริการระบบจ่ายเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติกับเงินสดมีร้อยละที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน จึงศึกษาจำนวนตู้ของแต่ละระบบเพื่อให้สามารถรองรับการใช้บริการของแต่ละระบบได้เพียงพอต่อความต้องของผู้ขับขี่ โดยนำแนวทางต่างๆที่ได้ศึกษาไปวิเคราะห์ในโปรแกรม VISSIM เพื่อนำผลที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบต่อไป

4.3 ผลการปรับเปรียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐาน

การสอบเทียบความถูกต้องของโปรแกรม เนื่องจากโปรแกรมต้องมีการตั้งค่าให้กระแสจราจรนั้นมีความแตกต่างกันออกไป จึงต้องมีการสุ่มตัวเลขที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าที่แสดงออกมามีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน คือค่าสอบเทียบที่ได้ต้องมีค่าไม่เกิน 5 % โดยการสุ่มทำการสุ่มเป็นจำนวน 20 เลข เลขที่ดีที่สุดหรือเลขที่ทำให้ปริมาณจราจรที่เข้าใช้บริการเสมือนจริงมากที่สุด คือเลขที่ 289 ซึ่งเลขที่ได้มาก็ต้องขึ้นกับแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นมา ค่าที่ได้ดังตารางที่ 4.1 โดยที่ค่าปริมาณจราจรที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นค่าปริมาณจราจรที่เข้าใช้บริการในช่วงเวลาเร่งด่วนช่วงเช้า และนอกจากนี้ต้องนำปริมาณจราจรที่เข้าใช้บริการช่วงเวลาเร่งด่วนช่วงเย็นมาทำการสอบเทียบด้วย เพื่อตรวจสอบความถูกต้องว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาเปรียบเสมือนของจริงที่สามารถวิเคราะห์ช่วงเวลาใดก็ได้ ค่าที่ได้ดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลจากแบบจำลองของ Random seed ที่ 289 (ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า 7.00 น.-8.00 น.)

Booth no.	Real data	Model	%ความต่าง	GEH
1	240	226	5.83	0.92
2	239	242	-1.26	0.19
3	552	557	-0.91	0.21
4	518	497	4.05	0.93
5	539	532	1.30	0.30
6	504	461	8.53	1.96
7	208	201	3.37	0.49
8	225	231	-2.67	0.40
9	228	238	-4.39	0.66
10	229	233	-1.75	0.26
11	200	204	-2.00	0.28
12	111	112	-0.90	0.09
13	25	29	-16.00	0.77
14	0	0	0.00	0.00
ผลรวม	3,818	3,763	1.44	0.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลจากแบบจำลองของ Random seed ที่ 289 (ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า 17.00 น.-18.00 น.)

Booth no.	Real data	Model	%ความต่าง	GEH
1	256	216	15.63	2.60
2	249	261	-4.82	0.75
3	563	485	13.85	3.41
4	357	304	14.85	2.92
5	464	385	17.03	3.83
6	500	429	14.20	3.29
7	196	228	-16.33	2.20
8	191	253	-32.46	4.16
9	191	244	-27.75	3.59
10	169	212	-25.44	3.12
11	138	182	-31.88	3.48
12	32	33	-3.13	0.18
13	35	56	-60.00	3.11
14	29	37	-27.59	1.39
ผลรวม	3,370	3,325	1.34	0.78

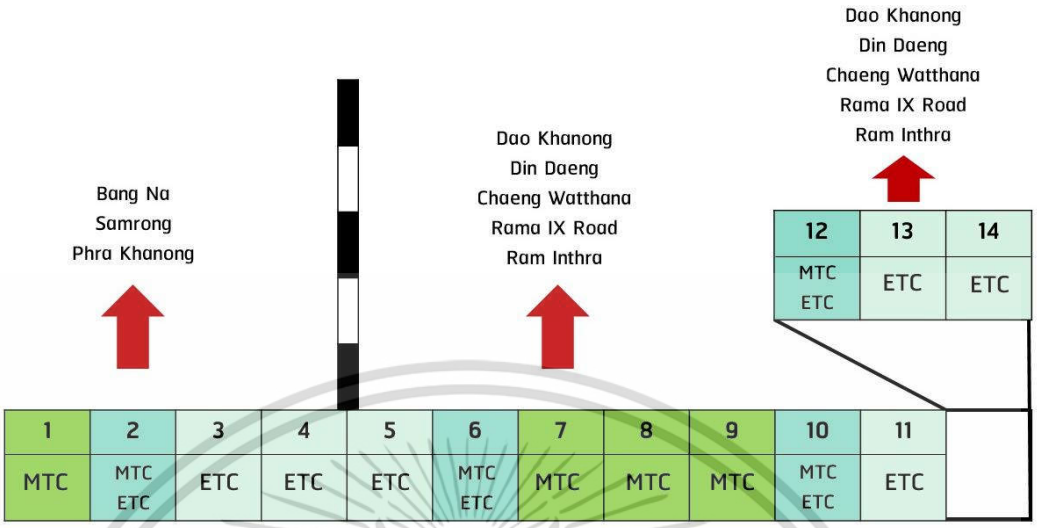
จากตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้มีความถูกต้อง สามารถนำไปวิเคราะห์ปริมาณจราจรในลักษณะต่างๆได้ เนื่องจากค่าการสอบเทียบที่ได้นั้นเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือค่า GEH ไม่เกิน 5

4.4 ผลการวิเคราะห์การจัดตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 ผลจากโปรแกรม

ผลการวิเคราะห์ที่จะแสดงในหัวข้อนี้เป็นลักษณะและผลของรูปแบบใหม่ที่ทำการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองที่ได้ตรวจสอบมาแล้วในหัวข้อที่ 4.3 ตัวแปรที่นำมาทำการเปรียบเทียบคือค่าความล่าช้า ความเร็ว และระยะเวลาการใช้บริการ ประกอบไปด้วย รูปแบบที่ถูกเสนอมาจากการทางพิเศษแห่งประเทศไทยรูปแบบที่เกิดการสับเปลี่ยนตำแหน่งของระบบต่างของด่านเก็บค่าผ่านทาง และรูปแบบที่ถูกพัฒนาเนื่องจากปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นและประเภทยานพาหนะของแต่ละระบบ แสดงดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แนวทางการแก้ไขปัญหาของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย



รูปที่ 4.1 แสดงแนวทางการแก้ไขปัญหาของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

