การปรับปรุงการจัดการจราจรบริเวณทางแยกในเขตเมืองหาดใหญ่

Improving Traffic Management for Urban Intersections in Hat Yai City

ปรัชญา อรัญเวศ

Prachya Arunwet

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Engineering in Civil Engineering
Prince of Songkla University
2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงการจัดการจราจรบริเวณทางแยกในเขตเมืองหาดใหญ่
ผู้เขียน นายปรัชญา อรัญเวศ
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ดร.นพดล กรประเสริฐ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธา เจนศิริศักดิ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ)

.....กรรมการ
(ดร.อรกมล วังอภิสิทธิ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

.....
(ศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสาง)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ.....
(นายปรัชญา อรัญเวศ)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....
(นายปรัชญา อรัญเวศ)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงการจัดการจราจรบริเวณทางแยกในเขตเมืองหาดใหญ่
ผู้เขียน นายปรัชญา อรัญเวศ
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา (วิศวกรรมขนส่ง)
ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

ทางแยกเป็นการตัดหรือร่วมกันระหว่างถนน 2 สายหรือมากกว่า อย่างไรก็ตาม ปัญหาสำคัญที่มักพบเจอบริเวณทางแยกในเขตเมือง คือ ลักษณะกายภาพบริเวณทางแยกไม่สอดคล้องกับปริมาณการจราจร งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาและเสนอแนะมาตรการปรับปรุงการจัดการจราจรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยบริเวณทางแยกในเขตเมือง โดยเลือกทางแยกเข้าออกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 3 ประตูหลัก ประกอบด้วย ประตูศรีตรัง ประตูสงขลานครินทร์ และประตูศรีทรัพย์ เป็นกรณีศึกษา ข้อมูลลักษณะกายภาพและการจราจรบริเวณทางแยกได้ถูกสำรวจและนำมาสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคด้วยโปรแกรม VISSIM เพื่อใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพของมาตรการปรับปรุงการจัดการจราจรบริเวณทางแยกที่นำเสนอ ภาพรวมของผลการศึกษา พบว่า ทางแยกศรีตรัง ซึ่งเป็นสามแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร และมีจุดกลับรถที่สร้างปัญหาจุดขัดแย้งบริเวณกลางทางแยก แนวทางการปรับปรุงควรย้ายจุดกลับรถด้านทิศเหนือบนถนนกาญจนวณิชย์ ซึ่งช่วยลดเวลาการเดินทาง 31% ความล่าช้า 23% ความยาวแถวคอย 42% โดยให้อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนการปรับปรุงเท่ากับ 5.22 ส่วนทางแยกประตูสงขลานครินทร์ ซึ่งเป็นสี่แยกที่มีสัญญาณไฟจราจร พบปัญหาช่องหยุดรอสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ไม่เพียงพอ อีกทั้งขนาดและจำนวนช่องจราจรไม่สอดคล้องกับปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทาง ดังนั้น ควรปรับปรุงขนาดช่องหยุดรอสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ และเพิ่มช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายบนถนนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งช่วยลดเวลาการเดินทาง 9% ความล่าช้า 4% ความยาวแถวคอย 3% โดยให้อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนการปรับปรุงเท่ากับ 2.93 สุดท้ายทางแยกประตูศรีทรัพย์ ซึ่งเป็นสามแยกสัญญาณไฟจราจรบริเวณชุมชน มีปัญหาการจอดรถใกล้ทางแยก อีกทั้งขาดการแบ่งช่องจราจรที่ชัดเจนสำหรับรถทางตรงที่ผ่านตลอด จึงควรกวดขันการจอดรถใกล้บริเวณทางแยกและติดตั้งเสาจราจรล้มลุกตามแนวช่องทางตรงผ่านตลอดเมื่อปลอดภัย ซึ่งช่วยลดเวลาการเดินทาง 12% ความล่าช้า 13% ความยาวแถวคอย 7% โดยให้อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนการปรับปรุงเท่ากับ 4.09 ผลของงานวิจัยนี้ นอกจากจะเป็นแนวทางในการปรับปรุงบริเวณทางแยกที่ศึกษาแล้ว ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับบริเวณทางแยกเขตเมืองที่อื่น ๆ ต่อไป

Thesis Title Improving Traffic Management for Urban Intersections in Hat Yai City
Author Mr. Prachya Arunwet
Major Program Civil Engineering (Transportation)
Academic Year 2018

Abstract

An intersection is a junction when two or more roads meet or cross. However, a significant problem usually found at the urban intersections is that their physical characteristics do not correspond to the traffic volume. The objectives of this research are to study the problems and to propose potential measures in order to improve traffic efficiency and safety at the urban intersections. Three main gates of the Prince of Songkla University, Hat Yai campus, including Sri Trang, Prince of Songkla University (PSU), and Sri Sap, were selected as the study intersections. The data of physical characteristics and traffic flow at the three intersections were collected and used to develop the traffic microsimulation models using the VISSIM software. The developed models were then applied to analyze the effectiveness of the potential measures proposed. The overall results revealed that the Sri Trang intersection, an example of non-signalized T junctions, had the high traffic volume during peak periods and comprised the U-turns causing conflict points at the center of the junction. The potential measure was to relocate one U-turn to the north of Kanchanawanich road. This could reduce the travel time 31%, delay 23%, and queue length 42%. The Benefit to Cost Ratio (BCR) was found at 5.22. For the PSU intersection, a study case of signalized intersections with high traffic volume, it was found that the motorcycle waiting zone was inadequate. In addition, the size and number of traffic lanes were inconsistency with the traffic volume in each movement. The waiting zone should be resized and one left turning lane should be added on the PSU road. These could decrease the travel time 9%, delay 4%, and queue length 3%. Also, the BCR was found at 2.93. Finally, the Sri Sap intersection, a sample of signalized T junctions in a community, revealed the problem of illegal parking near the junction and no lane marking for the through traffic. Strict parking regulations and the installation of flexible delineators for the through traffic were required. These measures could improve the travel time, delay and queue length by 12%, 13% and 7%, respectively. The BCR was found at 4.09. The results of this research would not only be the guideline of traffic improvement at the study intersections but also be further applied to other urban intersections.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.นพดล กรประเสริฐ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธา เจนศิริศักดิ์ และ อาจารย์ ดร.อรกมล วังอภิสิทธิ์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ทำให้ผู้วิจัยมีความรู้ความเข้าใจ ทั้งในเชิงวิชาการและเทคนิคต่าง ๆ มากขึ้น รวมถึงการตรวจสอบข้อบกพร่องที่เกิดจากความเอาใจใส่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ ที่ได้กรุณาช่วยเหลือผู้วิจัยในหลายด้าน ได้ให้โอกาสในการทำงานวิจัยต่าง ๆ พร้อมทั้งสนับสนุนในการทำงานวิจัย และเป็นต้นแบบในการทำงานที่ดีให้แก่ผู้วิจัยเสมอมา

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท ปีการศึกษา 2558

ขอขอบพระคุณ คุณสุพิศ นนทะสร เจ้าหน้าที่สำนักงานประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ที่อำนวยความสะดวกในการจัดส่งเอกสารต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

ขอขอบคุณ นักศึกษาปริญญาตรี ที่มีส่วนร่วมและให้ความช่วยเหลือในการสำรวจข้อมูล และขอขอบคุณพี่น้องและผองเพื่อนปริญญาโททุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีแก่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ ครูอาจารย์ทั้งในอดีตและปัจจุบันที่ได้ให้การอบรม สั่งสอน ให้ความรู้แก่ผู้วิจัย ซึ่งส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถมาสู่อีกจุดสำเร็จหนึ่งของชีวิตได้

ท้ายที่สุดผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่มอบความรัก อบรมสั่งสอน เลี้ยงดู ส่งเสริมการศึกษา ให้การช่วยเหลือด้านต่าง ๆ และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา ทำให้การศึกษาและทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ปรัชญา อรัญเวศ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... **(5)**

กิตติกรรมประกาศ ..... **(7)**

สารบัญ ..... **(8)**

สารบัญรูป ..... **(14)**

สารบัญตาราง ..... **(20)**

บทที่ 1 บทนำ **1**

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3

1.3.1 พื้นที่ศึกษา 3

1.3.2 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม 4

1.3.3 การพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 4

1.3.4 การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 4

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

บทที่ 2 ทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง **7**

2.1 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1.1 การจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในประเทศไทย 7

2.1.2 การจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในต่างประเทศ 9

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 10

2.2.1 ปริมาณความต้องการการเดินทาง ปริมาณการจราจร และความจุ 10

2.2.2 คุณลักษณะของปริมาณการจราจร 11

2.2.3 การสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจร 13

2.2.4 การจัดการจราจรบริเวณทางแยก 21

2.2.5 การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก 31

2.2.6 แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 46

2.2.7 โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 47

2.2.8 ขั้นตอนการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค . 51

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.9 การปรับเทียบและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 53
2.2.10 การศึกษาหาความเหมาะสมก่อนการลงทุน 56
2.3 สรุปผลการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 58
2.4 สรุปทฤษฎีการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก 61
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 63
3.1 กรอบการดำเนินงานวิจัย 63
3.2 การทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 65
3.3 การกำหนดพื้นที่ศึกษา 65
3.4 การคัดเลือกโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 67
3.5 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม 67
3.5.1 การสำรวจลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกเข้าออก 3 ประตูหลัก 67
3.5.2 การสำรวจสภาพปัญหาการจราจรบริเวณทางเข้าออก 3 ประตูหลัก 68
3.5.3 การสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกเข้าออก 3 ประตูหลัก 68
3.5.4 การสำรวจจังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก 68
3.5.5 การสำรวจความเร็วยานพาหนะบริเวณทางแยกเข้าออก 3 ประตูหลัก 69
3.6 การพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 69
3.6.1 การสร้างองค์ประกอบของทางแยก 70
3.6.2 การจำลองตัวแทนยานพาหนะ 71
3.6.3 การสร้างกราฟการกระจายตัวความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภท 72
3.6.4 การนำเข้าข้อมูลปริมาณการจราจรและกำหนดทิศทางการจราจรของยานพาหนะ 72
3.6.5 การจำลองจังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก 73
3.6.6 การกำหนดค่าตัวแปรพฤติกรรมการขับขี่ยานพาหนะ 74
3.6.7 การกำหนดค่าตัวแปรการจำลองสภาพการจราจรเพื่อบันทึกผลจากแบบจำลอง 74
3.6.8 การเลือกตัวชี้วัดเพื่อประเมินผลที่ได้จากแบบจำลอง 75
3.7 การปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 76

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.8 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง 76
3.8.1 กรณีการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 76
3.8.2 กรณีการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 77
3.8.3 กรณีการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 77
3.9 การวิเคราะห์สัดส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนของการจัดการจราจรบริเวณทางแยก 78
3.10 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลและข้อเสนอแนะ 78
บทที่ 4 ผลการศึกษาการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 79
4.1 ผลการศึกษาสภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 79
4.1.1 ลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 79
4.1.2 ปริมาณการจราจรที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีตรัง 80
4.1.3 สัดส่วนยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีตรัง 83
4.1.4 ความเร็วของยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีตรัง 84
4.2 ปัญหาการจราจรและมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 85
4.3 ผลการพัฒนาแบบจำลองและการวิเคราะห์การจัดการจราจร
บริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 91
4.3.1 ผลการปรับเทียบแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 91
4.3.2 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 94
4.3.3 ผลการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 97
4.4 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์จากการดำเนินมาตรการจัดการจราจร
บริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 103
4.4.1 การวิเคราะห์ต้นทุน 103
4.4.2 การวิเคราะห์ผลประโยชน์ 104
4.4.3 การวิเคราะห์หาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน 105
บทที่ 5 ผลการศึกษาการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 107
5.1 ผลการศึกษาสภาพการจราจรและข้อมูลทั่วไปบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 107
5.1.1 ลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 107
5.1.2 ปริมาณการจราจรที่สัญจรผ่านทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 109
5.1.3 สัดส่วนยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 112

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.4 ความเร็วของยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 113
5.1.5 จังหวะสัญญาณไฟจราจรของทางแยกประตูมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 114
5.2 ปัญหาการจราจรและมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 115
5.3 ผลการพัฒนาแบบจำลองและการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 121
5.3.1 ผลการปรับเทียบแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 121
5.3.2 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 124
5.3.3 ผลการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 127
5.4 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์จากการดำเนินมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 135
5.4.1 การวิเคราะห์ต้นทุน 135
5.4.2 การวิเคราะห์ผลประโยชน์ 136
5.4.3 การวิเคราะห์หาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน 136
บทที่ 6 ผลการศึกษาการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 139
6.1 ผลการศึกษาสภาพการจราจรและข้อมูลทั่วไปบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 139
6.1.1 ลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 139
6.1.2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 140
6.1.3 สัดส่วนยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีทรัพย์ 143
6.1.4 ความเร็วของยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีทรัพย์ 144
6.1.5 จังหวะสัญญาณไฟจราจรของทางแยกประตูศรีทรัพย์ 145
6.2 ปัญหาการจราจรและมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 146
6.3 ผลการพัฒนาแบบจำลองและการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 152
6.3.1 ผลการปรับเทียบแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 152
6.3.2 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 155

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6.3.3 ผลการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 158
6.4 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์จากการดำเนินมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 165
6.4.1 การวิเคราะห์ต้นทุน 165
6.4.2 การวิเคราะห์ผลประโยชน์ 165
6.4.3 การวิเคราะห์หาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน 166
บทที่ 7 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 169
7.1 สรุปผลการศึกษา 169
7.1.1 ภาพรวมของผลการศึกษา 169
7.1.2 ผลการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 170
7.1.3 ผลการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 171
7.1.4 ผลการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 171
7.2 ข้อเสนอแนะ 172
7.2.1 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 172
7.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 173
บรรณานุกรม 175
ภาคผนวก ก แบบสำรวจข้อมูลภาคสนาม 179
ภาคผนวก ก-1 แบบสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก 180
ภาคผนวก ก-2 แบบสำรวจความเร็วบริเวณทางแยก 181
ภาคผนวก ก-3 แบบสำรวจสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก 182
ภาคผนวก ข ผลการสำรวจข้อมูลภาคสนาม 183
ภาคผนวก ข-1 ผลการสำรวจปริมาณและความเร็วของการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 184
ภาคผนวก ข-2 ผลการสำรวจปริมาณและความเร็วของการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 191
ภาคผนวก ข-3 ผลการสำรวจปริมาณและความเร็วของการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 206

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ค รายละเอียดการประมาณต้นทุนการปรับปรุงทางแยก 215
ภาคผนวก ค-1 รายละเอียดการประมาณการต้นทุนการปรับปรุงทางแยกประตูศรีตรัง 216
ภาคผนวก ค-2 รายละเอียดการประมาณการต้นทุนการปรับปรุงทางแยกประตู
สงขลานครินทร์ 218
ภาคผนวก ค-3 รายละเอียดการประมาณการต้นทุนการปรับปรุงทางแยกประตูศรีทรัพย์.220
ภาคผนวก ง วิธีการพัฒนาแบบจำลองฐานโดยใช้โปรแกรม VISSIM 223
ภาคผนวก จ บทความวิจัยที่นำเสนอและได้รับการตีพิมพ์.....243
บทความงานวิจัยเรื่องที่ 1.....244
ประวัติผู้เขียน.....255

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1-1 ปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกประตูหลักของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2
รูปที่ 2-1 ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการจราจรในช่วงเวลาต่าง ๆ ของประตูศรีตรัง 12
รูปที่ 2-2 แผนภาพสรุปปริมาณการจราจรทางแยก 14
รูปที่ 2-3 แผนภาพการจำแนกระดับการให้บริการ 16
รูปที่ 2-4 สภาพการจราจรที่ระดับการให้บริการต่าง ๆ 19
รูปที่ 2-5 ชนิดของการเคลื่อนที่ของยานพาหนะบริเวณทางแยก 22
รูปที่ 2-6 จุดขัดแย้งที่เกิดขึ้นบริเวณสี่แยกทั่วไป 23
รูปที่ 2-7 สามเหลี่ยมของการมองเห็นที่ปลอดภัยขณะเข้าทางแยก 28
รูปที่ 2-8 สามเหลี่ยมของการมองเห็นที่ปลอดภัยขณะอยู่บนทางโท 28
รูปที่ 2-9 ตำแหน่งเปิดเกาะตรงกับทางแยก 31
รูปที่ 2-10 การออกแบบขนาดและระยะต่างๆ บริเวณจุดกลับรถ 32
รูปที่ 2-11 รูปแบบของจุดกลับรถ 33
รูปที่ 2-12 ปัญหาการแบ่งเส้นจราจรไม่สอดคล้องกับการเดินรถ 34
รูปที่ 2-13 แนวทางการจัดทำช่องเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวซ้ายบริเวณทางแยก ถนน 2 ช่องจราจร 37
รูปที่ 2-14 แนวทางการจัดทำช่องเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวซ้ายบริเวณทางแยก ถนน 4 ช่องจราจร 38
รูปที่ 2-15 แนวทางการจัดช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวขวาบริเวณทางแยก ความเร็วต่ำกว่า 60 กม./ชม. 39
รูปที่ 2-16 แนวทางการจัดช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวขวาบริเวณทางแยก ความเร็วต่ำกว่า 70 กม./ชม. 39
รูปที่ 2-17 แนวทางการจัดช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวขวาบริเวณทางแยก ความเร็วต่ำกว่า 80 กม./ชม. 40
รูปที่ 2-18 แนวทางการจัดช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวขวาบริเวณทางแยก ความเร็วต่ำกว่า 80 กม./ชม. 40
รูปที่ 2-19 แนวทางการจัดช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวขวาบริเวณทางแยก ความเร็วต่ำกว่า 100 กม./ชม. 41
รูปที่ 2-20 แนวทางการจัดทำช่องเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวาบริเวณทางแยก ถนน 4 ช่องจราจร กรณีไม่มีเกาะกลางถนน 41
รูปที่ 2-21 ตัวอย่างแนวทางการปรับปรุงและจัดช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวซ้าย 42

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2-22 ตัวอย่างแนวทางการปรับปรุงและจัดช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวขวา 43
รูปที่ 2-23 การหยุดรอของรถจักรยานยนต์บริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจร 44
รูปที่ 2-24 มาตรฐานเส้นหยุดรอสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ 45
รูปที่ 2-25 ตรรกะลักษณะพฤติกรรมการขับขี่ของโปรแกรม VISSIM 48
รูปที่ 3-1 กรอบการดำเนินงานวิจัย 64
รูปที่ 3-2 บริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 65
รูปที่ 3-3 บริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 66
รูปที่ 3-4 บริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 66
รูปที่ 3-5 ภาพถ่ายจากทางอากาศในโปรแกรม VISSIM บริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 70
รูปที่ 3-6 โครงข่ายถนนหลังการเชื่อมต่อ Link ทั้งหมดในบริเวณทางแยก 71
รูปที่ 3-7 การจำลองยานพาหนะในโปรแกรม VISSIM 71
รูปที่ 3-8 การกำหนดความเร็วของยานพาหนะในแบบจำลอง 72
รูปที่ 3-9 การกำหนดข้อมูลปริมาณการจราจรในแต่ละเส้นทาง 73
รูปที่ 3-10 การจำลองจังหวะสัญญาณไฟจราจร 73
รูปที่ 3-11 ตัวแปรด้านพฤติกรรมการขับขี่ของยานพาหนะ 74
รูปที่ 3-12 การกำหนดช่วงเวลาและจำนวนครั้งในการประเมินผล 75
รูปที่ 3-13 ตัวชี้วัดจากแบบจำลองในการประเมินผลมาตรการที่นำเสนอ 75
รูปที่ 4-1 บริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 80
รูปที่ 4-2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรังช่วงเร่งด่วนเช้า 81
รูปที่ 4-3 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรังช่วงเร่งด่วนเย็น 81
รูปที่ 4-4 ปริมาณการจราจรที่ผ่านทางแยกประตูศรีตรังในแต่ละทิศทางของชั่วโมงเร่งด่วนเช้า 82
รูปที่ 4-5 ปริมาณการจราจรที่ผ่านทางแยกประตูศรีตรังในแต่ละทิศทางของชั่วโมงเร่งด่วนเย็น 82
รูปที่ 4-6 สัดส่วนยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีตรังในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า 83
รูปที่ 4-7 สัดส่วนยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีตรังในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น 83
รูปที่ 4-8 ปัญหาการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรังในปัจจุบัน 89
รูปที่ 4-9 มาตรการที่เสนอเพื่อจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 90
รูปที่ 4-10 แบบจำลองสภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรังในปัจจุบัน 91
รูปที่ 4-11 การเปรียบเทียบเวลาเดินทางเฉลี่ย 99