ลักษณะทางกายภาพของด่านเก็บค่าเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 แต่ละระบบถูกแบ่งเป็น 14 ช่อง โดยช่องที่ 1 ถึง 4 มาจากบางนาตราดมุ่งหน้าสู่บางนา สำโรง และพระโขนง ส่วนช่องที่ 5 ถึง 14 มาจากบางนาตราดมุ่งหน้าสู่ดาวคะนอง ดินแดง แจ้งวัฒนะ ถนนพระราม9 และรามอินทรา ช่องที่ 1 เป็นแบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC) ช่องที่ 2 เป็นแบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบผสมคือ (MTC) และ (ETC) ช่องที่ 3 เป็นแบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบพิเศษอัตโนมัติ (ETC) ช่องที่ 4 เป็นแบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบพิเศษอัตโนมัติ (ETC) และถัดจากช่อง 4 ไปจะถูกกั้นด้วยแบริเออร์ตลอดเส้นทางออก ช่องที่ 5 เป็นแบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบพิเศษอัตโนมัติ (ETC) ช่องที่ 6 เป็นแบบระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบเงินสดผสมคือ (MTC) และ (ETC) ช่องที่ 7 จะเป็นแบบระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC) ช่องที่ 8 เป็นแบบระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบเงินสด(MTC) ช่องที่ 9 จะเป็นแบบระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC) ช่องที่ 10 เป็นแบบระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบผสมคือ (MTC) และ (ETC) ช่องที่ 11 เป็นแบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบพิเศษอัตโนมัติ(ETC) ถัดจากช่อง 11 เป็นทางเลี่ยงไปเพื่อไปจ่ายค่าเก็บผ่านทางที่ช่อง 12 ถึง 14 โดยช่องที่ 12 เป็นแบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบผสมคือ (MTC) และ (ETC) ช่องที่ 13 เป็นแบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบพิเศษอัตโนมัติ (ETC) และช่องที่ 14 เป็นแบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบพิเศษอัตโนมัติ (ETC)

ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความล่าช้า ความเร็ว และระยะเวลาการใช้บริการมีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับผลของแบบปัจจุบัน ดังแสดงในตารางที่ 4.3

2. การสับเปลี่ยนตำแหน่งของตู้เก็บค่าผ่านทางด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

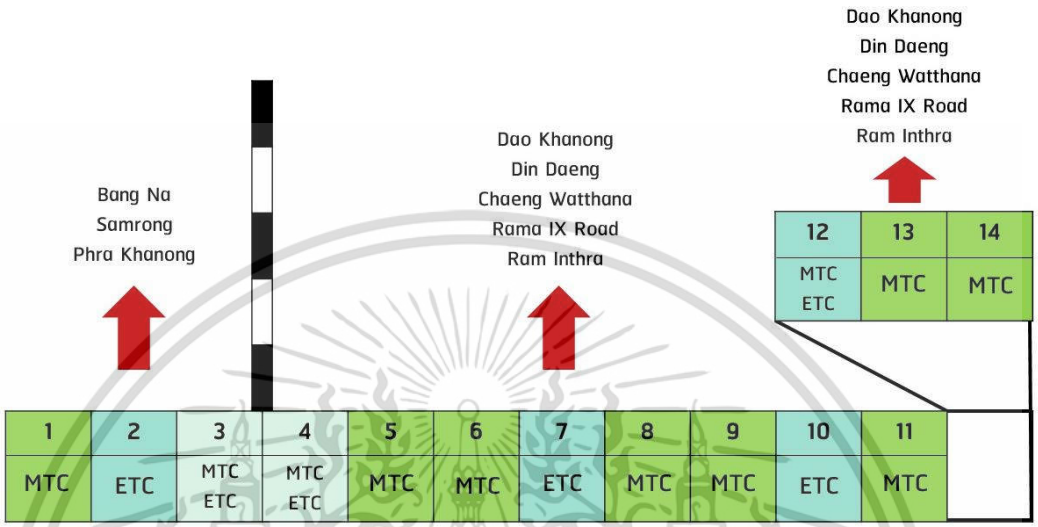
ตารางที่ 4.3 การสับเปลี่ยนตำแหน่งของตู้เก็บค่าผ่านทาง

Situation	Booth no.													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	M	E	M/E	M/E	M	M	E	E	M	M	M	M	M	M
2	M	E	M/E	M/E	M	M	E	M	E	M	M	M	M	M
3	M	E	M/E	M/E	M	M	E	M	M	E	M	M	M	M
4	M	E	M/E	M/E	M	M	E	M	M	M	E	M	M	M
5	M	E	M/E	M/E	M	M	E	M	M	M	M	E	M	M
6	M	E	M/E	M/E	M	M	E	M	M	M	M	M	E	M
7	M	E	M/E	M/E	M	M	E	M	M	M	M	M	M	E
8	M	E	M/E	M/E	M	M	M	E	E	M	M	M	M	M
9	M	E	M/E	M/E	M	M	M	E	M	E	M	M	M	M
10	M	E	M/E	M/E	M	M	M	E	M	M	E	M	M	M
11	M	E	M/E	M/E	M	M	M	E	M	M	M	E	M	M
12	M	E	M/E	M/E	M	M	M	E	M	M	M	M	E	M
13	M	E	M/E	M/E	M	M	M	E	M	M	M	M	M	E
14	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	E	E	M	M	M	M
15	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	E	M	E	M	M	M
16	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	E	M	M	E	M	M
17	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	E	M	M	M	E	M
18	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	E	M	M	M	M	E
19	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	E	E	M	M	M
20	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	E	M	E	M	M
21	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	E	M	M	E	M
22	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	E	M	M	M	E
23	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	M	E	E	M	M
24	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	M	E	M	E	M
25	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	M	E	M	M	E
26	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	M	M	E	E	M
27	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	M	M	E	M	E
28	M	E	M/E	M/E	M	M	M	M	M	M	M	M	E	E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M = Manual Toll Collection System

E = Electronic Toll Collection System



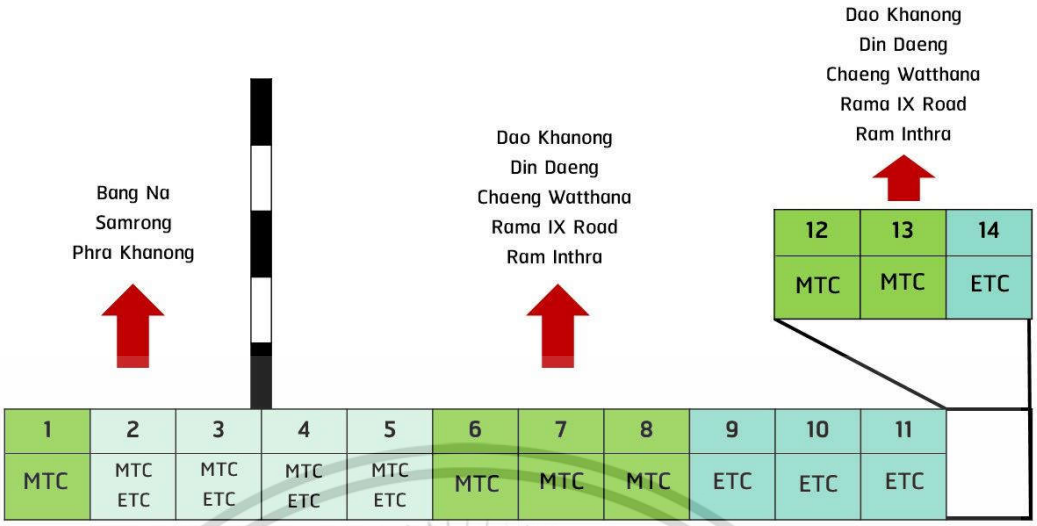
รูปที่ 4.2 แสดงรูปแบบการสับเปลี่ยนตำแหน่งของตู้เก็บค่าผ่านทางด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6

การทำแบบจำลองของด่านเก็บค่าเก็บผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 โดยใช้การสับตำแหน่งของตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษ ซึ่งสามารถจัดรูปแบบใหม่ได้ทั้งหมด 28 รูปแบบ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์แบบที่ดีที่สุดคือแบบที่ 3 โดยที่หลังด่านยังคงถูกแบริเออร์กั้นเหมือนแบบปัจจุบัน ลักษณะกายภาพคือช่องที่ 1, 5, 6, 8, 9, 11, 13 และ 14 เป็นแบบระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC) ช่องที่ 2, 7 และ 10 เป็นแบบระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบพิเศษอัตโนมัติ (ETC) และช่องที่ 3, 4 และ 12 เป็นแบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบผสมคือ (MTC) และ (ETC)

ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความล่าช้ากกว่าแบบปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 10 ความเร็วสามารถใช้ความเร็วได้มากขึ้น และระยะเวลาการใช้บริการมีค่าที่น้อยกว่าผลของแบบปัจจุบัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4

3. แนวทางพัฒนาตู้เก็บค่าผ่านทางโดยคำนึงการเติบโตของปริมาณจราจร และการเลือกใช้บริการประเภท ETC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงรูปแบบพัฒนาตู้เก็บค่าผ่านทางโดยคำนึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณจราจรและการเลือกใช้บริการประเภท ETC

เนื่องจากทางผู้ทำวิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณรถที่ใช้บริการด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 จากปี พ.ศ.2552 ถึง พ.ศ.2561 พบว่าปริมาณจราจรมีค่าเพิ่มขึ้นมากถึงประมาณร้อยละ 8 และ ประเภทรถที่ใช้บริการแบบระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC) มีค่าประมาณร้อยละ 52 และแบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบพิเศษอัตโนมัติ (ETC) มีประมาณร้อยละ 48 ทางผู้วิจัยจึงเห็นว่าควรเพิ่มระบบเก็บค่าผ่านทางแบบพิเศษอัตโนมัติ (ETC) ให้มีมากขึ้น เพื่อรองรับจำนวนรถที่ใช้บริการแบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบพิเศษอัตโนมัติ (ETC) ให้เพียงพอ ดังนั้นจึงได้ทำการเพิ่มระบบเก็บค่าผ่านทางแบบพิเศษอัตโนมัติ (ETC) เข้าไป โดยมีกายภาพของด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 ดังต่อไปนี้

ช่องที่ 1 จะเป็นแบบระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC) ช่องที่ 2 เป็นแบบระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC) และแบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบพิเศษอัตโนมัติ (ETC) ช่องที่ 3 เป็นแบบระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC) และแบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบพิเศษอัตโนมัติ (ETC) ช่องที่ 4 เป็นแบบระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC) และแบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบพิเศษอัตโนมัติ (ETC) และถัดจากช่อง 4 ไปจะมีแบริเออร์กั้นช่องทางระหว่างสองเส้นทาง และในช่องที่ 5 เป็นแบบระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC) และแบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบพิเศษอัตโนมัติ (ETC) ช่องที่ 6 เป็นแบบระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC) ช่องที่ 7 จะเป็นแบบระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC) ช่องที่ 8 เป็นแบบระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC) ช่องที่ 9 เป็นแบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบพิเศษอัตโนมัติ (ETC) ช่องที่10 เป็นแบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบพิเศษอัตโนมัติ (ETC) ช่องที่ 11 เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบพิเศษอัตโนมัติ (ETC) และถัดจากช่อง 11 ไปจะเป็นทางเลี่ยงไปเพื่อไปจ่ายค่าธรรมเนียมผ่านทางที่ช่อง 12 ถึง 14 และในช่องที่ 12 เป็นแบบระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC) ช่องที่ 13 เป็นแบบระบบจ่ายค่าผ่านทางแบบเงินสด (MTC) ช่องที่ 14 เป็นแบบระบบเก็บค่าผ่านทางแบบพิเศษอัตโนมัติ (ETC)

ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความล่าช้ากกว่าแบบปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 30 ความเร็วสามารถใช้ความเร็วได้มากขึ้น จาก 56 กิโลเมตร/ชั่วโมง เป็น 61 กิโลเมตร/ชั่วโมง และระยะเวลาการใช้บริการมีค่าที่น้อยกว่าผลของแบบปัจจุบัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลจากโปรแกรมของรูปแบบต่างๆ

รูปแบบ	Model	Time Interval	DelayAvg(All)	SpeedAvg(All)	Travel Time Total(All)
ปัจจุบัน	current model	0-3600	27.988605	56.112247	397167.2
การทางพิเศษ	new model	0-3600	28.269944	55.92985	398659.4
แนวพัฒนา	new model	0-3600	19.325701	61.286546	364375
การสับเปลี่ยนที่ 1	new model	0-3600	25.237922	57.115985	374826.4
การสับเปลี่ยนที่ 2	new model	0-3600	26.655316	56.869852	391445.6
การสับเปลี่ยนที่ 3	new model	0-3600	26.008437	57.323881	387511.4
การสับเปลี่ยนที่ 4	new model	0-3600	27.672793	56.301868	395216.8
การสับเปลี่ยนที่ 5	new model	0-3600	28.699734	55.761446	398941.2
การสับเปลี่ยนที่ 6	new model	0-3600	28.198827	56.145904	396413.4
การสับเปลี่ยนที่ 7	new model	0-3600	27.810062	56.36204	395002.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบ	Model	Time Interval	DelayAvg(All)	SpeedAvg(All)	Travel Time Total(All)
การสับเปลี่ยนที่ 8	new model	0-3600	28.126809	56.054421	396788.2
การสับเปลี่ยนที่ 9	new model	0-3600	26.938951	56.432185	386584.6
การสับเปลี่ยนที่ 10	new model	0-3600	27.557393	56.345869	394232.6
การสับเปลี่ยนที่ 11	new model	0-3600	27.909913	55.868275	389879.6
การสับเปลี่ยนที่ 12	new model	0-3600	27.413928	56.449273	394200
การสับเปลี่ยนที่ 13	new model	0-3600	28.15135	56.047348	396980.2
การสับเปลี่ยนที่ 14	new model	0-3600	26.341006	57.03901	390127.8
การสับเปลี่ยนที่ 15	new model	0-3600	26.048311	57.194263	389091.8
การสับเปลี่ยนที่ 16	new model	0-3600	26.955994	56.68546	392295.6
การสับเปลี่ยนที่ 17	new model	0-3600	28.507558	55.863088	398659.6
การสับเปลี่ยนที่ 18	new model	0-3600	27.249262	56.531298	393372.4
การสับเปลี่ยนที่ 19	new model	0-3600	26.100733	56.517414	375893.2
การสับเปลี่ยนที่ 20	new model	0-3600	28.007128	56.129721	396494.6
การสับเปลี่ยนที่ 21	new model	0-3600	27.869842	56.198791	395973.4
การสับเปลี่ยนที่ 22	new model	0-3600	28.275792	55.986318	397659.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสับเปลี่ยนที่ 23	new model	0-3600	27.286024	56.515884	393797.6
รูปแบบ	Model	Time Interval	DelayAvg(All)	SpeedAvg(All)	Travel Time Total(All)
การสับเปลี่ยนที่ 24	new model	0-3600	27.61198	56.34086	395109
การสับเปลี่ยนที่ 25	new model	0-3600	29.224442	55.478173	401238
การสับเปลี่ยนที่ 26	new model	0-3600	27.626443	56.331584	395056.8
การสับเปลี่ยนที่ 27	new model	0-3600	28.035955	56.120593	396728
การสับเปลี่ยนที่ 28	new model	0-3600	28.073539	56.203316	395784.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดตำแหน่งของตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสม เพื่อลดความเสี่ยงการเกิดอุบัติเหตุและเพิ่มประสิทธิภาพในการจราจรที่ดีขึ้น นอกจากนี้ยังพัฒนารูปแบบตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษ เพื่อรองรับปริมาณจราจรที่เพิ่มสูงขึ้นและปรับเปลี่ยนจำนวนตู้ของแต่ละระบบให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ โดยใช้เทคนิคการจำลองระดับจุลภาคโดยใช้โปรแกรม VISSIM