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4-12 การเปรียบเทียบความล่าช้าเฉลี่ย 100
รูปที่ 4-13 การเปรียบเทียบความยาวแถวคอยเฉลี่ย 100
รูปที่ 5-1 บริเวณทางแยกประตูมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 109
รูปที่ 5-2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ช่วงเร่งด่วนเช้า 110
รูปที่ 5-3 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ช่วงเร่งด่วนเย็น 110
รูปที่ 5-4 ปริมาณการจราจรที่ผ่านทางแยกประตูสงขลานครินทร์ในแต่ละทิศทางของ
ชั่วโมงเร่งด่วนเช้า 111
รูปที่ 5-5 ปริมาณการจราจรที่ผ่านทางแยกประตูสงขลานครินทร์ในแต่ละทิศทางของ
ชั่วโมงเร่งด่วนเย็น 111
รูปที่ 5-6 สัดส่วนยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูสงขลานครินทร์ในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า 112
รูปที่ 5-7 สัดส่วนยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูสงขลานครินทร์ในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น 112
รูปที่ 5-8 สัญญาณไฟจราจรของทางแยกประตูมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 114
รูปที่ 5-9 ปัญหาการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ในปัจจุบัน 119
รูปที่ 5-10 มาตรการที่เสนอเพื่อจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 120
รูปที่ 5-11 แบบจำลองสภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ในปัจจุบัน 121
รูปที่ 5-12 การเปรียบเทียบเวลาเดินทางเฉลี่ย 131
รูปที่ 5-13 การเปรียบเทียบความล่าช้าเฉลี่ย 131
รูปที่ 5-14 การเปรียบเทียบความยาวแถวคอยเฉลี่ย 132
รูปที่ 6-1 บริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 140
รูปที่ 6-2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ช่วงเร่งด่วนเช้า 141
รูปที่ 6-3 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ช่วงเร่งด่วนเย็น 141
รูปที่ 6-4 ปริมาณการจราจรที่ผ่านทางแยกประตูศรีทรัพย์ในแต่ละทิศทางของชั่วโมงเร่งด่วนเช้า .. 142
รูปที่ 6-5 ปริมาณการจราจรที่ผ่านทางแยกประตูศรีทรัพย์ในแต่ละทิศทางของชั่วโมงเร่งด่วนเย็น . 142
รูปที่ 6-6 สัดส่วนยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีทรัพย์ในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า 143
รูปที่ 6-7 สัดส่วนยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีทรัพย์ในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น 143
รูปที่ 6-8 สัญญาณไฟจราจรควบคุมทางแยกประตูศรีทรัพย์ 145
รูปที่ 6-9 ปัญหาการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ในปัจจุบัน 150
รูปที่ 6-10 มาตรการที่เสนอเพื่อจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 151

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 6-11 แบบจำลองสภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ในปัจจุบัน 152
รูปที่ 6-12 การเปรียบเทียบเวลาเดินทางเฉลี่ย 161
รูปที่ 6-13 การเปรียบเทียบความล่าช้าเฉลี่ย 161
รูปที่ 6-14 การเปรียบเทียบความยาวแถวคอยเฉลี่ย 162
รูปที่ ข-1 ทิศทางการสำรวจปริมาณการจราจรและความเร็วบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 184
รูปที่ ข-2 ทิศทาง 1 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย 188
รูปที่ ข-3 ทิศทาง 1 ความเร็วขณะวิ่งผ่านทางแยก 188
รูปที่ ข-4 ทิศทาง 1 ความเร็วขณะกลับรถ 188
รูปที่ ข-5 ทิศทาง 2 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย 189
รูปที่ ข-6 ทิศทาง 2 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา 189
รูปที่ ข-7 ทิศทาง 3 ความเร็วขณะวิ่งผ่านทางแยก 189
รูปที่ ข-8 ทิศทาง 3 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา 190
รูปที่ ข-9 ทิศทาง 3 ความเร็วขณะกลับรถ 190
รูปที่ ข-10 ทิศทางการสำรวจปริมาณการจราจรและความเร็วบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 191
รูปที่ ข-11 ทิศทาง 1 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย 200
รูปที่ ข-12 ทิศทาง 1 ความเร็วขณะวิ่งผ่านทางแยก 200
รูปที่ ข-13 ทิศทาง 1 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา 201
รูปที่ ข-14 ทิศทาง 2 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย 201
รูปที่ ข-15 ทิศทาง 2 ความเร็วขณะวิ่งผ่านทางแยก 202
รูปที่ ข-16 ทิศทาง 2 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา 202
รูปที่ ข-17 ทิศทาง 3 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย 203
รูปที่ ข-18 ทิศทาง 3 ความเร็วขณะวิ่งผ่านทางแยก 203
รูปที่ ข-19 ทิศทาง 3 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา 204
รูปที่ ข-20 ทิศทาง 4 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย 204
รูปที่ ข-21 ทิศทาง 4 ความเร็วขณะวิ่งผ่านทางแยก 205
รูปที่ ข-22 ทิศทาง 4 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา 205
รูปที่ ข-23 ทิศทางการสำรวจปริมาณการจราจรและความเร็วบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 206

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ข-24 ทิศทาง 1 ความเร็วขณะวิ่งผ่านทางแยก 213
รูปที่ ข-25 ทิศทาง 1 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา 213
รูปที่ ข-26 ทิศทาง 2 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย 213
รูปที่ ข-27ทิศทาง 2 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา 214
รูปที่ ข-28 ทิศทาง 3 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย 214
รูปที่ ข-29 ทิศทาง 3 ความเร็วขณะวิ่งผ่านทางแยก 214
รูปที่ ง-1 การใช้ภาพถ่ายทางอากาศในโปรแกรม VISSIM เพื่อสร้างองค์ประกอบต่าง ๆ ของทางแยก 224
รูปที่ ง-2 การสร้างถนนในแบบจำลองสภาพการจราจรด้วยโปรแกรม VISSIM 225
รูปที่ ง-3 ขั้นตอนการเชื่อมต่อเส้นทางบริเวณทางแยก 226
รูปที่ ง-4 การสร้างตัวแทนยานพาหนะ 227
รูปที่ ง-5 การเลือกคำสั่งกำหนดการกระจายความเร็วของยานพาหนะ 228
รูปที่ ง-6 ขั้นตอนการสร้างกราฟกระจายตัวความเร็วของยานพาหนะ 228
รูปที่ ง-7 การกำหนดปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางบริเวณทางแยก 229
รูปที่ ง-8 การนำเข้าปริมาณจราจรสู่เส้นทาง 229
รูปที่ ง-9 การกำหนดตำแหน่งจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทาง 230
รูปที่ ง-10 การเลือกใช้คำสั่งเพื่อจำลองสัญญาณไฟจราจร 231
รูปที่ ง-11 การจำลองสัญญาณไฟจราจร 231
รูปที่ ง-12 การจัดทำเฟสสัญญาณไฟจราจร 232
รูปที่ ง-13 การกำหนดลักษณะสัญญาณไฟจราจร 232
รูปที่ ง-14 การกำหนดรอบสัญญาณไฟจราจร 233
รูปที่ ง-15 การจัดจังหวะสัญญาณไฟจราจร 234
รูปที่ ง-16 การเลือกคำสั่งในการปรับค่าพฤติกรรมการขับขี่ 234
รูปที่ ง-17 การกำหนดค่าตัวแปรพฤติกรรมการขับขี่ตามกันของยานพาหนะ 235
รูปที่ ง-18 การกำหนดค่าตัวแปรการเปลี่ยนช่องจราจรของยานพาหนะ 235
รูปที่ ง-19 การกำหนดค่าตัวแปรพฤติกรรมการแซงของยานพาหนะ 236
รูปที่ ง-20 การกำหนดช่วงเวลาและเลือกตัวชี้วัด 237
รูปที่ ง-21 การตั้งค่าเพื่อแสดงผลของ Data Collection Point 238

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ง-22 การตั้งค่าเพื่อแสดงผลของ Queue Counter 238
รูปที่ ง-23 การตั้งค่าเพื่อแสดงผลของ Vehicle Travel Times 239
รูปที่ ง-24 การกำหนดชื่อในแต่ละทิศทางของ Vehicle Travel Times 240
รูปที่ ง-25 ขั้นตอนจัดเตรียมการแสดงผลลัพธ์ด้วยค่า Data Collection 240
รูปที่ ง-26 ขั้นตอนจัดเตรียมการตั้งค่าแสดงผลลัพธ์ด้วยค่า Delay 241
รูปที่ ง-27 การแสดงผลลัพธ์ของแบบจำลอง 242
รูปที่ ง-28 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการจำลองและบันทึกผลแบบจำลอง 242

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ค่าหน่วยเทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคลของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ในประเทศไทย .. 13
ตารางที่ 2-2 การประเมินระดับการให้บริการของถนนในบริเวณเขตเมือง 20
ตารางที่ 2-3 เกณฑ์การประเมินระดับการให้บริการของช่วงถนนในเมืองแบ่งตามลำดับชั้นของถนน20
ตารางที่ 2-4 ระยะของสามเหลี่ยมการมองเห็นที่ปลอดภัย 29
ตารางที่ 2-5 ระยะห่างระหว่างจุดเปิดเกาะกลาง 33
ตารางที่ 2-6 การออกแบบและจัดช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยว 36
ตารางที่ 2-7 การเปรียบเทียบการใช้งานของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจร 49
ตารางที่ 2-8 เกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 54
ตารางที่ 2-9 เกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองฯ Wisconsin DOT 56
ตารางที่ 2-10 สรุปตัวอย่างการจำลองสภาพการจราจรเพื่อจัดการจราจรในประเทศด้วย
โปรแกรม VISSIM 59
ตารางที่ 2-11 สรุปแนวทางในการจัดช่องแบ่งทิศทางการเดินรถ 61
ตารางที่ 2-12 สรุปมาตรฐานของระยะความยาวและความกว้างของช่องรอเลี้ยว 61
ตารางที่ 2-13 สรุปการเลือกสถานที่และการออกแบบจุดกลับรถ 62
ตารางที่ 4-1 ความเร็วเปอร์เซ็นไทล์ที่ 85 ของยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีตรัง 84
ตารางที่ 4-2 ประเด็นปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 85
ตารางที่ 4-3 ผลการปรับเทียบแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง
ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ GEH 92
ตารางที่ 4-4 ผลการปรับเทียบแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง
ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ Wisconsin DOT 93
ตารางที่ 4-5 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง
ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ GEH 95
ตารางที่ 4-6 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง
ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ Wisconsin DOT 96
ตารางที่ 4-7 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจราจรโดยพิจารณาถนนแต่ละสายบริเวณทางแยก
ประตูศรีตรัง 98
ตารางที่ 4-8 ตัวชี้วัดความแตกต่างของแบบจำลองแต่ละมาตรการในการจัดการจราจรระดับจุลภาค
บริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 102

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4-9 ต้นทุนการปรับปรุงบริเวณทางแยกประตูศรีตรังของแต่ละมาตรการจำแนกตามประเภทงาน 103
ตารางที่ 4-10 มูลค่าของเวลาในการเดินทางและมูลค่าของเวลาในการรอรถ 104
ตารางที่ 4-11 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนจากมาตรการการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 106
ตารางที่ 5-1 ความเร็วเปอร์เซ็นไทล์ที่ 85 ของยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 113
ตารางที่ 5-2 ประเด็นปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 115
ตารางที่ 5-3 ผลการปรับเทียบแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ GEH 122
ตารางที่ 5-4 ผลการปรับเทียบแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ Wisconsin DOT 123
ตารางที่ 5-5 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ GEH 125
ตารางที่ 5-6 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ Wisconsin DOT 126
ตารางที่ 5-7 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพโดยพิจารณาถนนแต่ละสายบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 129
ตารางที่ 5-8 ตัวชี้วัดความแตกต่างของแบบจำลองแต่ละมาตรการในการจัดการจราจรระดับจุลภาคบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 134
ตารางที่ 5-9 ต้นทุนการปรับปรุงบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ของแต่ละมาตรการจำแนกตามประเภทงาน 135
ตารางที่ 5-10 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนจากมาตรการการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 137
ตารางที่ 6-1 ความเร็วเปอร์เซ็นไทล์ที่ 85 ของยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีทรัพย์ 144
ตารางที่ 6-2 ประเด็นปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 146
ตารางที่ 6-3 ผลการปรับเทียบแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ GEH 153

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 6-4 ผลการปรับเทียบแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ Wisconsin DOT 154
ตารางที่ 6-5 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ GEH 156
ตารางที่ 6-6 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ Wisconsin DOT 157
ตารางที่ 6-7 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพโดยพิจารณาถนนแต่ละสายบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 160
ตารางที่ 6-8 ตัวชี้วัดความแตกต่างของแบบจำลองแต่ละมาตรการในการจัดการจราจรระดับจุลภาคบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 164
ตารางที่ 6-9 ต้นทุนการปรับปรุงบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ของแต่ละมาตรการจำแนกตามประเภทงาน 165
ตารางที่ 6-10 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนจากมาตรการการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 167
ตารางที่ ข-1 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง 185
ตารางที่ ข-2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 192
ตารางที่ ข-3 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ 207
ตารางที่ ค-1 รายละเอียดการประมาณต้นทุนการปรับปรุงทางแยกประตูศรีตรัง 216
ตารางที่ ค-2 รายละเอียดการประมาณต้นทุนการปรับปรุงทางแยกประตูสงขลานครินทร์ 218
ตารางที่ ค-3 รายละเอียดการประมาณต้นทุนการปรับปรุงทางแยกประตูศรีทรัพย์ 220

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

UN (2015) ได้กำหนดวาระการพัฒนาตามกระบวนทัศน์ “การพัฒนาที่ยั่งยืน” โดยประเด็นสำคัญของวาระการพัฒนา คือ เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals–SDGs) ซึ่งมีเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน 17 ข้อ งานวิจัยนี้ได้นำเป้าหมายการพัฒนาในหัวข้อที่ 11 เรื่องการทำให้เมืองและการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ที่มีความปลอดภัย ทั่วถึง พร้อมรับการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอย่างยั่งยืน มาประยุกต์ใช้เป็นแนวทาง เพื่อทำให้เมืองปลอดภัยและยั่งยืน โดยทำให้การเข้าถึงที่อยู่อาศัยมีความปลอดภัยและเหมาะสม รวมถึงการปรับปรุงการวางผังเมืองและการจัดการจราจรในลักษณะแบบมีองค์รวม

จากความสำคัญในการพัฒนาและปรับปรุงเพื่อการทำให้เข้าถึงที่อยู่อาศัยที่มีความปลอดภัย งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการปรับปรุงการจัดการจราจรบริเวณทางแยก เนื่องจากทางแยกเป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ ทั้งนี้เพื่อยกระดับการเข้าถึงและการเดินทางผ่านบริเวณทางแยกให้มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ทางแยกมีทั้งทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจรและทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร ซึ่งปัญหาของทางแยกทั้ง 2 ประเภทนี้มาจากหลายปัจจัย เช่น ลักษณะกายภาพบริเวณทางแยกที่ไม่สอดคล้องกับปริมาณรถที่สัญจรผ่าน จังหวะของสัญญาณไฟจราจร จุดเสี่ยงต่าง ๆ และบริเวณกลางทางแยกที่ขาดการจัดการจราจรและความปลอดภัยที่ดี เป็นต้น ซึ่งปัญหาข้างต้นนี้ทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดและอุบัติเหตุตามมา หากไม่ได้รับการปรับปรุงแก้ไข ปัญหาดังกล่าวอาจทวีความรุนแรงมากขึ้น ดังนั้นการจะเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรและความปลอดภัยบริเวณทางแยก จะต้องเน้นมาตรการที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงลักษณะของกายภาพให้ถูกต้องและปลอดภัยตามหลักวิศวกรรมจราจร และยกระดับมาตรฐานการออกแบบก่อสร้างให้ปลอดภัยขึ้น พร้อมทั้งดำเนินการแก้ไขจุดเสี่ยงและจุดอันตรายบริเวณทางแยก

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการปรับปรุงการจัดการจราจรบริเวณทางแยกในเขตเมืองหาดใหญ่ โดยเลือกกรณีศึกษาทางแยกสำคัญบริเวณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เนื่องจากเป็นมหาวิทยาลัยที่สำคัญของภาคใต้ มีวิทยาเขตหลักอยู่ที่อำเภอหาดใหญ่ ภายในพื้นที่ของมหาลัยสงขลานครินทร์ ประกอบด้วย นักเรียน นักศึกษา อาจารย์ และบุคลากร ที่เข้าออกมหาวิทยาลัยรวมทั้งบุคคลภายนอกที่เข้ามาติดต่อราชการภายในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยฯ ทำให้ปริมาณความต้องการเดินทางเข้าออกมหาวิทยาลัยฯ นั้นมีจำนวนมากในแต่ละวัน และโดยเฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น ทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดของยานพาหนะที่ต้องการผ่านเข้าออก 3 ประตูหลักของ

มหาวิทยาลัยฯ (ดังแสดงในรูปที่ 1-1) ประกอบด้วย 1) ประตูศรีตรัง ซึ่งมีลักษณะเป็นสามแยกที่ถนนอรรถกระวีบรรจบกับถนนกาญจนวณิชย์ ไม่มีสัญญาณไฟจราจร 2) ประตูสงขลานครินทร์ มีลักษณะเป็นสี่แยกที่ตัดกันระหว่างถนนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์กับถนนกาญจนวณิชย์และถนนศุภสารรังสรรค์ มีการควบคุมทางแยกด้วยสัญญาณไฟจราจร และ 3) ประตูศรีทรัพย์ มีลักษณะเป็นสามแยกที่ถนนศรีทรัพย์บรรจบกับถนนปุณณกัณฑ์ มีการควบคุมทางแยกด้วยสัญญาณไฟจราจร

ปัญหาการจราจรที่ติดขัดของบริเวณทางแยกทั้ง 3 ข้างต้นสืบเนื่องมาจากลักษณะทางกายภาพของทางแยกได้ถูกออกแบบและใช้งานมาเป็นระยะเวลานาน แต่ปริมาณความต้องการในการเดินทางและจำนวนยานพาหนะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ลักษณะทางกายภาพปัจจุบันไม่สอดคล้องกับปริมาณการจราจร เช่น ช่องรอเลี้ยวไม่ได้รับการปรับปรุงตามปริมาณการจราจร หรือมีการจอดรถใกล้กับบริเวณทางแยกมากเกินไป จนทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดของรถในเส้นทางตรงและรถที่ต้องการเลี้ยว ปัญหาช่องหยุดรอสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ที่มีขนาดไม่สอดคล้องกับปริมาณการใช้งาน ส่งผลให้ทางแยกดังกล่าวประสบปัญหาการจราจรติดขัด ปัญหาความล่าช้าในการเดินทางและปัญหาอุบัติเหตุจราจร และมีแนวโน้มที่ปัญหาเหล่านี้จะทวีความรุนแรงมากขึ้นในอนาคตอันใกล้

ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 1-1 ปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกประตูหลักของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

จากปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษาและเสนอแนวทางการปรับปรุงการจัดการจราจรบริเวณทางแยกและเพิ่มความปลอดภัย โดยเลือกบริเวณ 3 ทางแยกประตูหลักของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เป็นกรณีศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาสภาพการจราจรบริเวณทางแยกในเขตเมืองที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน ให้มีประสิทธิภาพและความปลอดภัยจากการจราจรบริเวณทางแยกมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ 3 ข้อ ประกอบด้วย

1) เพื่อทบทวนแนวทางการออกแบบและการจัดการจราจรบริเวณทางแยก
2) เพื่อสำรวจสภาพปัญหาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการจัดการจราจรในปัจจุบันบริเวณทางแยก 3 ประตูหลัก
3) เพื่อเสนอแนะมาตรการที่เหมาะสมในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกกรณีศึกษาให้มีประสิทธิภาพและความปลอดภัยเพิ่มขึ้น

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ ได้กำหนดขอบเขตของงานวิจัย ดังนี้

1.3.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาคือ ประตูเข้าออกมหาวิทยาลัยหลัก 3 ประตู (ดังรูปที่ 1-1) ประกอบด้วย

1) ประตูศรีตรัง มีลักษณะทางกายภาพเป็น 3 แยก เชื่อมระหว่างถนนอรรถกระวีกับถนนกาญจนวณิชย์ เป็นทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร
2) ประตูสงขลานครินทร์ มีลักษณะทางกายภาพเป็น 4 แยก เชื่อมระหว่างถนนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์กับถนนกาญจนวณิชย์และถนนศุภสารรังสรรค์ มีการควบคุมทางแยกด้วยสัญญาณไฟจราจร
3) ประตูศรีทรัพย์ มีลักษณะทางกายภาพเป็น 3 แยก เชื่อมระหว่างถนนศรีทรัพย์กับถนนปุณณกัณฑ์ มีการควบคุมทางแยกด้วยสัญญาณไฟจราจร

ระยะที่พิจารณาของแต่ละทางแยกครอบคลุมระยะทางประมาณ 100 เมตร จากจุดกึ่งกลางทางแยก

1.3.2 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

การสำรวจข้อมูลภาคสนามในงานวิจัยนี้ แบ่งเป็น 4 ส่วนหลัก ดังนี้

1) การสำรวจข้อมูลลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก ได้แก่ ข้อมูลแผนที่หรือภาพถ่ายทางอากาศบริเวณทางแยก ลักษณะของทางแยก โครงข่ายของถนนบริเวณทางแยกจำนวนช่องจราจรและความกว้างของช่องจราจร เป็นต้น

2) การสำรวจข้อมูลสภาพปัญหาการจราจรบริเวณทางแยก เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสภาพปัญหาการจราจร ไปวิเคราะห์หามาตรการเพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรของแต่ละทางแยก

3) การสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณการจราจร ความเร็ว ความล่าช้า ความยาวแถวคอยของการจราจรรวมทั้งจังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก โดยแบ่งการสำรวจออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเร่งด่วนเช้า 08:00 – 09:00 น.และชั่วเร่งด่วนเย็น 16:00-18:00 น.