เนื้อหาในบทนี้จะนำเสนอการสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ โดยมีลำดับหัวข้อการนำเสนอดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 ประโยชน์ได้รับจากงานวิจัย

5.3 ข้อจำกัดของการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาแบบจำลองการจราจรในระดับจุลภาคที่ผ่านกระบวนศึกษาและพัฒนาต่างๆ ของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 จนได้แบบจำลองทางด้านจราจรที่เป็นตัวแทนของด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ ซึ่งมีความยืดหยุ่นที่สามารถนำไปประยุกต์ เพื่อเปลี่ยนแปลงและพัฒนาด่านเก็บค่าผ่านทางให้สามารถรองรับปริมาณจราจรแต่ละระบบได้หรือปรับเปลี่ยนตำแหน่งของระบบต่างให้สามารถเป็นไปตามกระแสการจราจรได้

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาการจัดตำแหน่งของตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 ซึ่งค่าดังกล่าวข้างต้นสามารถอธิบายได้ค่า ความล่าช้า ความเร็ว และระยะเวลาการใช้บริการ ของแต่ละรูปแบบได้ดังนี้

5.1.1 รูปแบบการจัดตำแหน่งของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย วิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองและข้อมูลที่ได้รวบรวมมาทำการวิเคราะห์ ลักษณะรูปแบบได้กล่าวไว้แล้วข้างต้นในบทที่ 4 ผลจากการวิเคราะห์พบว่าค่าความล่าช้า ความเร็ว และระยะเวลาการใช้บริการมีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับผลของแบบปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 รูปแบบการจัดตำแหน่งโดยการสับเปลี่ยนตำแหน่งของระบบเก็บค่าผ่านทาง เพื่อหารูปแบบที่ดีที่สุด ลักษณะรูปแบบได้กล่าวไว้แล้วข้างต้นในบทที่ 4 ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความล่าช้ากกว่าแบบปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 10 ความเร็วสามารถใช้ความเร็วได้มากขึ้น และระยะเวลาการใช้บริการมีค่าที่น้อยกว่าผลของแบบปัจจุบัน

5.1.3 รูปแบบที่พัฒนา เมื่อคำนึงถึงปริมาณจราจรที่เพิ่มสูงขึ้นรวมกับประเภทรถที่ใช้ระบบการจ่ายค่าผ่านทางที่แตกต่างกัน เป็นไปตามลักษณะที่กล่าวไว้ในบทที่ 4 ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความล่าช้ากกว่าแบบปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 30 ความเร็วสามารถใช้ความเร็วได้มากขึ้น จาก 56 กิโลเมตร/ชั่วโมง เป็น 61 กิโลเมตร/ชั่วโมง และระยะเวลาการใช้บริการมีค่าที่น้อยกว่าผลของแบบปัจจุบัน สามารถดูผลของรูปแบบที่มีความเหมาะสมได้จากตารางดังนี้

ตารางที่ 5.1 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โปรแกรมและมีแนวโน้มที่จะสามารถนำมาปรับเปลี่ยนด่านเก็บค่าผ่านทาง

ตัวชี้วัด / รูปแบบ	Time Interval	DelayAvg(All)	SpeedAvg(All)	Travel Time Total(All)
รูปแบบปัจจุบัน	0-3600	27.988605	56.112247	397167.2
รูปแบบการทางพิเศษแห่งประเทศไทย	0-3600	28.269944	55.929850	398659.4
รูปแบบการสับเปลี่ยนตำแหน่งที่ดีที่สุด	0-3600	26.008437	57.323881	387511.4
รูปแบบที่ถูกพัฒนา	0-3600	19.325701	61.286546	364375.0

5.2 ประโยชน์ได้รับจากงานวิจัย

ผลสรุปที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ในเชิงนโยบายในส่วนของการวิเคราะห์ได้หลายส่วน โดยแบ่งตามการนำผลการวิจัยไปใช้ได้ดังนี้คือ

5.2.1 การวิเคราะห์หาค่าความล่าช้า ความเร็ว และระยะเวลาใช้บริการ ที่ได้ในขั้นต้น สามารถที่จะนำค่าไปเปรียบเทียบกับรูปแบบปัจจุบัน เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมที่สุดในการให้บริการของด่านเก็บค่าผ่านทาง นอกจากนี้ถ้ารูปแบบมีความเหมาะสมจะส่งผลให้การให้บริการมีผลดีขึ้น ลดการเสี่ยงการเกิดอุบัติเหตุบริเวณหน้าด่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปช่วยในการประเมินผลและคาดการณ์กรณีที่จะเพิ่มด่านเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ เมื่อมีการใช้บริการในระบบต่างๆที่เปลี่ยนแปลงไป

5.2.3 นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ในทางเศรษฐศาสตร์เพื่อให้สามารถบริการได้เต็มที่เท่ากับความต้องการของผู้ใช้บริการ

5.2.4 นำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อไปศึกษาในการวางนโยบายและกระตุ้นให้ผู้ใช้ทางพิเศษเล็งเห็นถึงความสำคัญของประโยชน์ของระบบเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ ที่สามารถทำให้ใช้ระยะเวลาในการใช้บริการน้อยลง

5.3 ข้อจำกัดของการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากประสบการณ์ที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้สามารถให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมได้ในหลายประเด็น เช่น แบบจำลองระดับจุลภาคถือเป็นวิธีใหม่ที่วิศวกรได้นำมาเป็นเครื่องมือในการสภาพการจราจร ซึ่งผลการศึกษาอาจเบี่ยงเบนจากความเป็นจริง เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านโปรแกรม ผลดังกล่าวย่อมทำให้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นถูกลดความเชื่อถือคำตอบของแบบจำลองนั้น ดังนั้นผู้อ่านควรพิจารณาให้รอบคอบและคำนึงถึงข้อจำกัดนั้นด้วย

แบบจำลองระดับจุลภาคของการวิเคราะห์ เพื่อดูกระแสจราจรของยานพาหนะและนำไปวิเคราะห์หาตำแหน่งที่เหมาะสมในการใช้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ นอกจากนี้ยังต้องสามารถรองรับปริมาณจราจรที่จะเพิ่มสูงในอนาคตได้อีกด้วยเช่นกัน จากผลที่แสดงนั้นพบว่าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์จากโปรแกรมเมื่อนำมาตรวจสอบความถูกต้องเทียบกับรูปแบบปัจจุบันนั้นมีค่าที่เป็นจริงในระดับหนึ่ง แต่ทั้งนี้การพัฒนาแบบจำลองนี้ได้อ้างอิงข้อมูลจากการทางพิเศษแห่งประเทศไทยรวมถึงลักษณะทางกายภาพที่ได้ศึกษาของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย โดยข้อมูลทั้งหมดที่ได้นำมาศึกษาล้วนแต่มีผลต่อการวิเคราะห์ในโปรแกรม

จากการศึกษาการจัดตำแหน่งตู้เก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 โดยใช้โปรแกรม VISSIM พบว่าการใช้งานของโปรแกรมนี้สามารถใช้ได้ง่าย สะดวกต่อการนำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์แบบจำลอง การประมวลผล การแสดงผล รวมทั้งการวิเคราะห์ผลข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับ เพื่อหาค่าตัวแปลต่างๆที่จะนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาว่ารูปแบบที่ถูกออกแบบมามีผลแตกต่างจากแบบปัจจุบันอย่างไร ตามที่ได้สรุปผลไว้ นอกจากยังสามารถนำแนวทางคิดนี้ไปประยุกต์ใช้กับด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษอื่นๆได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Dr. Jumrus Pitaksringkarn. 2017. **Intersection conflict types Transportation Engineering.** 2. 31.

Emelie Fransson. 2018. **Driving behavior modeling and evaluation of merging control strategies-A microscopic simulation study on Sirat Expressway.** Examensarbete utfort i Transportsystem vid Tekniska hogskolan vid Linkopings universitet.

EXPRESSWAY AUTHORITY OF THAILAND. 2018. **Statistical report of revenue received through the expressway and expressway.** [Online]. Available : http://www.exat.co.th/index.php/th

Mr. Chaiwat Yaibok. 2015. **Improving Traffic Flow at Four Intersections on Karnjanavanich Road in Hat Yai.** A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering Prince of Songkla University.

Mr. Nutt Karitnathinee. 2012. **CAPACITY ANALYSIS OF EXPRESSWAY TOLL PLAZA USING TRAFFIC MICRO SIMULATION MODELING TECHNIQUE : CASE STUDY OF SRI - RAT EXPRESSWAY.** A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering Faculty of Engineering King Mongut's Institute of Techmology Ladkrabang.

Mr. Sonnarong Su-angka, Miss Rungarun Boonthan, Dr. Wattanawong Ratanawara. 2012. **The Traffic Evaluation of Electronic Toll Collection System Design in Thailand.** [Online]. Available : http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/bitstream/123456789/4613/2/Fulltext.pdf

Nattaporn Nawakitrangsan. 2017. **Traffic volume Highway Engineering.** 5. 39-40.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PTV group. **Why use PTV Vissim It is the only microscopic simulation software that offers complete traffic solutions.** [Online].
Available : https://www.ptvgroup.com/en/solutions/products/ptv-vissim

PTV traffic mobility logistics. 2011. **What is VISSIM.** [Online].
Available : https://www.et.byu.edu/~msaito/CE662MS/Labs/VISSIM_530_e.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ปริมาณจราจรจากการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณจราจรที่เข้าใช้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 แต่ละตู้ ในวันที่ 1 ของสัปดาห์ / รายชั่วโมง

วันที่	ตู้ที่	ชั่วโมงที่																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	X01	41	31	36	18	0	24	65	51	86	131	136	160	165	183	168	214	229	271	276	218	140	77	78	67
	X02	0	0	0	22	38	24	0	50	106	116	176	165	174	131	184	206	203	249	240	234	135	117	42	0
	EX03	15	11	17	9	11	21	40	81	121	187	197	279	282	315	336	351	359	426	360	278	169	120	76	35
	EX04	13	3	7	1	5	7	31	43	78	102	111	151	151	137	232	249	290	303	224	170	159	103	52	23
	EX05	26	15	21	10	14	26	50	117	164	229	261	269	264	324	360	452	377	361	344	323	268	197	93	46
	EX06	59	34	13	24	39	55	84	163	185	263	300	342	321	361	415	415	356	433	388	371	298	212	135	74
	X07	47	0	0	125	150	81	100	135	176	180	168	202	202	204	194	209	183	209	213	203	199	184	115	87
	X08	83	143	116	3	0	78	73	131	148	181	192	185	180	188	146	193	196	202	176	175	154	164	114	70
	X09	0	0	0	0	0	0	55	93	140	152	143	170	156	164	187	223	223	236	222	193	207	131	107	44
	X10	0	0	0	0	0	0	9	50	80	97	113	92	136	112	164	180	179	219	197	138	150	106	49	0
	X11	0	0	0	0	0	0	6	15	43	58	46	49	83	79	148	141	163	164	172	145	146	68	10	0
	X12	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	24	10	0	0	35	43	35	72	91	26	20	17	0	0
	X13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	66	71	47	88	98	75	49	17	0	0
	X14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	44	42	37	61	67	59	13	0	0	0

ปริมาณจราจรที่เข้าใช้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 แต่ละตู้ ในวันที่ 2 ของสัปดาห์ / รายชั่วโมง

วันที่	ตู้ที่	ชั่วโมงที่																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	X01	33	22	19	7	0	66	219	319	331	211	146	144	152	113	120	127	171	255	235	110	85	57	46	54
	X02	0	0	0	9	22	37	124	315	332	238	165	162	160	120	142	170	179	238	230	158	95	70	26	0
	EX03	19	6	9	6	10	47	326	781	691	394	256	238	236	220	243	341	372	582	520	288	207	114	40	26
	EX04	9	5	3	2	10	46	520	697	734	475	246	220	220	254	250	297	330	387	389	271	187	119	51	11
	EX05	23	0	0	0	6	117	544	607	727	507	347	297	333	399	352	406	397	513	533	411	281	191	104	34
	EX06	39	34	18	27	45	140	541	642	557	425	313	338	337	172	364	410	465	562	482	399	315	218	106	57
	X07	48	35	57	0	0	89	206	215	202	210	112	177	183	179	168	226	206	209	210	134	149	135	86	74
	X08	43	35	0	0	49	158	188	252	265	237	196	217	214	65	135	196	192	179	163	156	138	100	67	64
	X09	23	0	0	48	104	153	194	253	270	286	224	146	198	198	168	205	213	182	185	128	139	89	51	0
	X10	0	0	0	0	0	27	268	279	297	230	225	150	176	168	182	156	170	147	150	106	98	49	17	0
	X11	0	0	0	0	0	0	194	266	297	228	179	161	113	155	152	106	125	116	73	72	54	22	0	0
	X12	0	0	0	0	0	0	0	129	37	101	101	78	78	34	34	20	26	12	10	3	4	2	0	0
	X13	0	0	0	0	0	0	64	173	0	0	0	0	0	28	60	28	49	30	28	16	9	2	0	0
	X14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	30	10	34	14	9	7	4	0	0	0

ปริมาณจราจรที่เข้าใช้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 แต่ละตู้ ในวันที่ 3 ของสัปดาห์ / รายชั่วโมง