4) การสำรวจข้อมูลด้านความปลอดภัยบริเวณทางแยก ประกอบด้วย จุดตัดบริเวณทางแยก สิ่งกีดขวางบริเวณไหล่ทาง และลักษณะทางกายภาพที่เป็นอันตรายต่อผู้ที่สัญจรผ่านบริเวณทางแยก

1.3.3 การพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

งานวิจัยนี้ ได้ใช้โปรแกรม VISSIM รุ่น 8 โดยนำข้อมูลปริมาณการจราจรจากการสำรวจภาคสนามในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าทั้ง 3 ทางแยก มาพัฒนาแบบจำลองฐาน และปรับเทียบข้อมูลในแบบจำลองกับข้อมูลปริมาณการจราจรที่ได้จากภาคสนามในช่วงเร่งด่วนเช้าให้มีความใกล้เคียงกัน หลังจากผ่านเกณฑ์ที่กำหนด จึงสามารถนำแบบจำลองฐานที่ได้ไปประยุกต์ใช้งานในลำดับถัดไป

1.3.4 การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคที่พัฒนาขึ้น ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมาตรการจัดการจราจรในแต่ละทางแยก โดยแบ่งการวิเคราะห์ดังนี้

1) แบบจำลองสภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

แบบจำลองสภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง เป็นการเสนอมาตรการจัดการจราจรเพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรังในปัจจุบัน และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมาตรการการจัดการจราจรที่ได้นำเสนอ ซึ่งแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 5 แบบจำลองดังนี้

1) แบบจำลองที่ 1 แบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน (แบบจำลองฐาน)
2) แบบจำลองที่ 2 การย้ายจุดกลับรถบนถนนกาญจนวณิชย์ด้านทิศเหนือ
3) แบบจำลองที่ 3 การเพิ่มช่องจราจรรอเลี้ยวซ้าย
4) แบบจำลองที่ 4 การจัดการพื้นที่ขัดแย้งบริเวณกลางทางแยก
5) แบบจำลองที่ 5 การรวมทุกมาตรการ

2) แบบจำลองสภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

แบบจำลองสภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ เป็นการเสนอมาตรการจัดการจราจรเพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ในปัจจุบัน และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมาตรการการจัดการจราจรที่ได้นำเสนอ ซึ่งแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 5 แบบจำลองดังนี้

1) แบบจำลองที่ 1 สภาพการจราจรปัจจุบัน (แบบจำลองฐาน)
2) แบบจำลองที่ 2 การขยายช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาของถนนกาญจนวณิชย์ฝั่งทางทิศเหนือ
3) แบบจำลองที่ 3 การเพิ่มช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายบนถนนมหาวิทยาลัย-สงขลานครินทร์
4) แบบจำลองที่ 4 การเพิ่มช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายของถนนศุภสารรังสรรค์
5) แบบจำลองที่ 5 การรวมทุกมาตรการ

3) แบบจำลองสภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

แบบจำลองสภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ เป็นการเสนอมาตรการจัดการจราจรเพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ในปัจจุบัน และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมาตรการการจัดการจราจรที่ได้เสนอไป ซึ่งแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 5 แบบจำลองดังนี้

1) แบบจำลองที่ 1 สภาพการจราจรปัจจุบัน (แบบจำลองฐาน)
2) แบบจำลองที่ 2 การเพิ่มช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายของถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันตก
3) แบบจำลองที่ 3 การเพิ่มช่องจราจรร่วมเส้นทางหลักบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันออก
4) แบบจำลองที่ 4 การติดตั้งเสาจราจรล้มลุกตามแนวช่องทางตรงผ่านตลอดเมื่อปลอดภัย
5) แบบจำลองที่ 5 การรวมทุกมาตรการ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย มีดังนี้

1) ได้ทราบถึงปัญหาและปัจจัยที่ส่งผลต่อการจราจรบริเวณทางแยกเข้าออก 3 ประตูหลักของมหาวิทยาลัย

2) ได้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคบริเวณทางแยกเข้าออก 3 ประตูหลักของมหาวิทยาลัย

3) ได้ข้อเสนอแนะแนวทางการจัดการจราจรบริเวณทางแยกเข้าออก 3 ประตูหลักของมหาวิทยาลัยให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับพิจารณาจัดการสภาพการจราจรและจัดการความปลอดภัยบริเวณทางแยกที่ศึกษาต่อไปได้

บทที่ 2
ทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลองระดับจุลภาคและการปรับปรุงสภาพการจราจรบริเวณทางแยก เพื่อให้สามารถนำหลักการและวิธีการมาประยุกต์ใช้ในการศึกษานี้ โดยมีรายละเอียดของการทบทวนดังนี้

2.1 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในประเทศไทย

เสกสรร บุญฉวี (2553) ได้วิเคราะห์หาระยะห่างระหว่างทางแยกที่เหมาะสม โดยพิจารณากระแสจราจรระหว่างทางแยกแบบไหลต่อเนื่อง (Continuous Flow Intersection หรือ CFI) และใช้โปรแกรม VISSIM ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ในการศึกษาครั้งนั้น ได้พิจารณาอิทธิพลของระยะห่างระหว่างทางแยกหลักกับทางแยกรองที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจราจร และได้วิเคราะห์หารอบของสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละเงื่อนไขของสภาพการจราจร ทั้งนี้ในการปรับเทียบแบบจำลอง พบว่า ปริมาณการจราจรของแต่ละทางแยกจากแบบจำลองและปริมาณการจราจรจากการสำรวจจริงมีความสอดคล้องกัน และผ่านเกณฑ์การตรวจสอบความถูกต้อง แต่ความยาวแถวคอยไม่ผ่านเกณฑ์ตรวจสอบความถูกต้องจำนวนหนึ่งชุดข้อมูล อาจเนื่องมาจากปัจจัยด้านพฤติกรรมของการขับขี่ตามกันที่มีความแตกต่างกันมาก ส่งผลให้ค่าที่ได้ต่างจากความเป็นจริงเล็กน้อย

ปิยวัฒน์ ทองเกรียว และคณะ (2556) ได้พัฒนาแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคเพื่อหาความจุและระดับการให้บริการของถนน จังหวัดขอนแก่น ซึ่งที่ผ่านมาได้มีการคำนวณหาความจุ โดยใช้วิธีการที่อ้างอิงจาก Highway Capacity Manual (HCM) ค.ศ.2000 เพียงอย่างเดียว ได้ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคเป็นเครื่องมือในการคำนวณหาความจุเปรียบเทียบกับวิธีของ HCM พบว่า ค่าของความจุของถนนที่ได้จากแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคมีค่าใกล้เคียงกับ HCM

พลศรี ประเสริฐพรรณ และคณะ (2556) ได้วิเคราะห์หาความแปรผันของตัวแปรด้านจราจรที่เกิดจากสัดส่วนของยานพาหนะในพื้นที่กิจกรรมขนาดใหญ่ โดยใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในการวิเคราะห์สภาพการจราจร โดยทดสอบตัวแปรซึ่งประกอบด้วยความเร็ว ระยะเวลาในการเดินทางและความล่าช้า เป็นตัวชี้วัด ผลการศึกษา พบว่า กรณีที่มีปริมาณการจราจรเข้าพื้นที่น้อย สัดส่วนของยานพาหนะจะส่งผลต่อตัวชี้วัดด้านการจราจรน้อย แต่หากมีปริมาณการจราจรเข้าพื้นที่มาก สัดส่วนยานพาหนะจะส่งผลต่อตัวชี้วัดด้านการจราจรมากขึ้น

วราศักดิ์ ปะสังติโย (2556) ได้วิเคราะห์การจัดการจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์บริเวณทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร โดยแบ่งการจัดการจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ ออกเป็น 2 มาตรการประกอบด้วย 1) การกำหนดพื้นที่หยุดรอสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ 2) การกำหนดช่องทางด้านซ้ายเฉพาะสำหรับรถจักรยานยนต์ร่วมกับการกำหนดให้รถจักรยานยนต์วิ่ง Hook Turn เมื่อต้องการเลี้ยวขวา ผลการศึกษา พบว่า ทั้งสองมาตรการสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระดับการให้บริการบริเวณทางแยกได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยส่งผลให้เวลาในการเดินทาง ความล่าช้า และความยาวของแถวคอยลดลง และยังช่วยลดปริมาณก๊าซมลพิษทางอากาศได้อีกทางหนึ่ง

สมิทธิ์ อักขิโสภา และคณะ (2556) ได้ศึกษาการปรับปรุงจุดตัดทางรถไฟด้วยระบบอาณัติสัญญาณไฟอัตโนมัติ และใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค เพื่อเปรียบเทียบสภาพการจราจรบริเวณทางตัดทางรถไฟ กับแบบใช้ระบบสัญญาณไฟอัตโนมัติ จากการศึกษา พบว่า สภาพการจราจรบริเวณจุดตัดรถไฟแบบใช้ระบบสัญญาณไฟอัตโนมัติ จะมีความล่าช้าและระยะเวลาในการเดินทางน้อยกว่าจุดตัดทางรถไฟแบบทั่วไป

สุวิช เพชรชมพูพันธ์ และคณะ (2556) ได้วิเคราะห์ความจุบนถนนสายหลักที่มีการจอดรถข้างทาง โดยใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคที่พัฒนาด้วยโปรแกรม VISSIM โดยวิเคราะห์ค่าความจุจากความสามารถในการรองรับปริมาณการจราจร ผลการศึกษาพบว่า ค่าความจุของถนนที่พิจารณา มีความสามารถในการรองรับปริมาณการจราจรน้อยกว่าค่าความจุที่ออกแบบไว้ เนื่องจากถนนบางช่วงมีการจอดรถบริเวณสองข้างทาง

ชัยวัฒน์ ใหญ่บก (2558) ได้ศึกษาการจัดการจราจรบริเวณทางแยกที่ต่อเนื่องกันบนถนนกาญจนวณิชย์ช่วงแยกคลองเรียนถึงแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยใช้โปรแกรม VISSIM ในการสร้างแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค จากการศึกษา พบว่า ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการจราจรติดขัด ได้แก่ การจอดรถใกล้บริเวณทางแยก ลักษณะทางกายภาพและทิศทางกระแสจราจรบริเวณทางแยกไม่สอดคล้องกับสภาพการจราจร และจากการประยุกต์ใช้แบบจำลองฯ พบว่า การปรับปรุงทุกทางแยกร่วมกันเป็นมาตรการในการแก้ไขปัญหาการจราจรที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยสามารถลดเวลาการเดินทาง ความล่าช้า และความยาวแถวคอยได้อย่างมีนัยสำคัญ

ปวีร์ คูวิบูลย์ (2560) ได้ศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพบริเวณทางแยก โดยใช้แนวคิดการออกแบบทางแยกแบบจำกัดการข้ามและกลับรถ และมีการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรด้วยโปรแกรม VISSIM โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นการออกแบบทางแยกรูปแบบกลับรถที่เกาะกลาง โดยกำหนดคุณลักษณะเป็นทางแยกที่ตัดกันระหว่างถนนสายหลักสี่ช่องจราจร และถนนสายรองสองช่องจราจร ส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางแยกแบบกลับรถที่เกาะกลาง จากการศึกษาพบว่า ทางแยกรูปแบบกลับรถที่เกาะกลาง ควรมีระยะห่างระหว่างทางแยกหลักและช่องเปิดเกาะกลางที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 330 – 630 เมตร

2.1.2 การจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในต่างประเทศ

Pitaksringkarn J., and Pitaksringkarn L. (2003) ได้เสนอกระบวนการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคที่ถูกพัฒนาด้วยโปรแกรม VISSIM เพื่อประเมินประสิทธิภาพของทางเลือกในการปรับปรุงทางแยกต่างระดับระหว่าง Interstate 5 กับ State Route 56 ในเมืองซานดิเอโก รัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา โดยสำรวจข้อมูลที่จำเป็นในการใช้พัฒนาแบบจำลอง เพื่อนำไปสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรฐาน จากนั้นทำการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐาน โดยตัวแปรสำคัญที่มีการปรับแก้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มของตัวแปรที่ส่งผลต่อแบบจำลองโดยตรง (Global Parameters) 2) กลุ่มตัวแปรที่ส่งผลต่อแบบจำลองบางส่วน (Local Parameters)

Chen and Yu (2007) ได้พัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค เพื่อประเมินการปล่อยมลพิษทางอากาศ จากความเร็วและอัตราเร่งที่แตกต่างกันของยานพาหนะ เพื่อหามาตรการที่มีประสิทธิภาพสำหรับการควบคุมการปล่อยมลพิษทางอากาศ โดยใช้โปรแกรม VISSIM ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ซึ่งเป็นการปล่อยก๊าซในรูปแบบของ Comprehensive Modal Emission Model (CMEM) โดยใช้ย่าน Haidian ของกรุงปักกิ่ง เป็นกรณีศึกษา ในการจำลองสภาพการจราจรได้มุ่งเน้นในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยก๊าซมลพิษกับอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และความเร็วกับอัตราเร่ง หลังจากนั้นจึงวิเคราะห์และคำนวณการปล่อยก๊าซมลพิษจากประเภทยานพาหนะในพื้นที่ศึกษา เพื่อประเมินผลกระทบการควบคุมการจราจรและมาตรการที่ได้จากการจัดการจราจร

Matsumoto et al. (2014) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ช่องจราจรร่วมกันระหว่างรถโดยสารประจำทางกับรถจักรยานยนต์ในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งประเทศญี่ปุ่นมีกฎจราจรในการขับขี่อยู่ 2 ข้อ โดยที่กฎข้อแรก คือกฎโตเกียว ระบุไว้ว่า รถจักรยานยนต์ไม่สามารถขับขี่ในช่องจราจรสำหรับรถประจำทาง (bus exclusive lane) กฎข้อที่สอง คือ กฎของคานาวะ ระบุไว้ว่า อนุญาตให้รถจักรยานยนต์สามารถขับขี่ในช่องจราจรสำหรับรถประจำทางได้ ผลการศึกษาได้เสนอแนวทางการจัดการจราจรรูปแบบใหม่เพื่อให้สามารถขับขี่รถจักรยานยนต์ได้ทุกช่องจราจรและเกิดความสมดุล ในการศึกษาได้ใช้โปรแกรม VISSIM ในการจำลองสภาพการจราจรภายใต้เงื่อนไข คือ การใช้ช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ โดยมีสัดส่วนผสมผสานของรถจักรยานยนต์และยานพาหนะอื่น ๆ ที่แตกต่างกันในแต่ช่องจราจร จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณการจราจรของยานพาหนะแต่ละช่องจราจรของการจัดการจราจรรูปแบบใหม่มีค่าลดลง และสามารถลดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุการจราจรลงได้

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ปริมาณความต้องการการเดินทาง ปริมาณการจราจร และความจุ

ข้อมูลการจราจร เป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีความสำคัญสำหรับงานด้านวิศวกรรมจราจร ข้อมูลดังกล่าวบ่งบอกถึงสภาพการเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่สัญจรผ่านตำแหน่งที่พิจารณาบนระบบโครงข่ายถนนที่ศึกษา ณ เวลาช่วงหนึ่ง ข้อมูลนี้เป็นส่วนหนึ่งที่ใช้ในการออกแบบสิ่งอำนวยความสะดวกหรือเครื่องมือสำหรับการจัดการการจราจร (ปรเมศวร์ เหลือเทพ, 2559)

ตัวแปรพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการศึกษาปริมาณการจราจร (ปรเมศวร์ เหลือเทพ, 2559) ประกอบด้วย

1) ปริมาณความต้องการเดินทาง (Demand) หมายถึง จำนวนยานพาหนะที่ต้องการเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งอ้างอิงบนถนน ช่องจราจร หรือทิศทางการจราจรในช่วงเวลาที่พิจารณา โดยทั่วไปมีหน่วยเป็น คันต่อหน่วยเวลา เช่น คันต่อวัน หรือ คันต่อชั่วโมง ข้อสังเกต คือ ปริมาณความต้องการเดินทาง มักมีค่ามากกว่า ปริมาณการจราจร โดยเฉพาะในช่วงที่มีการจราจรติดขัด ซึ่งปริมาณความต้องการเดินทางบางส่วนอาจต้องเปลี่ยนไปใช้เส้นทางใหม่ หรืออาจชะลอการเดินทาง

2) ปริมาณจราจร (Volume) หมายถึง จำนวนยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งอ้างอิงบนถนน ช่องจราจร หรือทิศทางการจราจร ในช่วงเวลาที่พิจารณา โดยทั่วไปมีหน่วยเป็น คันต่อหน่วยเวลา เช่น คันต่อวัน คันต่อชั่วโมง เป็นต้น

3) อัตราการไหล (Rate of Flow) หมายถึง อัตราที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งอ้างอิงบนถนน ช่องจราจร หรือทิศทางการจราจร ในช่วงที่พิจารณา ซึ่งน้อยกว่า 1 ชั่วโมง แต่จะแปลงเป็นหน่วยชั่วโมงเทียบเท่า

4) ความจุ (Capacity) หมายถึง อัตราการไหลสูงสุดที่ยานพาหนะสามารถเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งอ้างอิงบนถนน ช่องจราจร หรือทิศทางการจราจรไปได้ ในช่วงเวลาที่พิจารณา

2.2.2 คุณลักษณะของปริมาณการจราจร

ปริมาณการจราจรโดยทั่วไปมีอัตราการไหลที่ไม่สม่ำเสมอ อาจมีการแปรเปลี่ยนไปตามสถานที่ เวลา วัน สัปดาห์ และเดือน ที่ทำการสำรวจข้อมูล ทำให้จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ค่าตัวแทนของปริมารการจราจรในช่วงที่ต้องการศึกษา ค่าเฉลี่ยของปริมาณการจราจร อาจแบ่งเป็น 4 ประเภท (ปรเมศวร์ เหลือเทพ, 2559) ดังนี้

1) ค่าเฉลี่ยปริมาณการจราจรรายวันต่อปี (Average Annual Daily Traffic, AADT) เป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณการจราจรภายใน 24 ชั่วโมง ณ ตำแหน่งหรือช่วงถนนที่กำหนดตลอด 365 วัน (หรือ 366 วัน สำหรับปีอธิกสุรทินที่เดือนกุมภาพันธ์มี 29 วัน) คำนวณได้จากการนำจำนวนยานพาหนะทั้งหมดที่ผ่านตำแหน่งหรือช่วงถนนที่กำหนดในระยะเวลา 1 ปี หารด้วย 365 วัน (หรือ 366 วัน)

2) ค่าเฉลี่ยปริมาณจราจรรายสัปดาห์ตลอดปี (Average Annual Weekday Traffic, AAWT) คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณจราจรใน 24 ชั่วโมง ที่นับได้ในวันที่อยู่ระหว่างสัปดาห์ (วันจันทร์-วันศุกร์) ตลอดระยะเวลา 365 วัน หาได้จากการนำจำนวนยานพาหนะที่ผ่านตำแหน่งหรือช่วงถนนที่กำหนดระหว่างวันจันทร์ถึงวันศุกร์ในระยะเวลา 1 ปีหารด้วยจำนวนวันที่อยู่ในช่วงสัปดาห์ใน 1 ปี (โดยทั่วไปใช้ 260 วัน)