วันที่	ตู้ที่	ชั่วโมงที่																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
3	X01	35	17	8	7	0	39	169	287	342	166	126	120	99	116	118	182	227	263	199	132	91	42	51	56
	X02	0	0	0	5	12	23	91	296	336	195	158	147	134	110	113	195	222	275	249	151	87	74	26	0
	EX03	16	12	3	0	10	33	290	716	744	350	236	218	221	183	262	379	435	663	562	343	180	119	53	22
	EX04	7	2	3	6	7	34	474	745	651	447	290	233	214	179	256	365	442	460	376	307	338	109	0	0
	EX05	11	7	0	0	0	79	455	650	712	491	401	330	308	241	352	477	528	576	520	350	93	225	120	50
	EX06	35	21	22	21	43	119	470	602	657	439	404	355	331	303	353	482	507	563	525	427	390	251	134	85
	X07	48	0	0	51	101	143	191	233	247	216	181	176	186	167	166	235	185	221	175	148	146	131	98	74
	X08	61	56	48	0	0	125	221	247	267	249	228	211	199	165	167	200	212	199	161	129	123	80	86	69
	X09	0	0	0	0	0	0	8	223	228	268	191	191	180	134	150	215	234	212	166	157	118	109	45	0
	X10	0	0	0	0	0	26	210	279	269	248	189	189	193	123	152	187	187	191	138	109	98	69	3	0
	X11	0	0	0	0	0	0	189	273	289	263	185	162	161	87	101	142	159	155	83	60	43	24	0	0
	X12	0	0	0	0	0	0	16	250	0	216	137	51	0	0	34	29	58	21	5	7	4	3	0	0
	X13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	58	60	73	45	20	25	7	4	0	0
	X14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	15	44	18	11	2	4	0	0	0

ปริมาณจราจรที่เข้าใช้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 แต่ละตู้ ในวันที่ 4 ของสัปดาห์ / รายชั่วโมง

วันที่	ตู้ที่	ชั่วโมงที่																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
4	X01	18	17	21	7	0	39	149	298	313	164	133	116	106	125	109	131	158	249	220	114	76	49	1	31
	X02	0	0	0	5	25	33	94	315	305	232	167	138	123	124	132	160	186	251	245	143	93	69	69	25
	EX03	18	7	3	3	6	37	298	723	619	398	260	201	216	251	282	308	420	603	588	292	204	112	55	30
	EX04	0	0	0	0	2	32	419	701	686	439	290	205	214	189	276	287	372	422	446	276	185	119	61	14
	EX05	23	11	6	4	20	94	465	702	610	536	345	301	319	321	364	455	507	528	507	368	243	212	109	57
	EX06	50	16	14	11	31	105	364	548	446	485	361	362	341	354	364	452	492	568	535	404	303	210	119	76
	X07	38	0	0	55	97	120	194	270	161	223	202	197	206	213	182	223	213	221	188	166	109	116	98	88
	X08	52	54	45	1	0	119	174	225	233	253	215	192	198	163	192	212	206	208	178	131	129	101	44	61
	X09	0	0	0	0	0	0	150	274	256	243	206	183	180	150	166	179	200	198	164	152	135	67	62	0
	X10	0	0	0	0	0	28	133	268	233	226	185	171	151	134	137	176	185	158	164	83	94	55	27	0
	X11	0	0	0	0	0	0	90	280	300	193	152	139	106	118	129	102	141	137	100	73	50	28	0	0
	X12	0	0	0	0	0	0	0	183	224	127	73	56	37	20	38	24	45	41	22	15	9	6	0	0
	X13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	52	33	17	17	29	21	3	0	0	0
	X14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	29	0	47	36	26	0	8	0	0	0

ปริมาณจราจรที่เข้าใช้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 แต่ละตู้ ในวันที่ 5 ของสัปดาห์ / รายชั่วโมง

วันที่	ตู้ที่	ชั่วโมงที่																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
5	X01	24	21	15	4	0	45	166	310	287	187	176	155	150	141	138	151	194	266	274	195	120	56	50	42
	X02	0	0	0	12	21	28	96	266	247	165	140	172	150	142	149	169	206	250	275	186	112	84	19	0
	EX03	27	9	3	6	5	43	306	730	607	348	244	244	288	269	274	357	453	608	669	487	253	125	63	33
	EX04	7	2	0	0	11	96	433	694	552	434	169	189	187	243	249	340	447	329	401	394	253	180	63	22
	EX05	24	11	8	0	0	57	436	699	614	447	369	305	315	337	387	395	493	424	495	422	350	232	109	48
	EX06	33	17	6	26	52	104	483	701	627	412	379	355	356	349	418	387	424	457	525	451	360	237	134	91
	X07	49	0	0	64	130	126	192	243	217	207	148	185	172	189	148	201	166	163	183	194	115	132	93	102
	X08	47	68	49	1	0	146	149	302	266	212	235	158	218	189	177	168	193	169	153	157	135	111	11	63
	X09	0	0	0	0	0	0	177	274	256	208	209	201	198	171	191	221	215	159	179	170	147	89	81	0
	X10	0	0	0	0	0	7	157	307	260	202	241	177	121	179	178	208	188	139	144	130	103	61	39	0
	X11	0	0	0	0	0	0	99	228	233	163	114	139	143	128	147	132	146	117	115	0	156	22	1	0
	X12	0	0	0	0	0	0	0	171	103	107	121	95	91	24	28	43	54	25	14	22	13	6	0	0
	X13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	54	55	13	9	28	0	0	0	0	0
	X14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	46	0	42	25	10	0	13	0	0	0

ปริมาณจราจรที่เข้าใช้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 แต่ละตู้ ในวันที่ 6 ของสัปดาห์ / รายชั่วโมง

วันที่	ตู้ที่	ชั่วโมงที่																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
6	X01	25	15	17	8	0	44	182	312	244	196	145	117	130	144	148	200	239	280	259	276	186	80	71	65
	X02	0	0	0	10	21	16	100	318	301	193	173	163	132	142	190	219	243	264	317	298	173	108	37	0
	EX03	25	12	3	8	8	32	299	702	571	339	285	245	303	307	355	418	470	661	651	504	305	149	92	48
	EX04	10	5	1	2	5	38	417	588	556	419	247	221	237	240	297	361	319	330	294	240	305	173	92	30
	EX05	50	7	5	10	13	102	423	701	607	488	406	310	387	366	426	503	446	481	522	476	424	313	168	76
	EX06	16	22	12	15	46	98	405	633	578	402	358	340	364	412	449	442	497	503	411	509	397	318	196	100
	X07	51	0	0	64	103	133	187	215	212	189	171	138	177	180	158	185	195	162	173	145	150	160	123	85
	X08	34	49	46	0	1	121	199	297	274	262	246	176	205	201	186	203	215	169	172	162	185	145	105	93
	X09	0	0	0	0	0	0	48	302	272	252	188	192	225	207	185	184	186	169	182	181	184	128	76	63
	X10	0	0	0	0	0	12	175	284	236	224	194	229	203	183	200	209	213	162	167	194	124	102	38	0
	X11	0	0	0	0	0	0	149	253	266	264	200	182	170	171	161	170	127	137	109	156	107	78	15	0
	X12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	93	94	0	0	64	89	46	36	14	48	14	25	0	0
	X13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	21	26	19	60	10	0	0	0
	X14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	121	33	50	27	21	0	15	0	0	0

ปริมาณจราจรที่เข้าใช้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 แต่ละตู้ ในวันที่ 7 ของสัปดาห์ / รายชั่วโมง