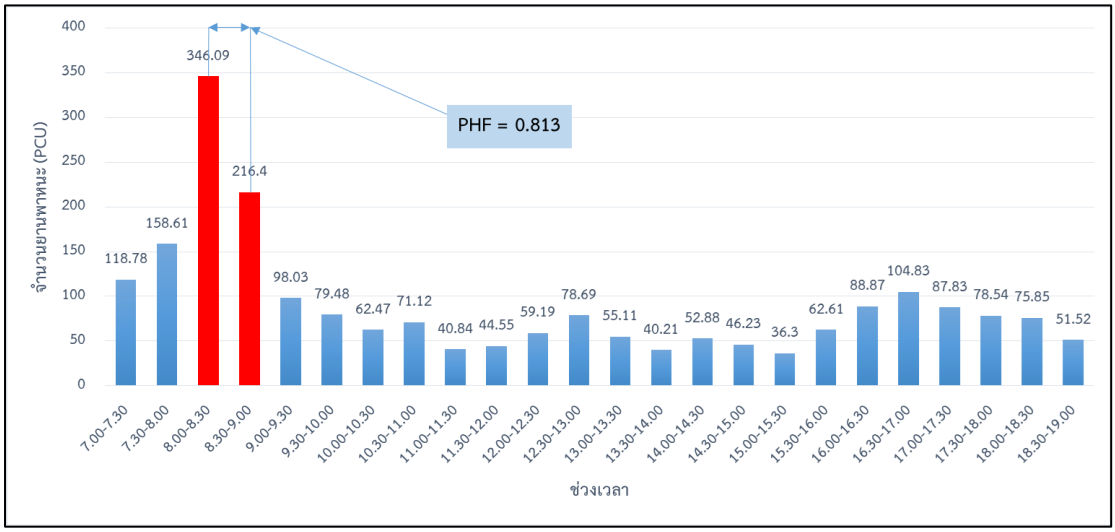
3) ค่าเฉลี่ยปริมาณจราจรรายวัน (Average Daily Traffic, ADT) คือค่าเฉลี่ยของปริมาณจราจรใน 24 ชั่วโมง ณ ตำแหน่งหรือช่วงถนนที่กำหนดตลอดช่วงเวลาที่สำรวจข้อมูลซึ่งน้อยกว่า 1 ปีโดยมากจะวัดเป็นค่า ADT ของแต่ละเดือนใน 1 ปี

4) ค่าเฉลี่ยปริมาณจราจรรายสัปดาห์ (Average weekday traffic, AWT) คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณจราจรใน 24 ชั่วโมง ณ ตำแหน่งหรือช่วงถนนทที่กำหนดของวันระหว่างสัปดาห์ตลอดช่วงเวลาที่ทำการสำรวจข้อมูลซึ่งน้อยกว่า 1 ปี โดยมากจะวัดเป็นค่า AWT ของแต่เดือนใน 1 ปี

นอกจากค่าเฉลี่ยปริมาณการจราจรแล้ว ปริมาณการจราจรในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน (Peak Hourly Volume) ยังเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการออกแบบระบบทั่ว ๆ ไป เช่น ขนาดหรือจำนวนช่องจราจร ช่วงเวลาสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน โดยหากแบ่งอัตราการไหลของปริมาณการจราจรออกเป็นช่วง ๆ จะสามารถคำนวณหาค่าตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (Peak Hourly Volume หรือ PHF) ดังสมการที่ 2-1

$$PHF = \frac{\text{ปริมาณการจราจรใน 1 ชั่วโมง}}{\text{อัตราการไหลสูงสุด}} \qquad \text{สมการที่ 2-1}$$

ค่า PHF เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายตัวของปริมาณการจราจรในช่วงชั่วโมงที่พิจารณา (ส่วนมากนิยมพิจารณาช่วงชั่งโมงเร่งด่วน) ค่า PHF ที่ค่าสูงสุดเท่ากับ 1.00 ซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีที่ปริมาณการจราจรคงที่ในทุกช่วงเวลา (อัตราการไหลเท่ากันทุกช่วงเวลาย่อย) โดยทั่วไป ค่า PHF จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.70 สำหรับถนนนอกเมือง ถึง 0.98 สำหรับถนนที่มีการจราจรหนาแน่นในเมือง ดังรูปที่ 2-1



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 2-1 ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการจราจรในช่วงเวลาต่าง ๆ ของประตูศรีตรัง

ในการศึกษาปริมาณการจราจร พบว่ายานพาหนะที่สำรวจข้อมูลได้ ประกอบด้วยรถหลากหลายประเภท ซึ่งรถแต่ละประเภทมีขนาดและความเร็วแตกต่างกัน ส่งผลต่อการไหลของกระแสจราจรที่แตกต่างกันด้วย ดังนั้น ในการวิเคราะห์สภาพการจราจร อาจจำเป็นต้องมีการปรับเทียบจำนวนยานพาหนะ ประเภทต่าง ๆ ให้อยู่ในหน่วยเทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger Car Equivalent Unit หรือ PCU) สำหรับประเทศไทยมีการกำหนดค่า PCU ของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ค่าหน่วยเทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคลของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ในประเทศไทย

ประเภทของยานพาหนะ	ค่า PCU ต่อ 1 หน่วยยานพาหนะ	
	กรมทางหลวง*	กรมโยธาธิการและผังเมือง**
รถจักรยานยนต์	0.33	0.50
รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	1.00	1.00
รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	1.00	1.00
รถโดยสารขนาดเล็ก	1.50	1.25
รถโดยสารขนาดกลาง	1.50	1.25
รถโดนสารขนาดใหญ่	2.10	2.50
รถบรรทุกเล็ก 4 ล้อ	1.00	1.00
รถบรรทุกกลาง 6 ล้อ	2.10	2.50
รถบรรทุก 10 ล้อ	2.50	2.50
รถบรรทุกพ่วง	2.50	2.50
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	2.50	2.50

*ที่มา: *สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง (2559)*

***สำนักวิศวกรรมการผังเมือง กรมโยธาธิการและผังเมือง (2560)*

2.2.3 การสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจร

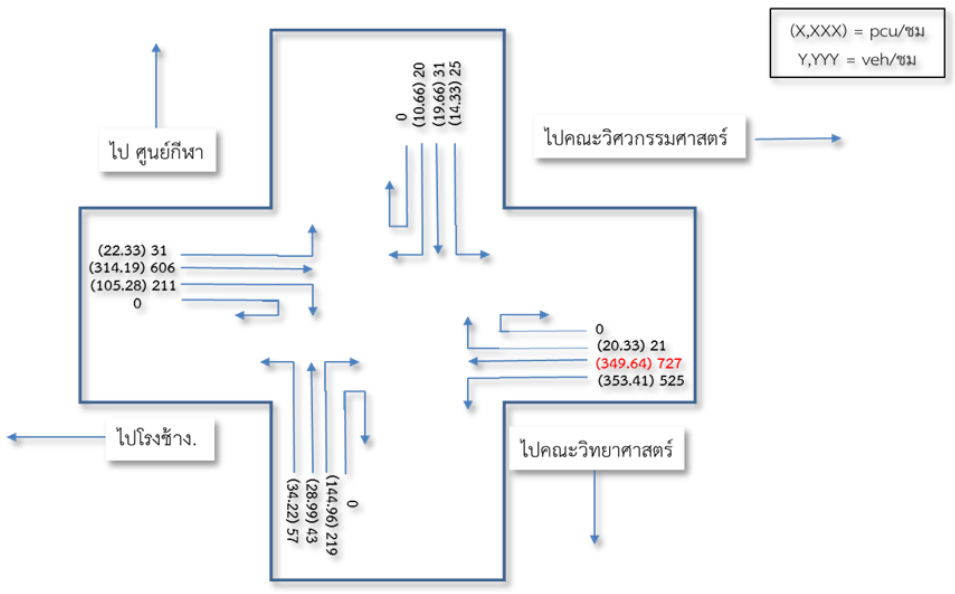
1) ประเภทของการสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจร

การสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจร สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ 1) การสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก (Turning Movement Count หรือ TMC) และ 2) การสำรวจปริมาณการจราจรบนช่วงถนน (Mid-Block Count หรือ MBC) โดย TMC เป็นการสำรวจและบันทึกข้อมูล ปริมาณการจราจรของยานพาหนะแต่ละประเภท ที่สัญจรผ่านทางแยกในทุกทิศทาง ส่วนวิธี MBC เป็นการสำรวจปริมาณการจราจรบนช่วงถนน โดยสำรวจทั้งทิศทางขาเข้าและขาออก (กรณีมีการจราจร 2) ทิศทาง พร้อมทั้งแยกประเภทของยานพาหนะเช่นกัน การสำรวจปริมาณการจราจรทั้งสองแบบข้างต้น นิยมสำรวจในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า และเย็น หรือสำรวจครอบคลุมทั้งช่วงเวลาเร่งด่วนและช่วงเวลาไม่เร่งด่วน ซึ่งขึ้นอยู่กับการนำข้อมูลที่ได้ไปใช้งาน ทั้งนี้ ผู้สำรวจควรทราบก่อนว่าต้องการข้อมูลอะไรนำมาใช้งาน เพื่อให้สามารถแยกประเภทของการสำรวจได้อย่างเหมาะสม (ปรเมศวร์ เหลือเทพ, 2559)

2) การสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก

ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกโดยทั่วไป หากพิจารณาในภาพรวมของจำนวนรถที่ผ่านทางแยกทั้งหมด โดยยังไม่พิจารณาจำนวนรถในแต่ละทิศทางการเคลื่อนที่ (Turning movement) สามารถคาดการณ์ปริมาณยานพาหนะที่เข้าสู่ทางแยก (Arrival volume) ได้จากข้อมูลปริมาณยานพาหนะที่ออกจากทางแยก (Departure) ทางแยกแต่ละขา นอกจากนี้ยังนิยมวัดปริมาณแถวคอย (Queue) สำหรับทางแยกที่ควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร จะสามารถวัดปริมาณแถวคอยสะสม (Residual queue) ได้เมื่อเริ่มสัญญาณไฟแดงของขาทางแยกที่พิจารณา แต่สำหรับทางแยกทั่วไป ปริมาณแถวคอยจะวัดในช่วงสุดท้ายของแต่ละช่วงเวลาที่สำรวจ นอกจากการวัดปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกในภาพรวมด้วยวิธีข้างต้นแล้ว ยังสามารถสำรวจข้อมูลจำนวนรถในแต่ละทิศทางการเคลื่อนที่ (Turning Movement Count หรือ TMC) ได้เช่นกัน โดยนับจำนวนรถประเภทต่าง ๆ ที่เคลื่อนที่ในทิศทางเลี้ยวซ้าย ตรงไป หรือ เลี้ยวขวา ของแต่ละขาทางแยก แล้วบันทึกลงในแบบฟอร์มสำรวจข้อมูลภาพสนาม (ปรเมศวร์ เหลือเทพ, 2559)

การนำเสนอผลการสำรวจปริมาณการจราจรทางแยกโดยทั่วไปนิยมนำเสนอใน 2 รูปแบบคือ 1) แผนภาพสรุปปริมาณการจราจรทางแยก หรือ Intersection Summary Diagram และ 2) แผนภาพการไหลของปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก หรือ Intersection Flow Diagram ดังตัวอย่างในรูปที่ 2-2 (ปรเมศวร์ เหลือเทพ, 2559)



ที่มา: ปรเมศวร์ (2559)

รูปที่ 2-2 แผนภาพสรุปปริมาณการจราจรทางแยก

3) ความเร็วและเวลาในการเดินทาง

ความเร็ว คือ อัตราการเคลื่อนที่ในหน่วยระยะทางต่อเวลา หรือคือส่วนกลับของเวลาที่ยานพาหนะใช้ในการเคลื่อนที่ในระยะทางที่กำหนด คูณด้วยระยะทางนั้น โดยสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 2-2 (ปรเมศวร์ เหลือเทพ, 2559)

$$s = \frac{d}{t}$$ สมการที่ 2-2

โดยที่ s = ความเร็ว หน่วย กิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/h)
d = ระยะทางที่เดินทาง หน่วย กิโลเมตร (km)
t = เวลาที่ใช้ในการเดินทาง หน่วย ชั่วโมง (h)

ในกระแสจราจร ยานพาหนะแต่ละคันจะวิ่งด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน การอธิบายคุณสมบัติความเร็วของกระแสจราจรจึงใช้ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วของยานพาหนะในกระแสจราจรในการอธิบายคุณสมบัติดังกล่าว และจำเป็นต้องใช้ค่าความเร็วเฉลี่ยเป็นตัวแทนความเร็วของยานพาหนะทั้งหมดในกระแสจราจร สำหรับอธิบายลักษณะของกระแสจราจรนั้น

4) ความล่าช้าของกระแสจราจร

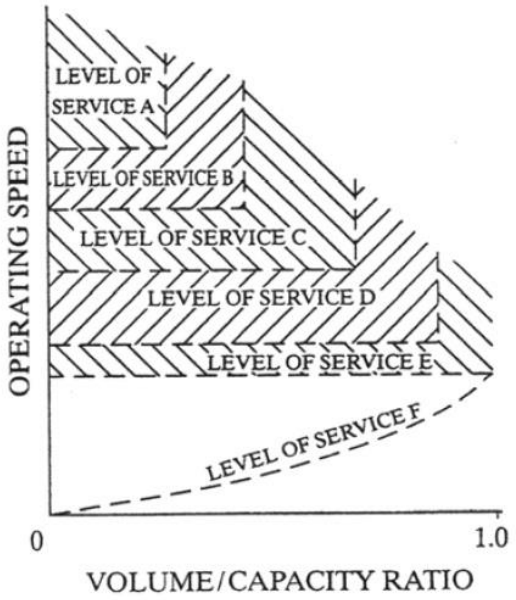
ความล่าช้า หมายถึง ความล่าช้าอันเกิดจากการหยุด (Stopped Delay) ของยานพาหนะ จะพิจารณาความล่าช้าอันเกิดจากการหยุดบริเวณทางแยก (Intersection Stopped Delay) เป็นหลัก ความล่าช้าอันเกิดจากการหยุด (มีหน่วยเป็น วินาทีต่อคัน หรือ sec/veh) เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญค่าหนึ่งที่บ่งบอกประสิทธิภาพในการรองรับปริมาณการจราจรและระดับการให้บริการของทางแยก การสำรวจความล่าช้าของกระแสการจราจรบริเวณทางแยก สามารถตรวจสอบได้โดยใช้แบบบันทึกข้อมูล ซึ่งการคำนวณสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2-3 (ปรเมศวร์ เหลือเทพ, 2559)

$$\text{ความล่าช้าเฉลี่ยต่อจำนวนยานพาหนะ} = \frac{\text{จำนวนรถทั้งหมดที่หยุดรอสัญญาณไฟจราจร}}{\text{จำนวนรถทั้งหมดในช่วงเวลาที่ศึกษา}}$$

สมการที่ 2-3

5) ระดับการให้บริการ

Highway Capacity Manual หรือ HCM (2000) ได้อธิบายแนวคิดในการประเมินสภาพการจราจรและประสิทธิภาพของถนนด้วยระดับการให้บริการ (Level Of Service หรือ LOS) โดยที่ลักษณะของแผนภาพในการประเมินสภาพการจราจรนั้นจะมีลักษณะคล้ายกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและปริมาณการจราจร โดยนำค่าสัดส่วนระหว่างปริมาณการจราจรหารด้วยความสามารถรองรับปริมาณการจราจร (V/C) ซึ่งพื้นที่ภายในเส้นกราฟสามารถแบ่งออกเป็น 6 พื้นที่ย่อย แทนขอบเขตของระดับการให้บริการจาก A ถึง F (สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์, 2551) ดังแสดงในรูปที่ 2-3 และรูปที่ 2-4 ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้



ที่มา: HCM (2000) อ้างอิงใน สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ (2551)

รูปที่ 2-3 แผนภาพการจำแนกระดับการให้บริการ

5.1) ระดับการให้บริการ A

ระดับการให้บริการ A เป็นระดับการให้บริการที่ยานพาหนะสามารถเคลื่อนที่ได้โดยอิสระ ด้วยความเร็วอิสระ โดยที่ผู้ขับขี่ยานพาหนะสามารถเลือกใช้ความเร็วในการสัญจรได้โดยอิสระ ซึ่งเป็นระดับการให้บริการที่ทำให้เกิดความสบายในการขับขี่มากที่สุด อุบัติเหตุและสภาพถนนที่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่จะไม่ส่งผลกระทบมากนักที่ระดับการให้บริการนี้

5.2) ระดับการให้บริการ B

ระดับการให้บริการ B เป็นระดับการให้บริการที่ยานพาหนะสามารถเคลื่อนที่ได้โดยอิสระ และสามารถเลือกใช้ความเร็วในการสัญจรได้โดยอิสระ แต่การเปลี่ยนช่องจราจรอาจถูกจำกัดบ้างเล็กน้อย โดยรวมแล้วยังคงเป็นระดับการให้บริการที่ทำให้เกิดความสบายในการขับขี่ เช่นเดียวกับระดับการให้บริการ A อุบัติเหตุและสภาพถนนที่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่จะไม่ส่งกระทบต่อสภาพการจราจรมากนักที่ระดับการให้บริการนี้

5.3) ระดับการให้บริการ C

ระดับการให้บริการ C เป็นระดับการให้บริการที่สามารถใช้ความเร็วในการสัญจรได้ใกล้เคียงความเร็วอิสระ แต่ความมีอิสระในการสัญจรจะถูกจำกัดมากขึ้น โดยที่ผู้ขับขี่ต้องให้ความระมัดระวังในขณะที่มีการเปลี่ยนช่องจราจรมากขึ้น อุบัติเหตุทางถนนยังไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพการจราจรมากนัก แต่สภาพถนนที่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่อาจเริ่มส่งผลกระทบมากขึ้น และอาจทำให้เกิดแถวคอยหรือรถติดได้ในตำแหน่งที่สภาพถนนเป็นอุปสรรคต่อการสัญจรอย่างมีนัยสำคัญ

5.4) ระดับการให้บริการ D

ระดับการให้บริการ D เป็นระดับการให้บริการที่ความเร็วในการสัญจรเริ่มลดลงเล็กน้อย ขณะที่ปริมาณการจราจรและความหนาแน่นเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ความมีอิสระในการสัญจรในกระแสจราจรถูกจำกัดมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ทำให้ความสบายในการขับขี่ลดลงและเกิดความเครียดในการขับขี่เพิ่มขึ้น อุบัติเหตุเพียงเล็กน้อยก็ทำให้เกิดการจราจรติดขัดขึ้นได้ที่ระดับการให้บริการนี้ เพราะมีพื้นที่ในการสัญจรและใช้ในการหลบหลีกลดลง

5.5) ระดับการให้บริการ E

ระดับการให้บริการ E เป็นระดับการให้บริการที่การสัญจรเป็นได้ด้วยความยากลำบาก โดยเฉพาะการขัดกระแสจราจรเพียงเล็กน้อยไม่ว่าจะเป็น การเปลี่ยนช่องจราจร หรือการที่รถวิ่งออกจากทางเชื่อมเข้ามาในกระแสจราจรหลัก สามารถทำให้เกิดกระแสการจราจรติดขัดย้อนกลับไปยังกระแสจราจรต้นทางได้ ที่ระดับการจราจรสูงสุดนี้ หากเกิดอุบัติเหตุขึ้นแม้เพียงเล็กน้อย ก็สามารถทำให้เกิดการจราจรติดขัดอย่างรุนแรงได้ เนื่องจากมีพื้นที่ไม่เพียงพอสำหรับระบายการจราจร และเป็นสภาพการจราจรที่ส่งผลให้เกิดความอึดอัดและความเครียดต่อผู้ขับขี่เป็นอย่างมาก

5.6) ระดับการให้บริการ F

ระดับการให้บริการ F เป็นระดับการให้บริการที่เกิดจากสภาพการจราจรติดขัดอย่างมากของกระแสจราจร โดยทั่วไปสังเกตได้จากแถวคอยที่เกิดขึ้นด้านหลังจุดที่เกิดการติดขัด ซึ่งการติดขัดของกระแสจราจรเกิดจากสาเหตุหลัก ได้แก่

- อุบัติเหตุที่เกิดขึ้น ส่งผลให้ถนนช่วงที่เกิดอุบัติเหตุนั้นมีความสามารถในการรองรับปริมาณการจราจรลดลง นั่นคือจำนวนรถยนต์ที่วิ่งเข้ามามากกว่าจำนวนรถยนต์ที่ถูกระบายออกไปจากจุดดังกล่าว
- ตำแหน่งที่เกิดการขัดแย้งกันของกระแสจราจร เช่น ตำแหน่งที่กระแสจราจรรวมเข้าด้วยกัน (Merging) ตัดกัน (Weaving) หรือตำแหน่งที่จำนวนช่องจราจรลดลงมากกว่าปริมาณการจราจรที่วิ่งออกจากตำแหน่งนั้น
- การคาดการณ์ปริมาณการจราจรที่ผิดพลาด ทำให้ปริมาณการจราจรสูงสุดในชั่วโมงนั้นสูงเกินกว่าความสามารถรองรับปริมาณการจราจรของถนน

1) ระดับการให้บริการ A

2) ระดับการให้บริการ B

3) ระดับการให้บริการ C

4) ระดับการให้บริการ D

5) ระดับการให้บริการ E

6) ระดับการให้บริการ F

ที่มา: HCM (2000) อ้างอิงใน สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ (2551)

รูปที่ 2-4 สภาพการจราจรที่ระดับการให้บริการต่าง ๆ

6) ระดับการให้บริการของทางแยก

การพิจารณาระดับการให้บริการของทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจรและที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจรในบริเวณเขตเมือง จะใช้ความล่าช้าเป็นเกณฑ์ ซึ่งบางครั้งอาจพิจารณาค่าความจุบนช่วงถนนร่วมด้วย โดย Austroads (1998) อ้างใน Luk (2006) ได้กำหนดเกณฑ์พิจารณาระดับการให้บริการของช่วงถนนในบริเวณเขตเมือง ดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 การประเมินระดับการให้บริการของถนนในบริเวณเขตเมือง

ระดับการให้บริการ	อัตราส่วนปริมาณการจราจรต่อความจุ (V/C)
A	0.00-0.60
B	0.60-0.70
C	0.70-0.80
D	0.80-0.90
E	0.90-1.00
F	> 1.00

ที่มา: Austroads (1998) อ้างใน Luk (2006)

TRB (2000) ได้กล่าวว่า การประเมินระดับการให้บริการของทางแยกที่มีการควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร จะใช้ค่าของความล่าช้าจากยานพาหนะ โดยพิจารณาจำนวนยานพาหนะต่อช่องจราจรหรือแต่ละทิศทางที่เข้าสู่ทางแยก ซึ่งหลักเกณฑ์การประเมินระดับการให้บริการของทางแยกที่มีการควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร ดังแสดงในตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 เกณฑ์การประเมินระดับการให้บริการของช่วงถนนในเมืองแบ่งตามลำดับชั้นของถนน

ระดับการให้บริการ	ความล่าช้า (วินาที/คัน)
A	< 10
B	> 10-20
C	> 20-35
D	> 35-55
E	> 55-80
F	> 80

ที่มา: TRB (2000)

2.2.4 การจัดการจราจรบริเวณทางแยก

บริเวณที่ถนนหลายสายมาตัดกันหรือบรรจบกันเป็นสามแยก สี่แยก ห้าแยก และวงเวียนเป็นจุดที่เกิดปัญหาการจราจรมากที่สุด โดยเฉพาะบริเวณในเมืองที่มีการจราจรคับคั่งในชั่วโมงเร่งด่วนของวันทำการ ทางแยกคือส่วนสำคัญของโครงข่ายถนน และการเดินทางที่ทำให้ผู้ใช้ถนนสามารถเดินทางถึงจุดต่าง ๆ ของพื้นที่ได้ เมื่อมีทางแยกจึงต้องมีการควบคุมการเดินรถ และต้องมีการกำหนดและวางกฎเกณฑ์ในการบังคับรถให้ถูกต้องและเหมาะสมกับสภาพการจราจร เช่น ติดตั้งป้ายจราจรหรือสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น ทางแยกแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือทางแยกที่มีถนนตัดกันในระดับเดียวกัน (At-Grade Intersection) และทางแยกที่ถนนตัดกันในลักษณะต่างระดับ (Grade-Separation Intersection) (กรมทางหลวงชนบท, 2551ข)

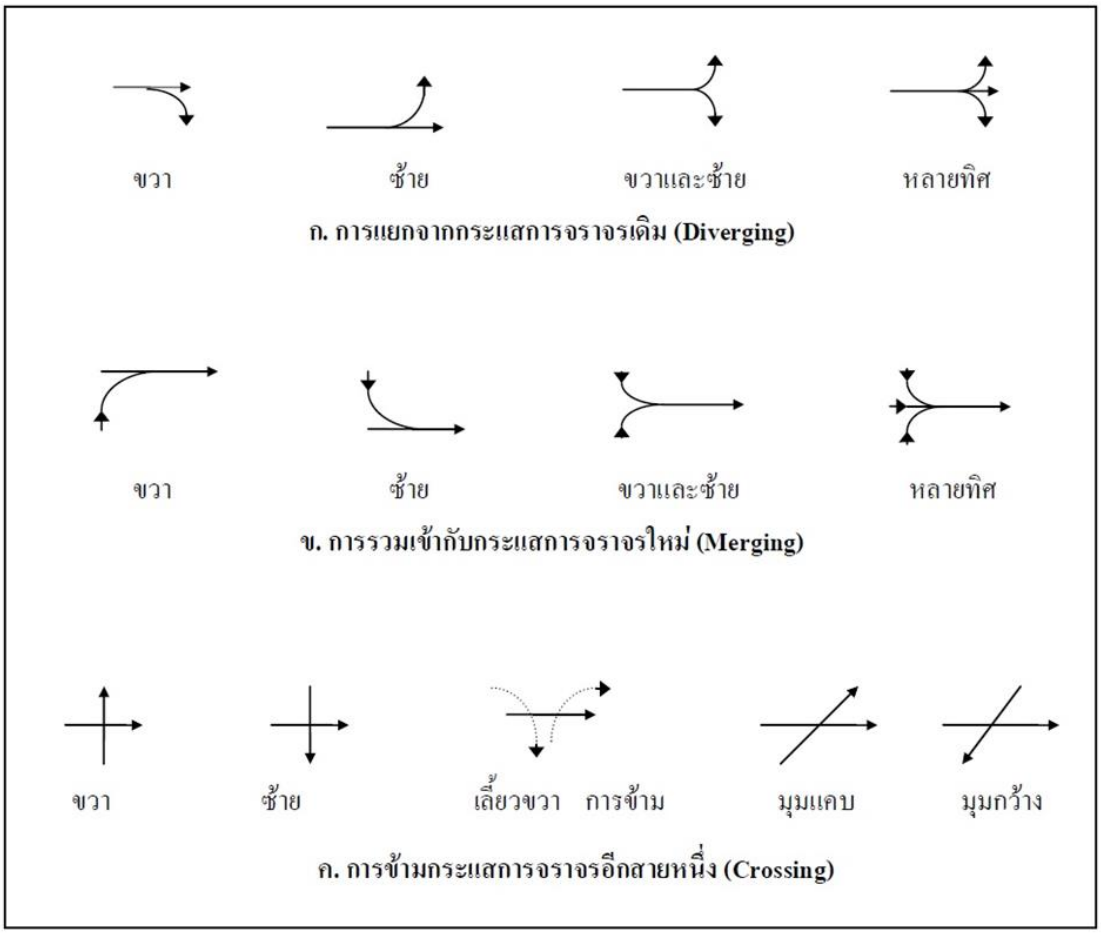
1) องค์ประกอบของกระแสการจราจรที่ทางแยก

องค์ประกอบของกระแสการจราจรที่ทางแยกแบ่งได้ 2 ลักษณะ (กรมทางหลวงชนบท, 2551ข) มีรายละเอียดดังนี้

1.1) ชนิดการเคลื่อนที่ของกระแสจราจร

ขณะที่ยานพาหนะจะข้ามทางแยกหรือจะเลี้ยวไปอีกทางหนึ่ง มีการเคลื่อนที่ 3 แบบคือ การแยกจากกระแสการจราจรเดิม การรวมเข้ากับกระแสการจราจรใหม่และการข้ามกระแสการจราจรอีกสายหนึ่ง ลักษณะการเคลื่อนที่ทั้ง 3 แบบนี้ แสดงในรูปที่ 2-5

การแยกออกจากกระแสการจราจรที่ทางแยกเป็นการเคลื่อนที่ที่จำเป็น เมื่อผู้ขับขี่ต้องการเปลี่ยนทิศทางการขับขี่การแยกอาจแยกไปซ้าย ขวาหรือไปทั้งซ้ายและขวาที่ทางแยกส่วนการรวมเข้านั้นจะเกิดขึ้นเมื่อรถที่ทางแยกออกจากกระแสเดิมกำลังจะขับไปเข้าในกระแสใหม่ การรวมนี้อาจเป็นการรวมไปกับการจราจรทางซ้าย ทางขวาหรือทั้งสองทาง สำหรับการข้ามนั้นยุ่งยากกว่าการเคลื่อนที่แบบอื่น ๆ เพราะรถอาจข้ามกระแสการจราจรจากซ้ายหรือขวาด้วยมุมที่ใหญ่กว่า เท่ากับหรือเล็กกว่ามุมฉาก การข้ามที่มุมเล็กมากอาจเรียกว่าการเปลี่ยนสลับ และการเคลื่อนที่แบบหลังนี้อาจคิดในแง่ของการแยกออกจากกระแสเดิมบวกการรวมเข้าไปในกระแสที่สองแล้วแยกออกจากกระแสการจราจรเดิมบวกรวมเข้าไปในกระแสที่สาม กล่าวคือ เป็นการย้ายจากกระแสแรกไปกระแสที่สาม

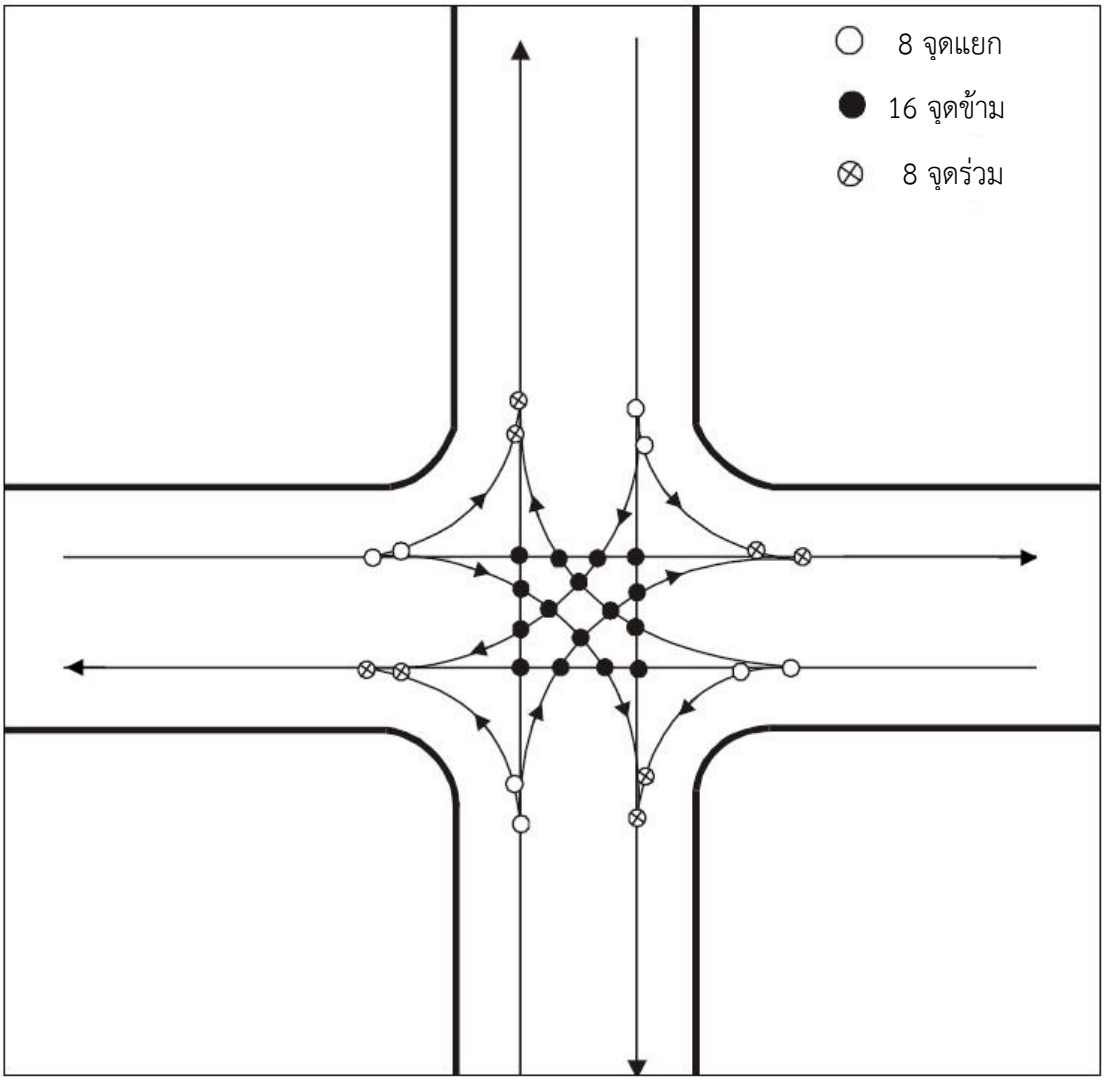


ที่มา: กรมทางหลวงชนบท (2551ข)

รูปที่ 2-5 ชนิดของการเคลื่อนที่ของยานพาหนะบริเวณทางแยก

1.2) ความขัดแย้งที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของกระแสจราจร

การเคลื่อนที่ทั้งสามแบบที่ทางแยกจากหัวข้อที่ผ่านมา หากขับไปพบรถในอีกกระแสการจราจรก็จะเกิดการขัดแย้งขึ้น ถ้าการขัดแย้งนี้แก้ไขไม่ทันจะทำให้เกิดการปะทะจนกลายเป็นอุบัติเหตุขึ้นได้ พื้นที่ของการขัดแย้งจะคลอบคลุมทั้งพื้นที่ก่อนหน้าที่มีส่วนให้เกิดการปะทะและที่จุดปะทะในการออกแบบทางแยกนั้น วิศวกรจราจรจะต้องเข้าใจถึงลักษณะของการเคลื่อนที่ของยานพาหนะชนิดต่าง ๆ เพื่อจะได้ออกแบบถนนให้มีเนื้อที่สำหรับการเลี้ยวแยกออกหรือรวมเข้าเพื่อลดจุดปะทะและความรุนแรงของการปะทะ ในรูปที่ 2-6 แสดงจุดปะทะที่อาจเกิดขึ้นได้ที่สี่แยกทั่วไป



ที่มา: กรมทางหลวงชนบท (2551ข)

รูปที่ 2-6 จุดขัดแย้งที่เกิดขึ้นบริเวณสี่แยกทั่วไป

2) ชนิดของทางแยกระดับเดียวกัน

ทางแยกระดับเดียวกัน สามารถแบ่งได้ 4 ชนิด (กรมทางหลวงชนบท, 2551ข) ประกอบด้วย

2.1) ทางแยกธรรมดา (Unchannelised Intersections)

ทางแยกธรรมดามีรูปร่างเหมือนอักษรอังกฤษตัว “T” หรือ “Y” หรือรูปกากบาท แล้วแต่จำนวนถนนและมุมที่ถนนมารวมกันที่ทางแยก จำนวนถนนที่ทางแยกนั้นไม่ควรเกิน 4 สายเพื่อเข้าใจง่าย ถ้าทางแยกมีเกิน 4 สายมารวมกันสภาพทางแยกจะสับสนมาก อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ง่ายทำให้เกิดความล่าช้า ดังนั้น จึงควรปรับปรุงทางแยกให้เป็นวงเวียนหรือแบ่งออกเป็นทางแยกธรรมดาสองแห่ง

โดยทั่วไปทางแยกธรรมดาจะออกแบบให้บริการสำหรับการจราจรที่มีปริมาณและจำนวนรถเลี้ยวน้อย ดังนั้นจึงยังไม่จำเป็นที่ต้องมีการควบคุมการจราจร การปักป้ายหยุดไว้ในทิศทางการจราจรน้อยกว่าจะมีผลให้ทางแยกมีทางเอกและทางโทเกิดขึ้น ส่งผลให้รถในกระแสการจราจรและการเดินรถคล่องตัวขึ้น

2.2) ทางแยกขยาย (Flared Intersections)

ทางแยกขยายเป็นการปรับปรุงทางแยกธรรมดาให้ดีขึ้น โดยการขยายทางแยกให้มีช่องการจราจรเพิ่มขึ้น ทางแยกที่มีช่องการจราจรที่เพิ่มขึ้นจะมีพื้นที่ให้รถเลี้ยวซ้ายและชะลอความเร็ว เพื่อหลีกเลี่ยงการกระทบกันระหว่างรถที่ตามหลังมาหรือเป็นพื้นที่สำหรับให้รถเร่งความเร็วให้เท่ากับความเร็วของกระแสใหม่ นอกจากนี้ทางแยกแบบนี้ยังมีประโยชน์สำหรับรถคันหน้าที่จะเลี้ยวขวา รถซึ่งตามหลังมาแทนที่จะต้องหยุดรอสามารถขับผ่านขึ้นหน้าในช่องทางซ้ายมือได้โดยไม่ต้องหยุดรอ

2.3) ทางแยกแบ่งทิศทางการไหล (Channelized Intersections)

เมื่อการเคลื่อนที่ของพาหนะที่ทางแยกธรรมดามีการขัดแย้งกันมาก ทางแยกธรรมดาจะถูกปรับให้ดีขึ้น โดยแยกการเคลื่อนที่ของรถออกจากกันด้วยการสร้างเกาะกลางถนนใช้ราวเหล็กหรือทาสีไม่ให้รถผ่าน ความจำเป็นของการปรับทางแยกอาจมาจากสาเหตุอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง เช่น มีพื้นที่ทางแยกกว้างใหญ่มาก การเคลื่อนที่ของพาหนะที่ทางแยกไม่มีระเบียบ ความซับซ้อนของแยก มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นบ่อย ความล่าช้าและความติดขัดเกิดขึ้นบ่อย เกิดความขัดแย้งเวลาเลี้ยว ปริมาณการจราจรสูงขึ้น เพื่อป้องกันคนข้ามถนนโดยการให้ยืนบนเกาะ และเพื่อติดตั้งป้ายการจราจรหรือสัญญาณจราจรบนเกาะกลางถนน

นอกจากนี้ ทางแยกแบ่งทิศทางการไหลยังสามารถใช้ประโยชน์ในการบอกให้คนขับรถทราบถึงตำแหน่งของทางแยกก่อนถึงทางแยกนั้น ๆ เนื่องจากตัวเกาะมีความสูงกว่าพื้นถนน ทำให้เห็นได้ง่ายกว่าเกาะที่สร้างขึ้นอาจออกแบบให้หลีกเลี่ยงความรุนแรงของมุมชนที่เกิน 90 องศา ลดลงเหลือเพียง 90 องศา นอกจากนี้อาจกั้นเป็นที่ให้รถเลี้ยวขวาจอดรถหรือถ้ามีการชนบ่อยครั้งมาก เกาะบนถนนสามารถสร้างขึ้นเพื่อบังคับไม่ให้มีการเคลื่อนที่แบบใดแบบหนึ่งได้

2.4) วงเวียน (Roundabouts)

วงเวียน เป็นทางแยกปรับทิศทางการไหลแบบหนึ่ง โดยบังคับทิศทางการจราจรให้ไหลตามเข็มนาฬิกา รอบเกาะตรงกลางทางแยก เกาะนี้จะเปลี่ยนการเคลื่อนที่ของรถที่ทางแยกจากการขับข้ามกระแสการจราจรมาเป็นแบบรวมเข้าและแยกออกจากกระแสการจราจร จึงทำให้มุมปะทะแคบลงและความรุนแรงของการปะทะลดลง ประโยชน์ของวงเวียน คือ การบังคับให้รถแล่นไปในทิศทางเดียว และการหยุดรอช่องว่างระหว่างรถที่ทางแยก ดังนั้นคนขับจะสามารถขับเข้าวงเวียนได้โดยไม่ต้องมีการชะลอและเร่งความเร็วมากนัก เพราะฉะนั้นวงเวียนจึงช่วยป้องกันอุบัติเหตุที่มีรถ

หลายคันชนกันที่ทางแยก นอกจากนี้วงเวียนยังสามารถใช้กับทางแยกที่มีมากกว่า 4 ทางแยก ทำให้ลดความสับสนในการขับรถ เพราะผู้ขับขี่เพียงระวังรถทางขวาทางเดียวไม่จำเป็นต้องมองไปทั่วทุกถนนที่ทางแยก อย่างไรก็ตามวงเวียนยังมีข้อเสียที่สำคัญ ดังนี้

- ความจุหรือความสามารถในการระบายรถของวงเวียนน้อย
- วงเวียนใช้เนื้อที่มากในการระบายยานพาหนะเมื่อเทียบกับทางแยกอื่น
- ทำให้คนเดินเท้าต้องเดินในระยะทางไกล
- การดัดแปลงวงเวียนทำได้ยากกว่าการปรับปรุงทางแยกแบบอื่น ๆ

3) ลักษณะทางแยก

ทางแยกแต่ละประเภทมีลักษณะที่ต่างกันไปตามปริมาณจราจรและการจัดการบริเวณทางแยก ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท (กรมทางหลวงชนบท, 2551ข) ดังต่อไปนี้

3.1) ทางแยกที่ไม่มีเกาะแบ่งช่องจราจรและไม่มีการผายช่องจราจร

ทางแยกนี้เป็นทางแยกที่ถนนสายหลักตัดกับถนนสายรองในบริเวณถนนนอกเมืองที่มีปริมาณจราจรไม่มากนัก ไม่มีเกาะและการผายช่องจราจรเนื่องจากประหยัดค่าใช้จ่าย ซึ่งการจัดการจราจรบริเวณทางแยกลักษณะนี้จะใช้การควบคุมด้วยป้ายจราจรเป็นหลัก