วันที่	ตู้ที่	ชั่วโมงที่																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
7	X01	36	27	19	15	25	46	118	104	122	157	157	122	154	180	160	145	172	209	156	145	99	57	61	72
	X02	0	0	0	17	2	0	0	114	149	141	178	219	187	171	158	160	190	213	207	126	105	77	37	0
	EX03	21	12	14	10	11	18	71	130	233	314	342	324	339	293	298	260	286	396	290	197	141	127	61	34
	EX04	19	6	2	1	2	14	49	160	243	260	269	252	245	275	268	239	215	271	282	142	107	96	49	12
	EX05	38	17	13	3	25	68	120	297	339	420	424	408	382	372	374	360	373	365	362	245	180	168	105	43
	EX06	62	31	27	13	34	75	162	238	312	321	289	349	424	413	410	403	384	413	291	276	244	182	142	69
	X07	85	46	0	0	37	89	134	148	177	175	173	170	186	196	179	215	189	187	188	171	175	143	127	86
	X08	18	0	0	97	93	95	105	120	184	181	188	184	171	162	179	191	207	212	205	159	167	144	95	70
	X09	35	39	73	4	0	27	105	175	164	234	200	196	171	202	125	165	193	184	173	154	108	113	64	30
	X10	0	0	0	0	0	4	68	138	145	202	206	160	173	166	177	149	154	164	130	99	93	80	27	0
	X11	0	0	0	0	0	0	24	88	110	146	145	95	122	166	150	111	112	137	94	91	78	35	10	0
	X12	0	0	0	0	0	0	0	43	85	102	51	62	42	21	34	10	22	17	9	27	9	4	0	0
	X13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	55	29	33	33	18	46	18	5	0	0
	X14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	39	22	15	24	11	21	4	0	0	0

ปริมาณจราจรที่เข้าใช้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6 แต่ละตู้ แสดงค่าเฉลี่ยของทุกสัปดาห์ / รายชั่วโมง

วันที่	ตู้ที่	ชั่วโมงที่																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Avg	X01	30	21	19	9	4	43	153	240	246	173	146	133	137	143	137	164	199	256	231	170	114	60	51	55
	X02	0	0	0	11	20	23	72	239	254	183	165	167	151	134	153	183	204	249	252	185	114	86	37	4
	EX03	20	10	7	6	9	33	233	552	512	333	260	250	269	263	293	345	399	563	520	341	208	124	63	33
	EX04	9	3	2	2	6	38	335	518	500	368	232	210	210	217	261	305	345	357	345	257	219	128	53	16
	EX05	28	10	8	4	11	78	356	539	539	445	365	317	330	337	374	435	446	464	469	371	263	220	115	51
	EX06	42	25	16	20	41	99	358	504	480	392	343	349	353	338	396	427	446	500	451	405	330	233	138	79
	X07	52	12	8	51	88	112	172	208	199	200	165	178	187	190	171	213	191	196	190	166	149	143	106	85
	X08	48	58	43	15	20	120	158	225	234	225	214	189	198	162	169	195	203	191	173	153	147	121	75	70
	X09	8	6	10	7	15	26	105	228	227	235	194	183	187	175	167	199	209	191	182	162	148	104	69	20
	X10	0	0	0	0	0	15	146	229	217	204	193	167	165	152	170	181	182	169	156	123	109	75	29	0
	X11	0	0	0	0	0	0	107	200	220	188	146	132	128	129	141	129	139	138	107	85	91	40	5	0
	X12	0	0	0	0	0	0	2	111	64	101	86	64	35	14	38	37	41	32	24	21	10	9	0	0
	X13	0	0	0	0	0	0	9	25	0	0	0	0	0	16	49	47	36	35	34	35	14	4	0	0
	X14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	44	17	38	29	22	13	9	0	0	0

ภาคผนวก ข

ผลจากแบบจำลองของโปรแกรม VISSIM

ด่านเก็บค่าผ่านทางพิเศษบางนา กม.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

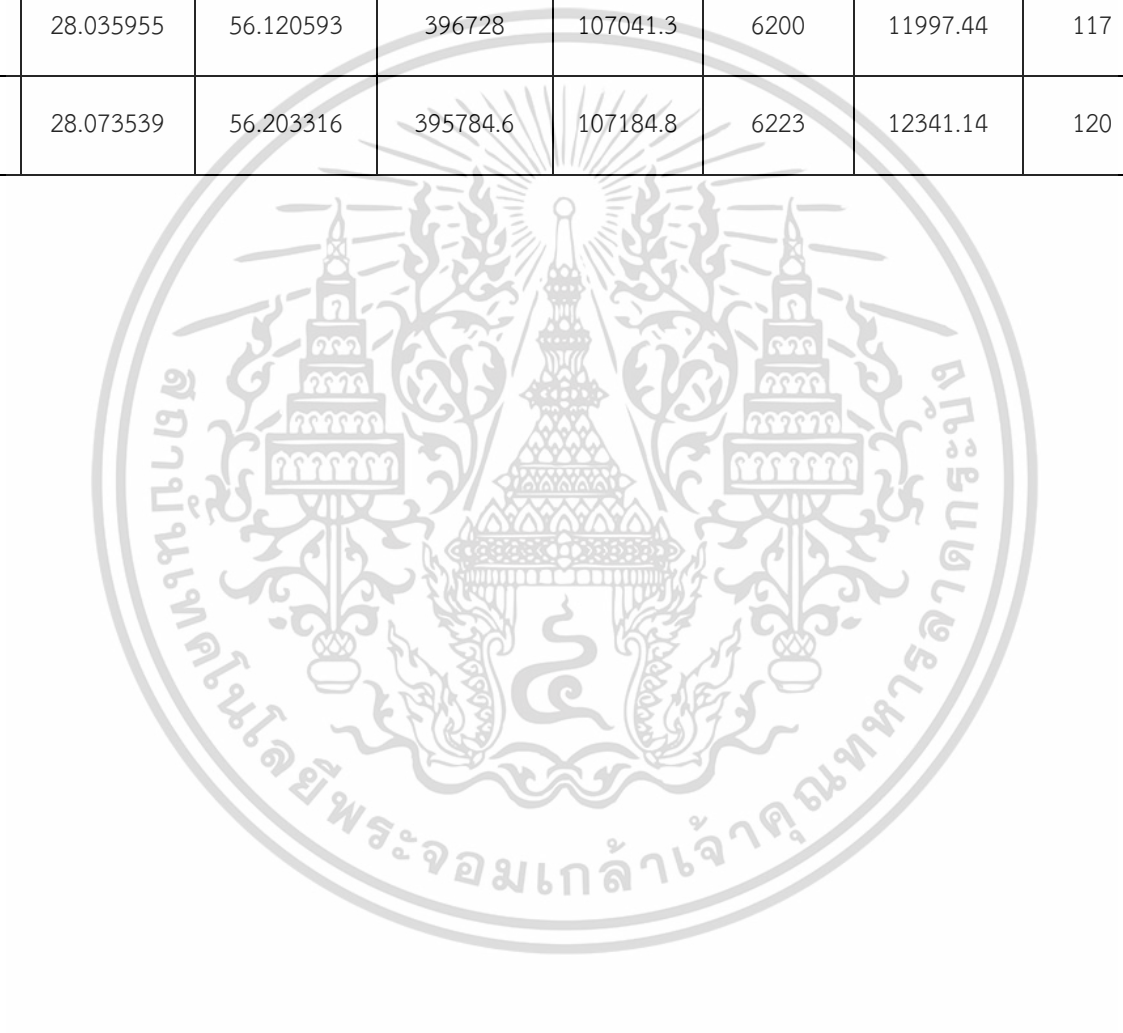
ตารางผลที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองในโปรแกรม VISSIM ของแต่ละรูปแบบ