3.2) ทางแยกที่มีการผายช่องจราจร

ทางแยกที่มีการผายช่องจราจรเป็นทางแยกที่มีปริมาณจราจรมากขึ้นมา ใช้การขยายช่องจราจรขนานกับทางปกติเช่น สำหรับรถเลี้ยวซ้ายหรือช่องสำหรับรถเลี้ยวขวาเพื่อลดการตัดกันของกระแสจราจร

3.3) ทางแยกที่มีเกาะ

ทางแยกที่มีเกาะสามารถแยกการจราจรออกจากกันได้ โดยเกาะจราจรใช้ได้ทั้งเกาะแบบกายภาพและแบบทาสี ทั้งนี้รวมทั้งวงเวียนด้วย

4) การวางแผนในการจัดการจราจรบริเวณทางแยก

การจัดการจราจรบริเวณทางแยกมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การจราจรมีความคล่องตัวและมีจำนวนอุบัติเหตุเกิดน้อยครั้งมากที่สุด ซึ่งมีหลักการสำคัญอยู่ 2 ประการ คือ ลดจุดขัดแย้งหรือตัดกัน (Conflict) ที่เกิดจากการที่รถจำนวน 2 คันหรือมากกว่านั้นสัญจรมาพบกันในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง และจัดการระยะการมองเห็นให้มีระยะที่เพียงพอ ซึ่งเมื่อนำหลักการดังกล่าวมาพิจารณาสามารถจัดทำแผนการจัดการจราจรได้ดังนี้ (กรมทางหลวงชนบท, 2551ข)

4.1) การเตือนทางแยกข้างหน้า

สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุบริเวณทางแยก บ่อยครั้งที่เกิดจากทัศนะวิสัยของผู้ขับขี่ไม่ดีพอ ทำให้ไม่สามารถมองเห็นได้ว่ามีทางแยกอยู่ข้างหน้า ส่งผลให้ผู้ขับขี่ไม่สามารถประเมินสถานการณ์ข้างหน้าได้ และเปลี่ยนพฤติกรรมการขับขี่ให้เหมาะสมกับบริเวณทางแยกได้ ยกตัวอย่าง เช่น ผู้ขับขี่ไม่สามารถชะลอความเร็วเพื่อเตรียมตัวหยุดบริเวณทางแยกได้ทัน เป็นต้น ดังนั้น จำเป็นต้องเตือนให้ผู้ขับขี่ทราบว่ามีทางแยกอยู่ข้างหน้าและทางแยกนั้นเป็นทางแยกประเภทใดด้วย โดยการติดตั้งป้ายจราจร เช่น ป้ายเตือนทางแยกรูปแบบต่าง ๆ ป้ายเตือนวงเวียนข้างหน้า ป้ายเตือนสัญญาณไฟจราจร ป้ายเตือนหยุดข้างหน้า ป้ายเตือนให้ทางข้างหน้า เป็นต้น

4.2) การลดจุดขัดแย้งบริเวณทางแยก

บริเวณทางแยกที่มีจุดขัดแย้งกันของกระแสจราจรมากจะมีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุในบริเวณทางแยกนั้นสูง ดังนั้นการลดจุดขัดแย้งของกระแสจราจรบริเวณทางแยกทำให้รถมีโอกาสมาพบกันน้อยลง ซึ่งหมายความว่าแนวโน้มในการเกิดอุบัติเหตุก็จะลดลงตามไปด้วย การลดจุดขัดแย้งกันของกระแสจราจรบริเวณทางแยกมี ขั้นตอนดังนี้

1) จัดช่องจราจรสำหรับรถเคลื่อนที่ในทิศทางใดทิศทางหนึ่งโดยเฉพาะ

การจัดช่องจราจรสำหรับรถเคลื่อนที่ในทิศทางใดทิศทางหนึ่งโดยเฉพาะเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการลดความขัดแย้งของกระแสจราจรได้ โดยการใช้เกาะกลาง ขอบทาง หรือการทาสีแบ่งช่องจราจรที่มีการเคลื่อนที่ของรถเฉพาะทิศทาง เช่น ในกรณีที่ถนนมีปริมาณจราจรจำนวนมากอาจจะพิจารณาสร้างอุโมงค์หรือสะพานข้ามทางแยกสำหรับเคลื่อนที่ทางตรง หรือ การเพิ่มช่องจราจรสำหรับรถเลี้ยวซ้ายทำให้รถเลี้ยวซ้ายได้ตลอดเวลา

2) การห้ามไม่ให้รถเคลื่อนที่ในบางทิศทาง

การห้ามไม่ให้รถเคลื่อนที่ในบางทิศทางนี้สามารถทำได้โดยการบังคับไม่ให้ผู้ขับขี่เลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวาบริเวณสี่แยกในบางทิศทาง ซึ่งช่วยลดจุดขัดแย้งของกระแสจราจรให้น้อยลงได้

3) การจัดลำดับการเคลื่อนที่ของรถ

การจัดลำดับการเคลื่อนที่ของรถจะเป็นการพิจารณาว่าจะให้รถทิศทางใดไปก่อนหรือหลัง เพื่อลดโอกาสการพบกันของรถในแต่ละทิศทาง ซึ่งจะทำให้จุดขัดแย้งกันของกระแสจราจรลดน้อยลง ซึ่งสามารถทำได้โดย

3.1) การติดตั้งวงเวียน เพื่อจัดลำดับการเคลื่อนที่ของรถโดยให้รถในวงเวียนได้สิทธิไปก่อน ซึ่งจะทำให้ช่วยลดจุดตัดกันของกระแสจราจรจาก 32 จุด เหลือเพียงแค่ 8 จุด นอกจากจะช่วยลดจุดขัดแย้งของกระแสจราจรแล้ว รถที่วิ่งในวงเวียนจะใช้ความเร็วต่ำกว่ารถที่วิ่งในบริเวณสี่แยกทั่วไป ทำให้ทางแยกมีความปลอดภัยสูง วงเวียนช่วยลดอุบัติเหตุได้มากกว่า 50% และ

อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบริเวณวงเวียนมักจะเป็นการชนท้ายกันของรถ หรือการเคลื่อนที่มาพบกันในลักษณะการรวมกันของกระแสจราจรที่มีความเร็วต่ำ ซึ่งไม่มีการบาดเจ็บรุนแรง แต่อย่างไรก็ตามวงเวียนก็เหมาะสำหรับทางแยกที่มีปริมาณจราจรไม่สูงมากนักเพราะจะทำให้รถติดหากมีปริมาณจราจรจำนวนมาก

3.2) ติดตั้งเครื่องหมายให้ทางหรือเครื่องหมายหยุด เป็นการจัดลำดับว่ารถบนถนนสายรองต้องหยุดให้รถบนถนนสายหลักไปก่อนสำหรับสี่แยก ส่วนสามแยกนั้นรถที่เคลื่อนที่มาจากถนนที่มาบรรจบกับถนนอื่นให้หยุดรอให้รถที่มาจากทางตรงไปก่อน

3.3) ติดตั้งสัญญาณไฟจราจร สัญญาณไฟจราจรจะทำหน้าที่แบ่งการเคลื่อนที่ของรถแต่ละทิศทางอย่างชัดเจนในแต่ละช่วงเวลาต่าง ๆ ซึ่งเป็นการจัดสรรการใช้พื้นที่ผิวจราจรบริเวณทางแยกโดยให้รถทิศทางหนึ่งเคลื่อนที่และห้ามรถในทิศทางที่ทำให้เกิดจุดขัดแย้งของกระแสจราจรไม่ให้เคลื่อนที่ จึงทำให้การจราจรในบริเวณทางแยกเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

4.3) การจัดระยะมองเห็น

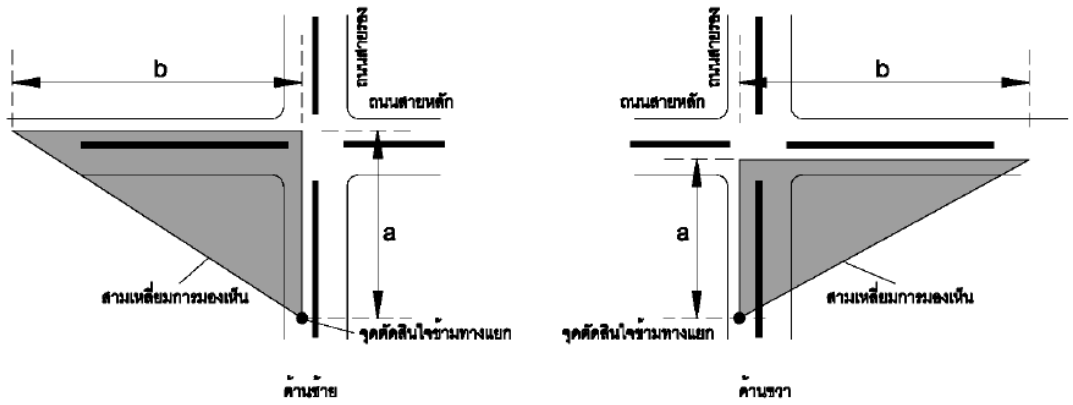
ระยะการมองเห็นในบริเวณทางแยกควรมีความยาวเพียงพอ เพื่อให้ผู้ขับขี่สามารถมองเห็นรถที่เคลื่อนที่เข้าสู่ทางแยกได้อย่างชัดเจนและมีเวลาเพียงพอที่จะตัดสินใจขับขี่ได้ถูกต้อง การจัดระยะมองเห็นทำได้โดยการติดตั้งเครื่องหมายหยุดหรือให้ทาง หรือติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ในกรณีที่ระยะการมองเห็นต่ำมาก ๆ และถนนมีปริมาณจราจรมากพอสมควร และสามารถทำโดยการรื้อถอน ปรับเปลี่ยนสิ่งปลูกสร้าง เสาไฟฟ้าต้นไม้หรือสิ่งกีดขวางอื่น ๆ เพื่อให้ผู้ขับขี่มีระยะการมองเห็นที่ดีขึ้น

ระยะมองเห็นปลอดภัย (Sight Distance) สามารถพิจารณาได้ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ หากแต่ว่าระยะการมองเห็นปลอดภัยนั้นมีสาเหตุจาก ต้นไม้ข้างทาง เกาะกลางถนนและราวกันอันตรายชนิดต่าง ๆ ดังนั้นผู้ออกแบบต้องพิจารณาปัจจัยดังกล่าวและคำนวณอย่างถี่ถ้วนรอบคอบ โดยเฉพาะทางแยกที่มีปริมาณจราจรหนาแน่น การออกแบบระยะมองเห็นปลอดภัยที่ทางแยกใช้หลักการสามเหลี่ยมการมองเห็นปลอดภัย (Sight Triangle) ในการออกแบบ โดยในพื้นที่สามเหลี่ยมปลอดภัยนี้จะต้องไม่มีสิ่งกีดขวางใด ๆ มาบดบังการมองเห็นของผู้ขับขี่ สามเหลี่ยมการมองเห็นปลอดภัย (Sight Triangle) สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ ระยะมองเห็นบนถนนก่อนเข้าสู่ทางแยก (Approach Sight Triangle) และ ระยะมองเห็นตามแนวถนนทางเอกที่ผู้ขับขี่อยู่บนทางโท (Departure Sight Triangle) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ระยะมองเห็นบนถนนก่อนเข้าสู่ทางแยก (Approach Sight Triangle)

ระยะมองเห็นบนถนนก่อนเข้าสู่ทางแยกซึ่งสัมพันธ์กับความเร็วรถโดยมีระยะทางที่ผู้ขับขี่สามารถมองเห็นลักษณะทางแยกเครื่องหมายจราจร เกาะจราจร เป็นต้น และมี

เวลาเพียงพอในการตัดสินใจหยุดรถทันก่อนรถเคลื่อนที่ถึงบริเวณจุดตัดกระแสจราจรบริเวณทางแยก ระดับสายตาของผู้ขับขี่อยู่ที่ประมาณ 1.15 เมตรในรถส่วนบุคคลทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 2-7

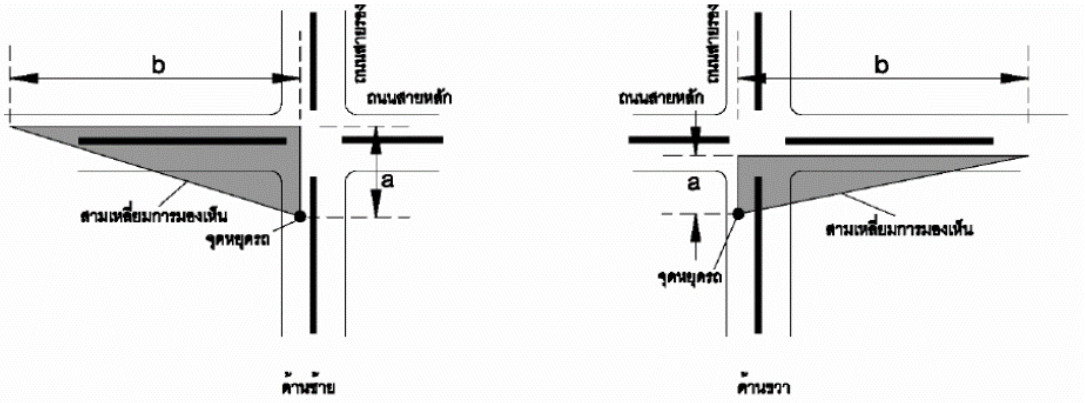


ที่มา : กรมทางหลวงชนบท (2551ข)

รูปที่ 2-7 สามเหลี่ยมของการมองเห็นที่ปลอดภัยขณะเข้าทางแยก

2) ระยะมองเห็นตามแนวถนนทางเอกที่ผู้ขับขี่อยู่บนทางโท (Departure Sight Triangle)

ระยะมองเห็นตามแนวถนนทางเอกที่ผู้ขับขี่รถบนถนนทางโทสามารถตัดสินใจขับผ่านทางแยกหรือเลี้ยวเข้าสู่ทางเอกได้โดยไม่รบกวนการจราจรบนทางเอก นั่นคือมีระยะพอที่รถจากทางโทที่เลี้ยวเข้ามาแล้วเร่งความเร็วขึ้นสัมพันธ์กับความเร็วของการจราจรบนทางแยกได้ทัน โดยรถบนทางเอกที่ตามมาไม่ต้องลดความเร็วลง ดังแสดงในรูปที่ 2-8



ที่มา : กรมทางหลวงชนบท (2551ข)

รูปที่ 2-8 สามเหลี่ยมของการมองเห็นที่ปลอดภัยขณะอยู่บนทางโท

ตัวอย่างของระยะ b เมื่อระยะ a เท่ากับ 3 เมตร กรณีทางแยกที่ไม่มีการควบคุมการจราจรใดๆ แสดงดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 ระยะของสามเหลี่ยมการมองเห็นที่ปลอดภัย

ความเร็ว (กม./ชม.)	ระยะ (เมตร)
20	20
30	25
40	35
50	45
60	55
70	65
80	75
90	90
100	120
110	135
120	150

ที่มา : กรมทางหลวงชนบท (2551ข)

4.4) การบังคับใช้กฎหมาย

หากบังคับใช้กฎหมายมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการจัดการจราจรบริเวณทางแยก เนื่องจากในบางพื้นที่หากผู้ใช้รถใช้ถนนปฏิบัติตามกฎจราจรอย่างเคร่งครัดแล้ว ปัญหาอุบัติเหตุและการจราจรติดขัดจะมีน้อย และอาจไม่จำเป็นที่จะต้องเข้าไปจัดการจราจร การติดตั้งป้ายถือว่าเป็นการจัดการจราจรที่ฟุ่มเฟือยหากใช้มากเกินไป เช่น บริเวณสามแยก รถที่มาจากถนนสายรองต้องหยุดให้รถที่มาจากถนนสายหลักไปก่อน ซึ่งหากทุกคนปฏิบัติเช่นนี้ ก็ไม่จำเป็นจะต้องติดตั้งป้ายจราจรให้ทาง เป็นต้น

4.5) การใช้ความเร็วต่ำบริเวณทางแยก

การจำกัดความเร็วบริเวณทางแยกสามารถที่จะปรับปรุงทัศนะวิสัยของผู้ขับขี่ทางอ้อมได้ เนื่องจากระยะการมองเห็นบริเวณทางแยกจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเร็วของรถที่เคลื่อนที่เข้าสู่ทางแยก รถที่เข้าสู่ทางแยกด้วยความเร็วต่ำ จะต้องการระยะการมองเห็นเพื่อให้ผู้ขับขี่มีทัศนะวิสัยที่ดีน้อยกว่า ดังนั้นหากมีการวางแผนให้ผู้ขับขี่ขับรถอย่างช้าๆ ระยะการมองเห็นบริเวณทางแยกจากเดิมที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานอาจอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

4.6) จุดกลับรถ

จุดกลับรถ (U-turn) คือบริเวณที่จัดไว้สำหรับให้เลี้ยวกลับรถ เพื่อให้ความสะดวกและปลอดภัยในการเลี้ยวกลับรถ การเลือกสถานที่และการออกแบบจุดกลับรถแบบเปิดเกาะกลาง มีข้อควรพิจารณา ดังนี้

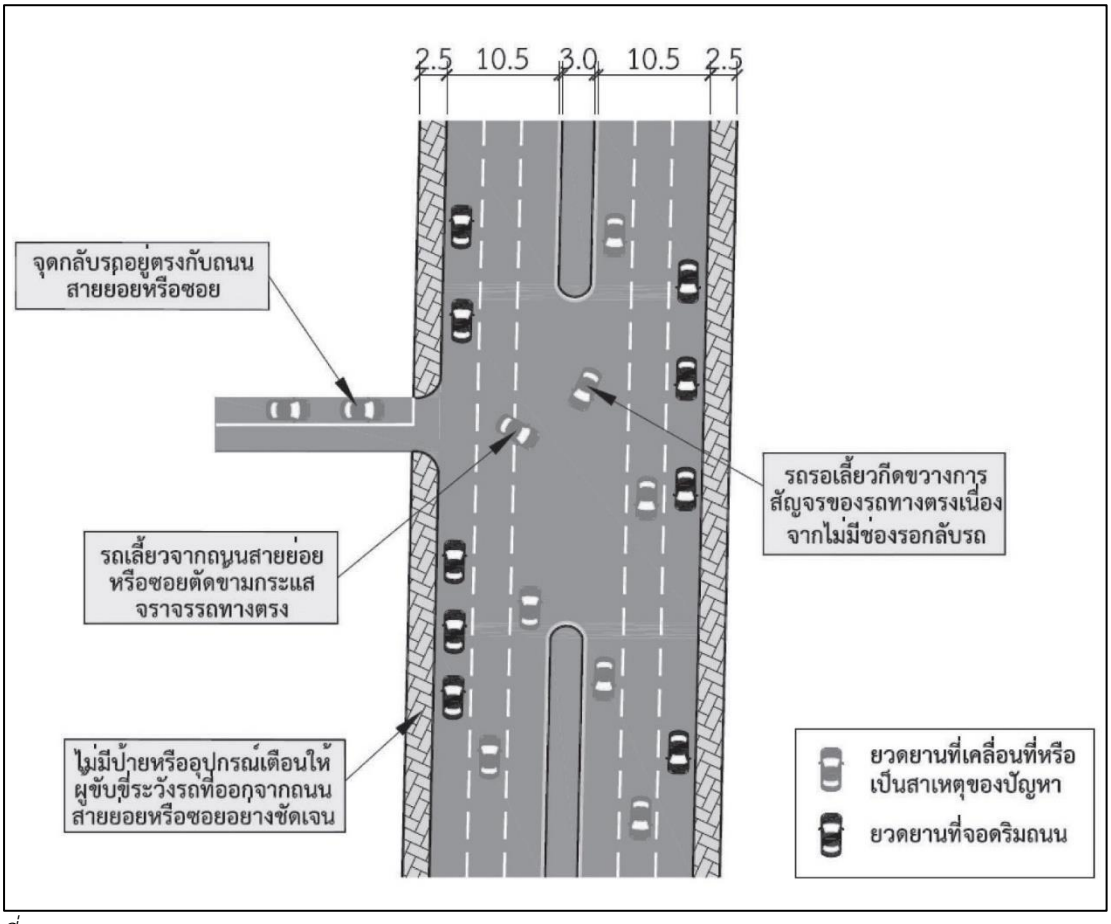
1) รูปแบบการเปิดเกาะกลางสำหรับใช้กลับรถจะต้องพิจารณาขนาดความกว้างของเกาะกลางและรัศมีเลี้ยวตามชนิดของรถที่ต้องการกลับรถ