รูปแบบ	Model	Time Interval	DelayAvg(All)	SpeedAvg(All)	Travel Time Total(All)	Delay Total(All)	Stop Total(All)	Delay Stop Total(All)	Vehicle active(All)	Vehicle arrive(All)	Delay Latent	Demand Latent
ปัจจุบัน	current model	0-3600	27.988605	56.112247	397167.2	106860.5	5715	13973.38	104	3714	80.8	0
การทางพิเศษ	new model	0-3600	28.269944	55.92985	398659.4	107934.6	3660	7451.348	98	3720	80.8	0
แนวพัฒนา	new model	0-3600	19.325701	61.286546	364375	73785.53	3534	6150.842	97	3721	80.8	0
สับเปลี่ยน1	new model	0-3600	25.237922	57.115985	374826.4	96358.39	5578	10980.54	113	3705	80.8	0
สับเปลี่ยน2	new model	0-3600	26.655316	56.869852	391445.6	101770	5783	11457.27	114	3704	80.8	0
สับเปลี่ยน3	new model	0-3600	26.008437	57.323881	387511.4	99300.21	5551	10308.94	129	3689	80.8	0
สับเปลี่ยน4	new model	0-3600	27.672793	56.301868	395216.8	105654.7	6176	13124.45	119	3699	80.8	0
สับเปลี่ยน5	new model	0-3600	28.699734	55.761446	398941.2	109575.6	6437	13330.48	121	3697	80.8	0
สับเปลี่ยน6	new model	0-3600	28.198827	56.145904	396413.4	107663.1	6405	12471.43	119	3699	80.8	0

รูปแบบ	Model	Time Interval	DelayAvg(All)	SpeedAvg(All)	Travel Time Total(All)	Delay Total(All)	Stop Total(All)	Delay Stop Total(All)	Vehicle active(All)	Vehicle arrive(All)	Delay Latent	Demand Latent
สับเปลี่ยน7	new model	0-3600	27.810062	56.36204	395002.4	106178.8	6147	12676.6	117	3701	80.8	0
สับเปลี่ยน8	new model	0-3600	28.126809	56.054421	396788.2	107388.2	6404	13067.7	122	3696	80.8	0
สับเปลี่ยน9	new model	0-3600	26.938951	56.432185	386584.6	102852.9	6162	12399.73	116	3702	80.8	0
สับเปลี่ยน10	new model	0-3600	27.557393	56.345869	394232.6	105214.1	6217	12694.84	123	3695	80.8	0
สับเปลี่ยน11	new model	0-3600	27.909913	55.868275	389879.6	106560	6488	12898.61	119	3699	80.8	0
สับเปลี่ยน12	new model	0-3600	27.413928	56.449273	394200	104666.4	6058	12469.36	119	3699	80.8	0
สับเปลี่ยน13	new model	0-3600	28.15135	56.047348	396980.2	107481.9	6272	13160.03	121	3697	80.8	0
สับเปลี่ยน14	new model	0-3600	26.341006	57.03901	390127.8	100570	5519	12432.78	117	3701	80.8	0
สับเปลี่ยน15	new model	0-3600	26.048311	57.194263	389091.8	99452.45	5626	10850.33	116	3702	80.8	0
สับเปลี่ยน16	new model	0-3600	26.955994	56.68546	392295.6	102918	5942	12169.85	124	3694	80.8	0

รูปแบบ	Model	Time Interval	DelayAvg(All)	SpeedAvg(All)	Travel Time Total(All)	Delay Total(All)	Stop Total(All)	Delay Stop Total(All)	Vehicle active(All)	Vehicle arrive(All)	Delay Latent	Demand Latent
สับเปลี่ยน17	new model	0-3600	28.507558	55.863088	398659.6	108841.9	6476	13170.37	118	3700	80.8	0
สับเปลี่ยน18	new model	0-3600	27.249262	56.531298	393372.4	104037.7	6063	11937.47	125	3693	80.8	0
สับเปลี่ยน19	new model	0-3600	26.100733	56.517414	375893.2	99652.6	5909	13719.92	136	3682	80.8	0
สับเปลี่ยน20	new model	0-3600	28.007128	56.129721	396494.6	106931.2	6390	13426.55	115	3703	80.8	0
สับเปลี่ยน21	new model	0-3600	27.869842	56.198791	395973.4	106407.1	6275	13021.65	120	3698	80.8	0
สับเปลี่ยน22	new model	0-3600	28.275792	55.986318	397659.4	107957	6538	13110.33	117	3701	80.8	0
สับเปลี่ยน23	new model	0-3600	27.286024	56.515884	393797.6	104178	6135	12095.62	119	3699	80.8	0
สับเปลี่ยน24	new model	0-3600	27.61198	56.34086	395109	105422.5	6057	12968.67	117	3701	80.8	0
สับเปลี่ยน25	new model	0-3600	29.224442	55.478173	401238	111578.9	6590	14710.66	120	3698	80.8	0
สับเปลี่ยน26	new model	0-3600	27.626443	56.331584	395056.8	105477.8	6042	12002.78	124	3694	80.8	0

รูปแบบ	Model	Time Interval	DelayAvg(All)	SpeedAvg(All)	Travel Time Total(All)	Delay Total(All)	Stop Total(All)	Delay Stop Total(All)	Vehicle active(All)	Vehicle arrive(All)	Delay Latent	Demand Latent
สับเปลี่ยน27	new model	0-3600	28.035955	56.120593	396728	107041.3	6200	11997.44	117	3701	80.8	0
สับเปลี่ยน28	new model	0-3600	28.073539	56.203316	395784.6	107184.8	6223	12341.14	120	3698	80.8	0



ประวัติผู้เขียน

1. ชื่อ – สกุล นางสาวจีรวรรณ กาญจนศรทอง
   วัน-เดือน-ปี เกิด 14 สิงหาคม 2540
   ที่อยู่ บ้านเลขที่ 27/5 หมู่ 8 ตำบลทุ่งทอง อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี 71110
   การศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

2. ชื่อ – สกุล นางสาวอัจฉราวรรณ สกุลอาภาสัตย์
   วัน-เดือน-ปี เกิด 19 สิงหาคม 2540
   ที่อยู่ 50/19 หมู่ 2 ถนนรัตนาธิเบศร์ ตำบลบางรักพัฒนา อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี 11110
   การศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

3. ชื่อ –นามสกุล นายอิสรา ศิริรจน์
   วัน – เดือน - ปีเกิด 24 พฤษภาคม 2540
   ที่อยู่ บ้านเลขที่ 57/2 หมู่16 ตำบลจารพัต อำเภอศีขรภูมิ จังหวัดสุรินทร์ 32110
   การศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้