2) จุดที่อยู่ใกล้ทางแยกที่มีปริมาณจราจรต่ำไม่ต้องเปิดเกาะกลาง โดยให้รถที่ต้องการกลับรถไปกลับรถที่ทางแยกรวมกับรถที่ต้องการเลี้ยวขวา ส่วนจุดที่อยู่ใกล้ทางแยกที่มีปริมาณการจราจรสูงจะต้องมีการเปิดเกาะกลางและจะต้องจัดช่องจราจรให้รถที่ต้องการกลับรถแยกออกจากช่องจราจรหลักโดยใช้พื้นที่จากตรงกลาง ซึ่งการเปิดเกาะกลางจะต้องพิจารณาเกี่ยวกับ ความเร็ว ปริมาณจราจรของรถทางตรงและรถที่ต้องการกลับรถ รวมทั้งรัศมีเลี้ยวของรถที่ต้องการกลับรถจะต้องมีความสัมพันธ์กับระยะการเปิดเกาะกลางและความกว้างของช่องจราจร

2.2.5 การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก

1) การเปิดเกาะกลางถนน

บริเวณจุดเปิดเกาะกลางถนนไม่มีช่องสำหรับรอกลับรถ ทำให้ยานพาหนะที่ต้องการกลับรถต้องจอดรอซ้อนทับช่องจราจรสำหรับเดินรถทางตรงและกีดขวางการสัญจรทำให้เกิดการชะลอตัว ขณะเดียวกันจุดเปิดเกาะกลางถนนส่วนใหญ่ยังมีตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากอยู่ตรงกับทางเข้าออกของโรงเรียน สถานที่ราชการ และทางแยก ซึ่งเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุหากไม่มีการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ (กรมทางหลวงชนบท, 2551ก) ดังแสดงในรูปที่ 2-9



ที่มา: กรมทางหลวงชนบท (2551ก)

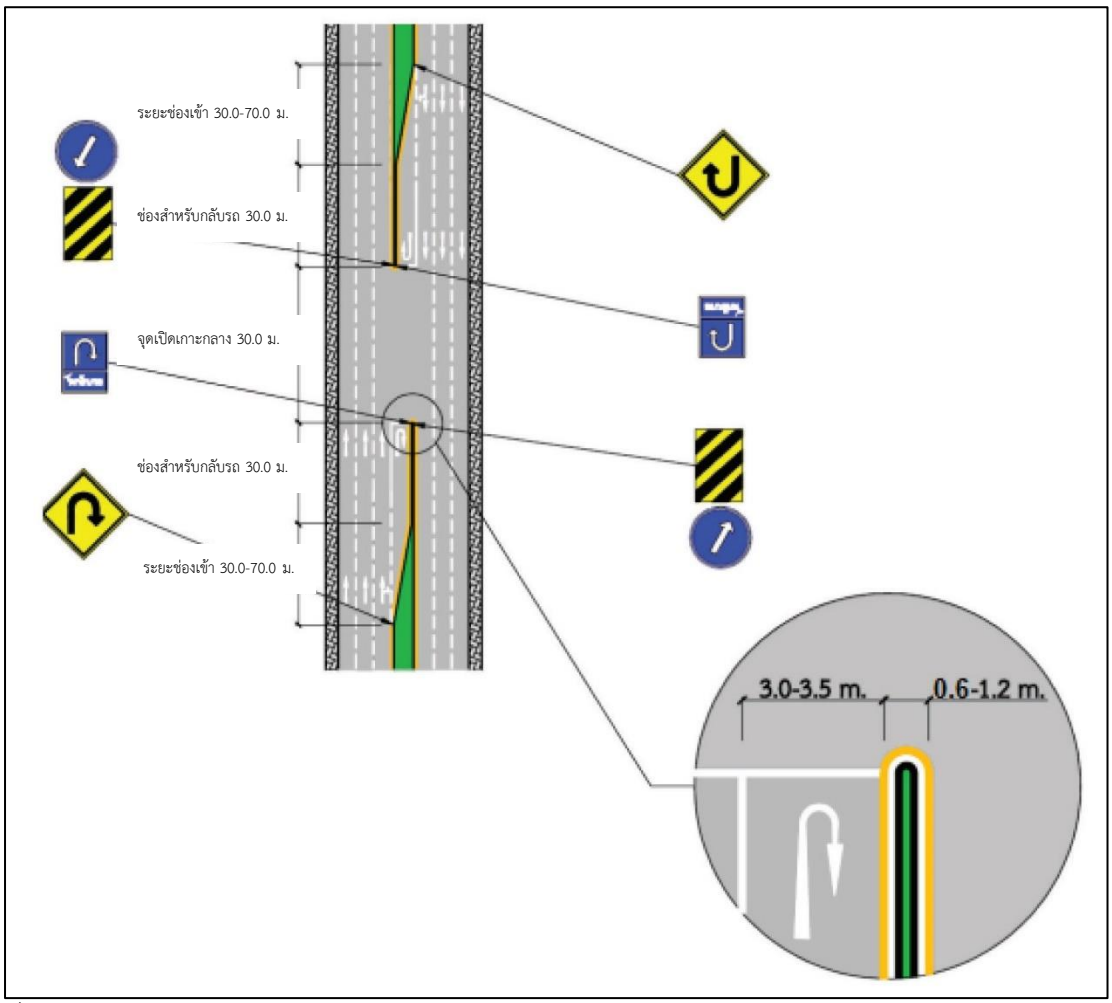
รูปที่ 2-9 ตำแหน่งเปิดเกาะตรงกับทางแยก

กรมทางหลวงชนบท (2551ก) ได้แนะนำแนวทางแก้ไข ตำแหน่งเปิดเกาะตรงกับทางแยก (ดังแสดงในรูปที่ 2-10) ไว้ดังนี้

1) จัดทำช่องจราจรสำหรับรอกลับรถบริเวณจุดกลับรถ

2) กำหนดตำแหน่งของจุดกลับรถให้เหมาะสมโดยกำหนดตำแหน่งไม่ให้ตรงหรือใกล้กับทางเชื่อมทางแยก

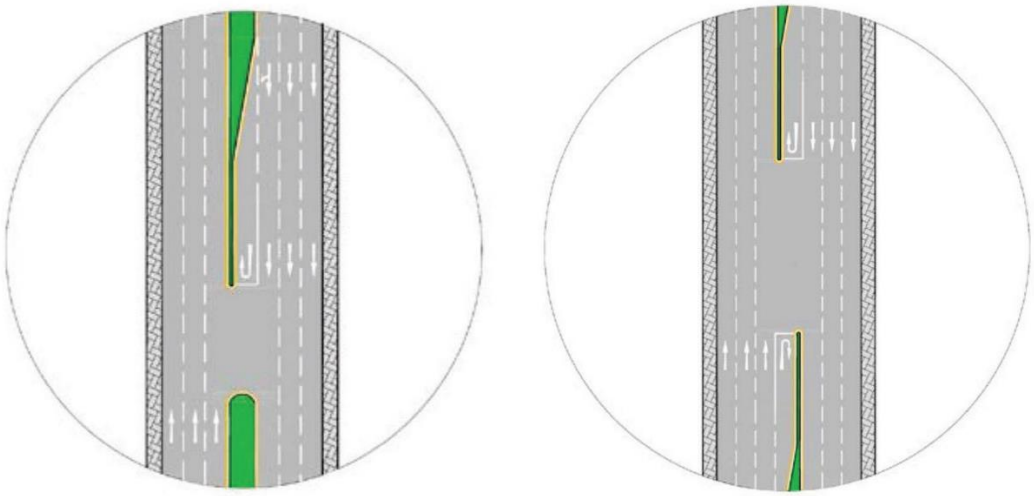
3) กำหนดจุดกลับรถที่เหมาะสมบนช่วงถนนที่เป็นการกลับรถแบบเปิดเกาะโดยจะต้องไม่ตั้งอยู่บนทางโค้งรัศมีแคบที่มีระยะการมองเห็นไม่เพียงพอ



ที่มา: กรมทางหลวงชนบท (2551ก)

รูปที่ 2-10 การออกแบบขนาดและระยะต่างๆ บริเวณจุดกลับรถ

กรมทางหลวงชนบท (2551ก) ได้กล่าวว่า ตำแหน่งของจุดกลับรถที่เหมาะสมจะไม่อนุญาตให้เปิดเกาะกลางในบริเวณพื้นที่ เช่น บนทางด่วน ภายในพื้นที่ของทางยกระดับ จุดตัดระหว่างถนนสาธารณะสองสาย บริเวณที่มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูง เป็นต้น พร้อมทั้งได้เสนอรูปแบบลักษณะกายภาพของจุดกลับรถที่เหมาะสม (ดังแสดงในรูปที่ 2-11) และระยะห่างระหว่างจุดเปิดเกาะกลางดังตารางที่ 2-5



ก) จุดกลับรถทิศทางเดียว ข) จุดกลับรถสองทิศทาง

ที่มา: กรมทางหลวงชนบท (พ.ศ. 2551ก)

รูปที่ 2-11 รูปแบบของจุดกลับรถ

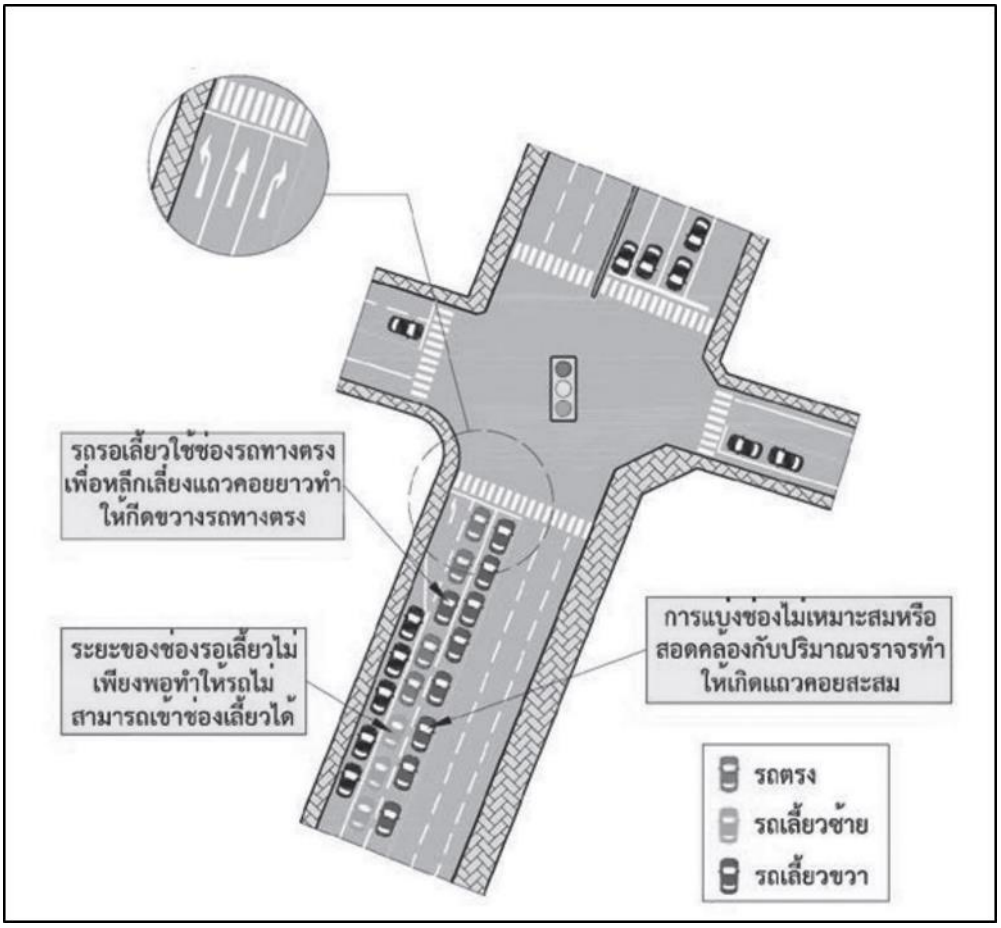
ตารางที่ 2-5 ระยะห่างระหว่างจุดเปิดเกาะกลาง

ประเภทถนน	ในเขตเมือง
ถนนสายหลัก	400 เมตร (จุดกลับรถสองทิศทาง) 200 เมตร (จุดกลับรถทิศทางเดียว)
ถนนสายรอง	400 เมตร (จุดกลับรถสองทิศทาง) 200 เมตร (จุดกลับรถทิศทางเดียว)

ที่มา: กรมทางหลวงชนบท (2551ก)

2) การแบ่งเส้นจราจรไม่สอดคล้องกับการเดินรถ

การจัดช่องการเดินทางและการกำหนดทิศทางบนช่องจราจรบริเวณทางแยกที่ไม่เหมาะสม ทำให้มีแถวคอยสะสมกีดขวางการสัญจรของยานพาหนะและส่งผลทำให้เกิดความล่าช้าในการเดินทาง (กรมทางหลวงชนบท, 2551ก) ดังแสดงในรูปที่ 2-12



ที่มา: กรมทางหลวงชนบท (2551ก)

รูปที่ 2-12 ปัญหาการแบ่งเส้นจราจรไม่สอดคล้องกับการเดินรถ

2.1) แนวทางในการจัดช่องแบ่งทิศทางการเดินรถบริเวณทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร

1) การจัดช่องจราจรสำหรับเลี้ยวขวา

ช่องจราจรสำหรับรถเลี้ยวขวาจำเป็นจะต้องได้รับการพิจารณาออกแบบเมื่อมีรถที่ต้องการเลี้ยวขวาจำนวนมากหรือเพื่อให้เกิดความปลอดภัยมากขึ้น หากมีปริมาณรถเลี้ยวขวามากกว่า 300 คันต่อชั่วโมง ให้จัดช่องสำหรับเลี้ยวขวา 2 ช่องจราจร และในกรณีที่ปริมาณรถเลี้ยวขวามากกว่า 600 คันต่อชั่วโมง ให้จัดช่องสำหรับเลี้ยวขวา 3 ช่องจราจร นอกจากนี้ช่องจราจร

สำหรับเลี้ยวขวาอาจได้รับการพิจารณาในกรณีที่ทางแยกมีทัศนวิสัยในการมองเห็นไม่ดีหรือเกิดอุบัติเหตุการชนท้ายบ่อยครั้ง ทั้งนี้ช่องสำหรับรถเลี้ยวขวาต้องมีขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 3 เมตร โดยไม่รวมเกาะกลางถนน (กรมทางหลวงชนบท, 2551ก)

2) การจัดช่องจราจรสำหรับเลี้ยวซ้าย

การออกแบบและจัดช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวซ้าย (กรมทางหลวงชนบท, 2551ก) ได้แนะนำปัจจัยที่ต้องพิจารณาดังนี้

2.1) ปริมาณรถเลี้ยวซ้ายในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนมีปริมาณสูง (มากกว่าร้อยละ 10 ของปริมาณจราจรรวมต่อวัน)

2.2) รถบนเส้นทางหลักใช้ความเร็วสูง (มากกว่า 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) และผู้ขับขี่ส่วนใหญ่ไม่ได้ต้องการเลี้ยวซ้าย

2.3) ทางเชื่อมบริเวณทางแยกยากต่อการมองเห็นของผู้ขับขี่บนเส้นทางตรง

2.4) การเข้าออกทางเชื่อมบริเวณทางแยกต้องใช้ความเร็วต่ำ

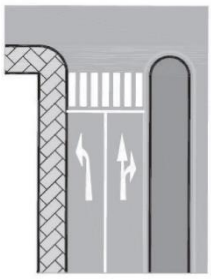
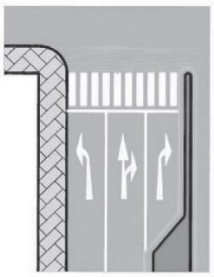
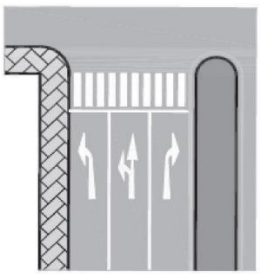
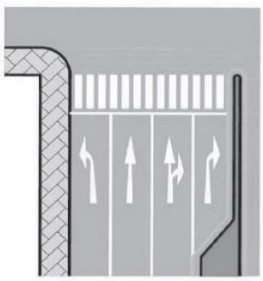
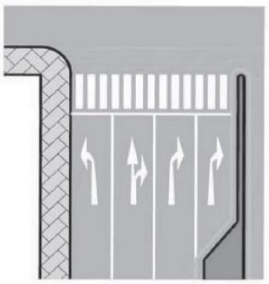
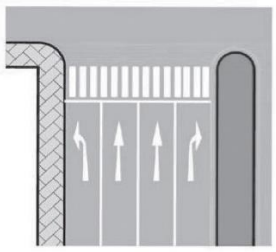
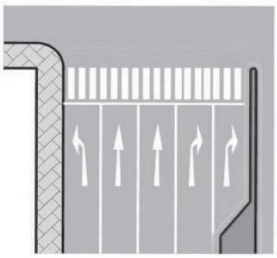
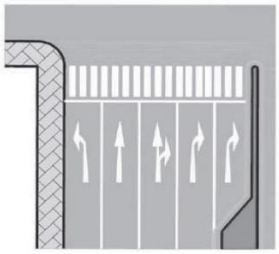
2.5) ปริมาณรถเลี้ยวซ้ายมีสัดส่วนของรถพ่วงและรถขนาดใหญ่จำนวนมาก

2.6) เป็นทางแยกที่ทำมุมไม่เป็นมุมฉากกับถนนสายหลัก

2.7) เป็นทางแยกที่มีอุบัติเหตุการชนท้ายบ่อยครั้ง

นอกจากนี้กรมทางหลวงชนบท (2551ก) ยังได้แนะนำแนวทางการออกแบบการจัดช่องแบ่งทิศทางการเดินรถ กรณีทางแยกมีสัญญาณไฟจราจร ดังตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 การออกแบบและจัดช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยว

จำนวนช่องจราจร/ทิศทาง	ปริมาณรถเลี้ยวขวา		
	<300 คัน/ชั่วโมง	300-600 คัน/ชั่วโมง	>600 คัน/ชั่วโมง
2			
3			
4			

ที่มา: กรมทางหลวงชนบท (2551ก)

**หมายเหตุ : 1) ในกรณีที่มีปริมาณรถในเส้นทางตรงมาก อาจให้รถในเส้นทางตรงและรถเลี้ยวซ้ายใช้ช่องจราจรร่วมกันได้ (เหมาะสำหรับทางแยกที่มีปริมาณรถเลี้ยวซ้ายไม่มาก)*

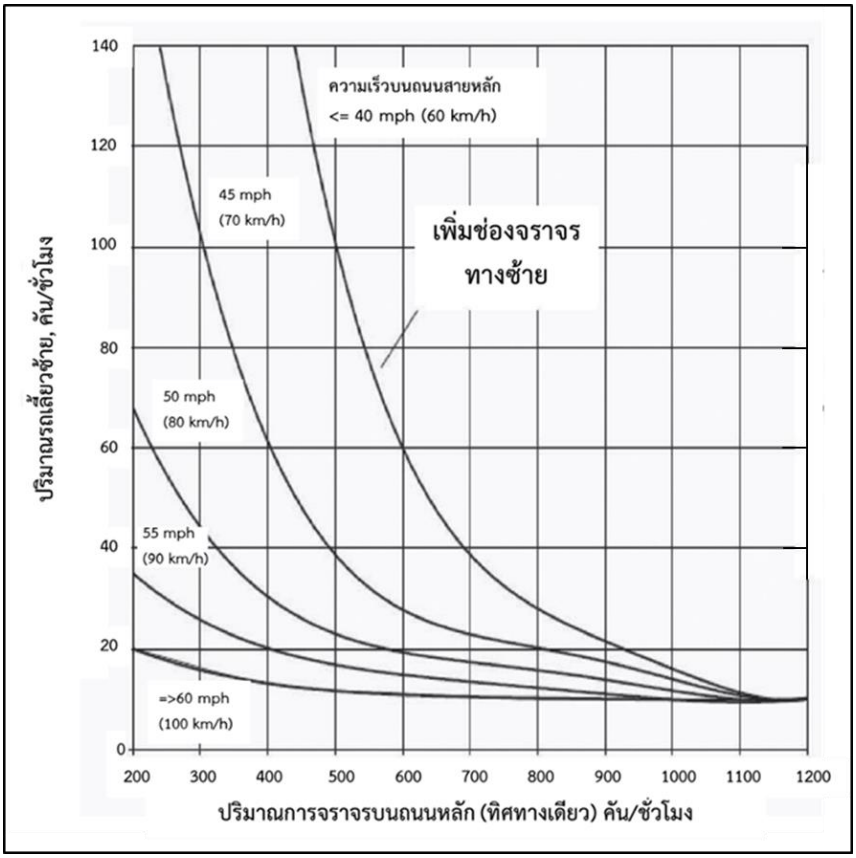
2) ในกรณีรถในเส้นทางตรงและรถเลี้ยวขวาใช้ช่องจราจรร่วมกันควรปรับจังหวะรอบสัญญาณไฟจราจรให้เป็นแบบแยกทิศทาง (เปิดสัญญาณไฟเขียวทีละขาทางแยก)

2.2) แนวทางในการจัดช่องแบ่งทิศทางการเดินรถบริเวณทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร

กรมทางหลวงชนบท (2551ก) ได้แนะนำแนวทางการแบ่งทิศทางการเดินรถและการพิจารณาจัดทำช่องสำหรับเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวา โดยต้องคำนึงถึงความขัดแย้งของความเร็วและปริมาณจราจรเป็นสำคัญ ซึ่งการจัดทำช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาเป็นอีกแนวทางที่สามารถช่วยปรับปรุงให้เกิดความปลอดภัยยิ่งขึ้น รายละเอียดประกอบด้วย

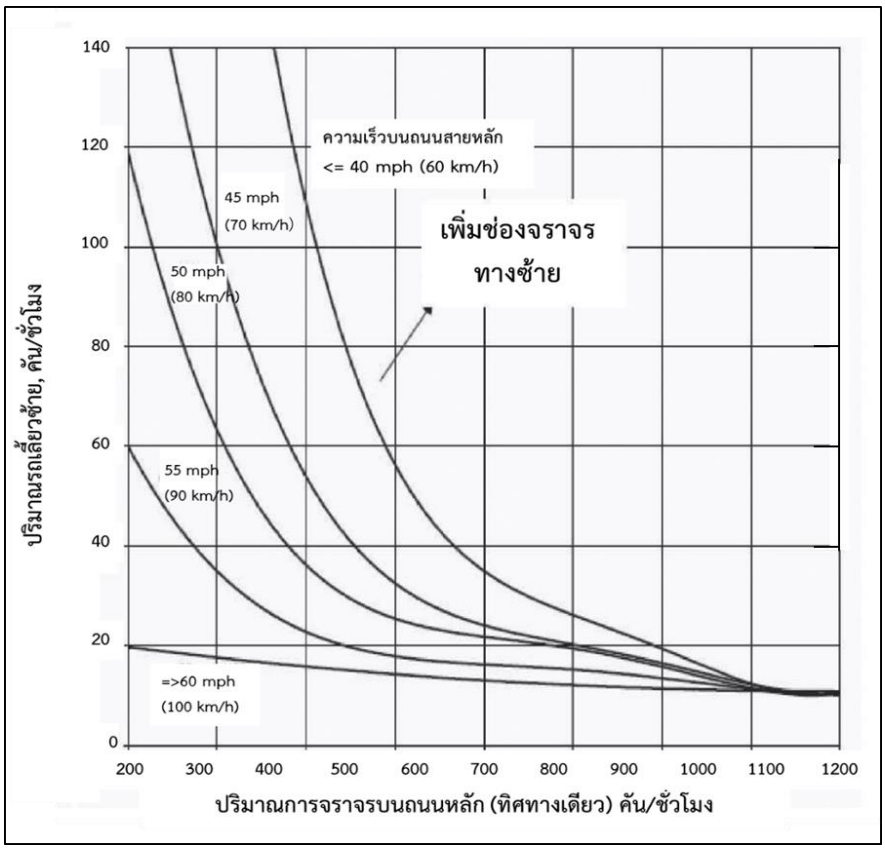
1) การจัดทำช่องเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวซ้าย

การจัดทำช่องเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวซ้าย เหมาะสำหรับทางแยกที่มีความแตกต่างของความเร็วระหว่างทางเชื่อมกับถนนสายหลักมากหรือทางแยกที่มีการเกิดอุบัติเหตุเนื่องจากรถเลี้ยวซ้ายหรือการเข้าออกทางเชื่อมบ่อยครั้ง ช่องเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวซ้ายต้องออกแบบให้ได้มาตรฐานและมีความยาวที่เพียงพอให้ยานพาหนะบนถนนสายหลักสามารถลดความเร็วก่อนเข้าสู่ทางแยกเพื่อเลี้ยวซ้ายได้อย่างปลอดภัยโดยไม่กีดขวางรถทางตรง ซึ่งการออกแบบช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวซ้ายบริเวณทางแยก สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 2-13 และรูปที่ 2-14



ที่มา: กรมทางหลวงชนบท (2551ก)

รูปที่ 2-13 แนวทางการจัดทำช่องเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวซ้ายบริเวณทางแยก ถนน 2 ช่องจราจร

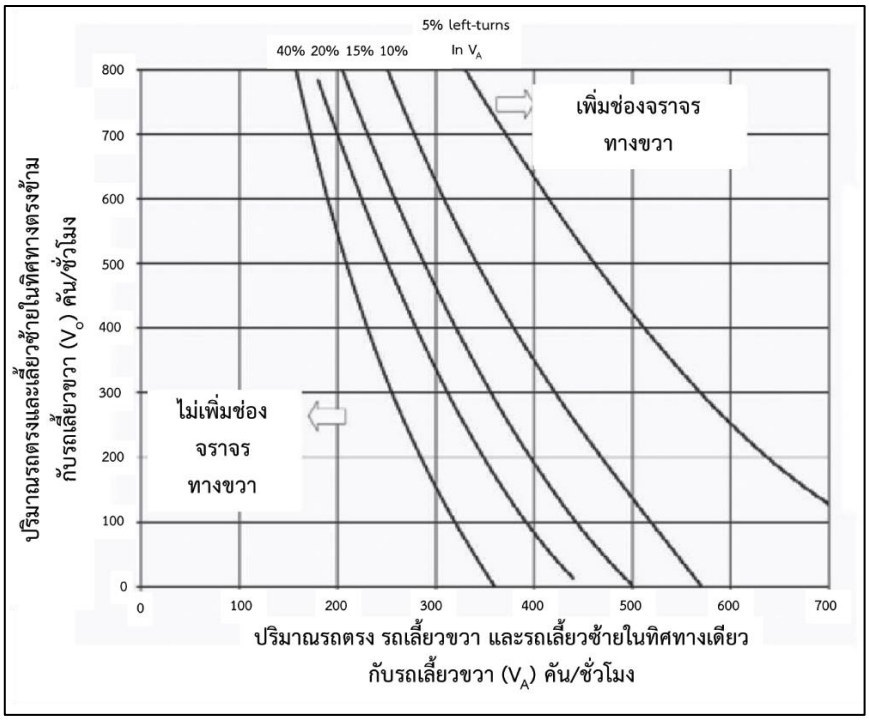


ที่มา: กรมทางหลวงชนบท (2551ก)

รูปที่ 2-14 แนวทางการจัดทำช่องเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวซ้ายบริเวณทางแยก ถนน 4 ช่องจราจร

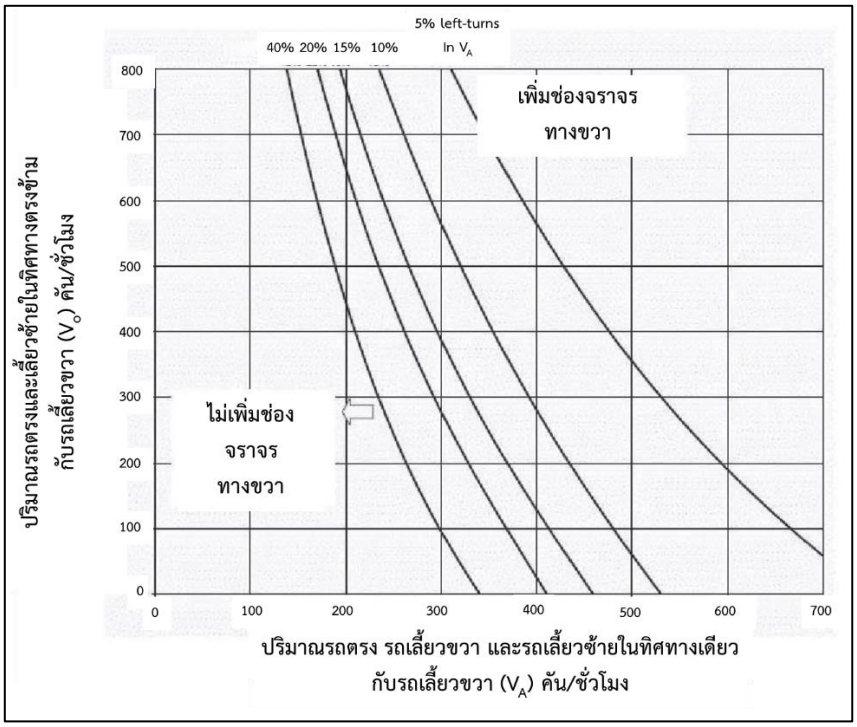
2) การจัดทำช่องเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวา

การจัดทำช่องเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวา เป็นการแยกยานพาหนะที่ต้องการเลี้ยวขวาบริเวณทางแยกออกจากปริมาณจราจรของรถในเส้นทางตรงบนถนนสายหลัก ลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุชนท้ายโดยทั่วไปช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวขวาจะต้องความยาวเพียงพอให้รถเลี้ยวขวาสามารถชะลอความเร็วได้อย่างปลอดภัยและสามารถรองรับปริมาณแถวคอยของรถเลี้ยวขวาในชั่วโมงเร่งด่วนได้ โดยการออกแบบช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวขวาบริเวณทางแยก สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 2-15 ถึงรูปที่ 2-20



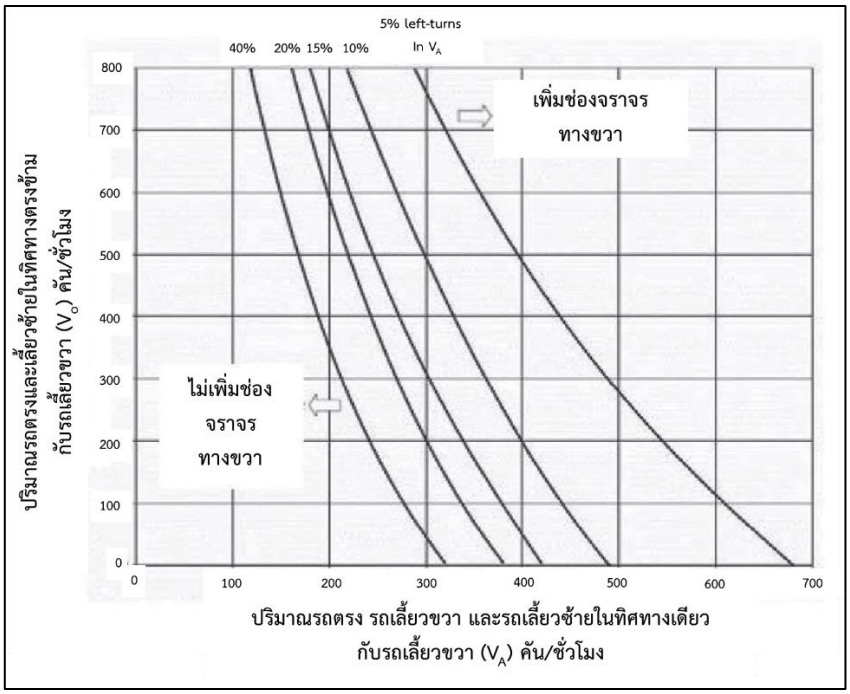
ที่มา: กรมทางหลวงชนบท (2551ก)

รูปที่ 2-15 แนวทางการจัดช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวขวาบริเวณทางแยก ความเร็วต่ำกว่า 60 กม./ชม.



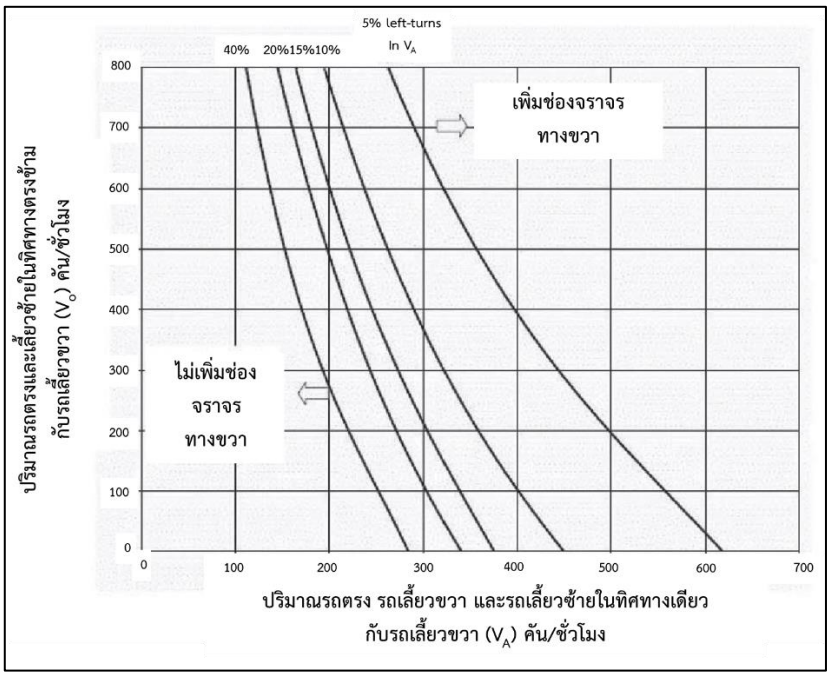
ที่มา : กรมทางหลวงชนบท (2551ก)

รูปที่ 2-16 แนวทางการจัดช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวขวาบริเวณทางแยก ความเร็วต่ำกว่า 70 กม./ชม.



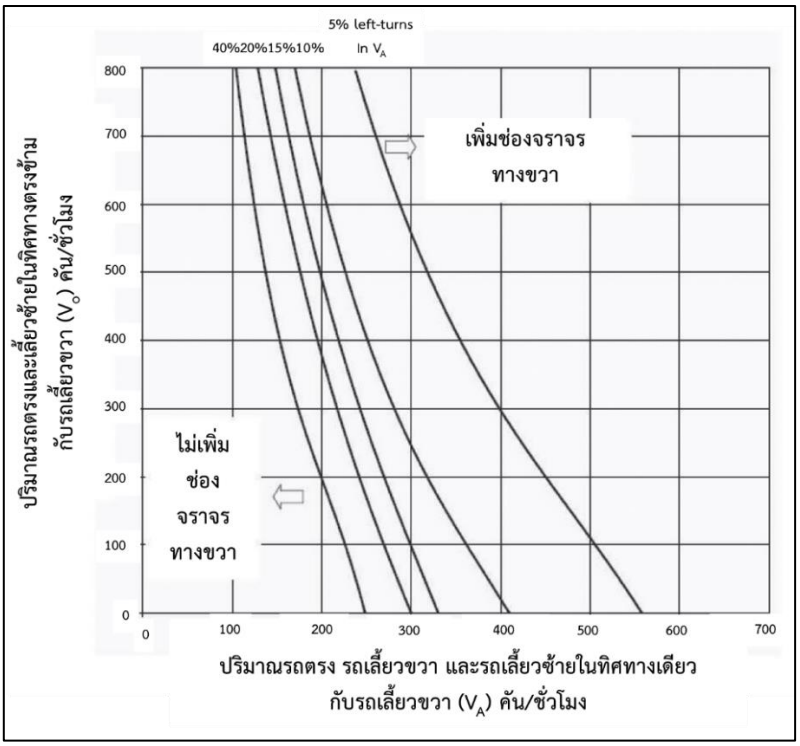
ที่มา : กรมทางหลวงชนบท (2551ก)

รูปที่ 2-17 แนวทางการจัดช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวขวาบริเวณทางแยก ความเร็วต่ำกว่า 80 กม./ชม.



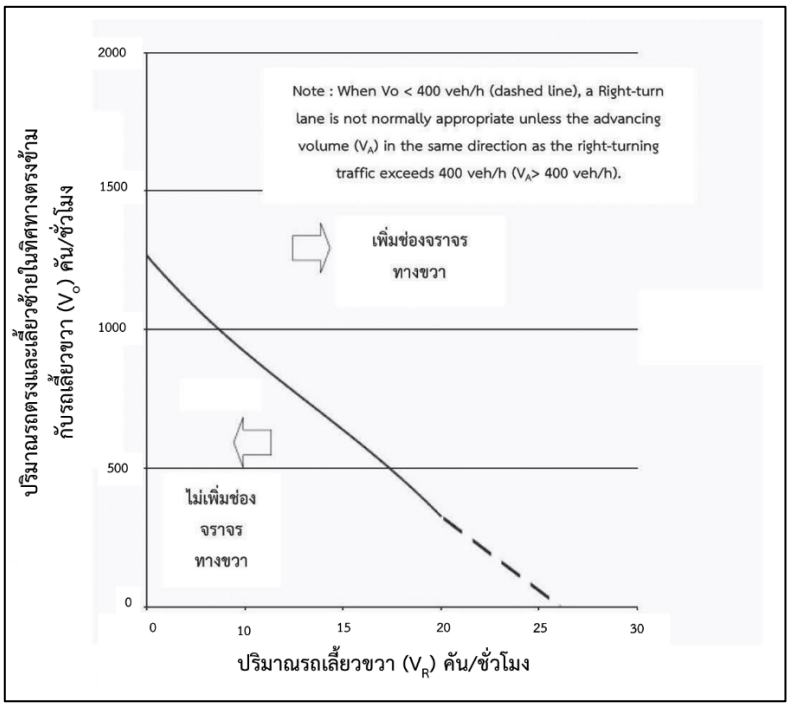
ที่มา : กรมทางหลวงชนบท (2551ก)

รูปที่ 2-18 แนวทางการจัดช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวขวาบริเวณทางแยก ความเร็วต่ำกว่า 80 กม./ชม.



ที่มา : กรมทางหลวงชนบท (2551ก)

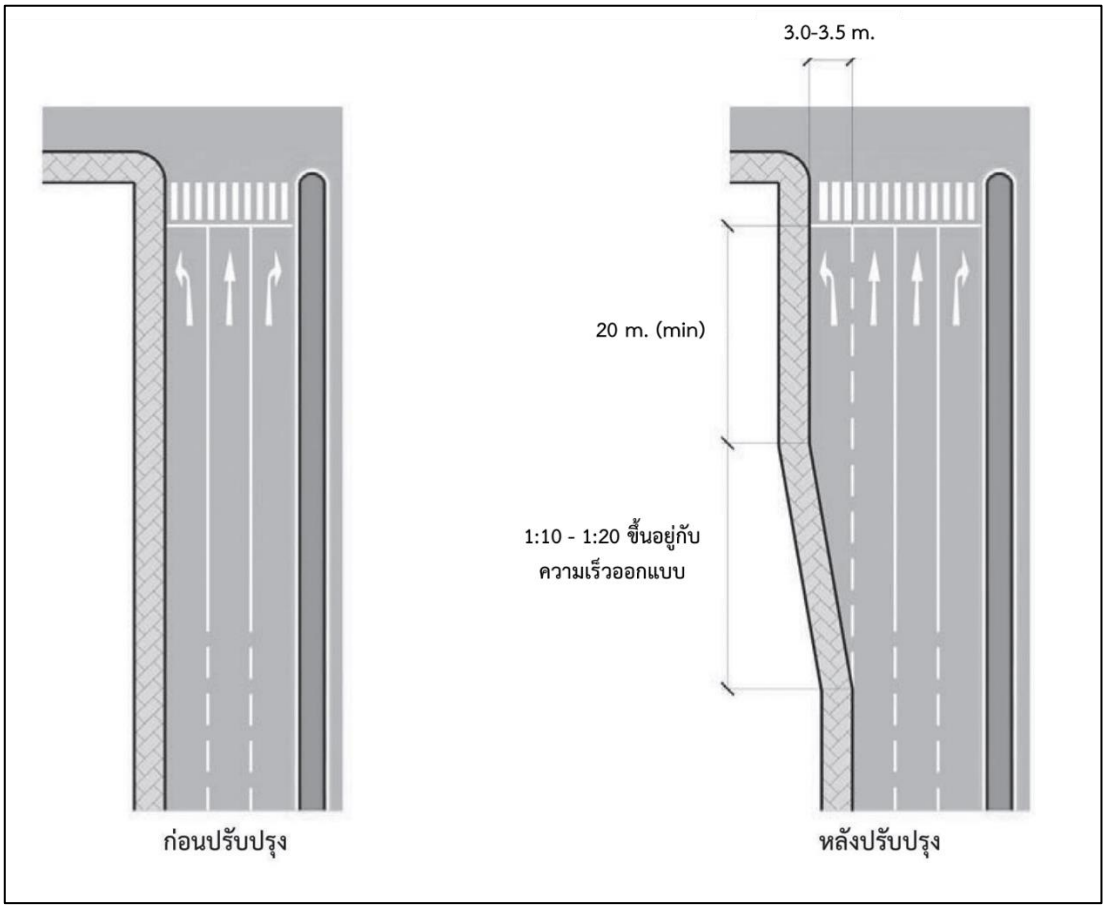
รูปที่ 2-19 แนวทางการจัดช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวขวาบริเวณทางแยก ความเร็วต่ำกว่า 100 กม./ชม.



ที่มา : กรมทางหลวงชนบท (2551ก)

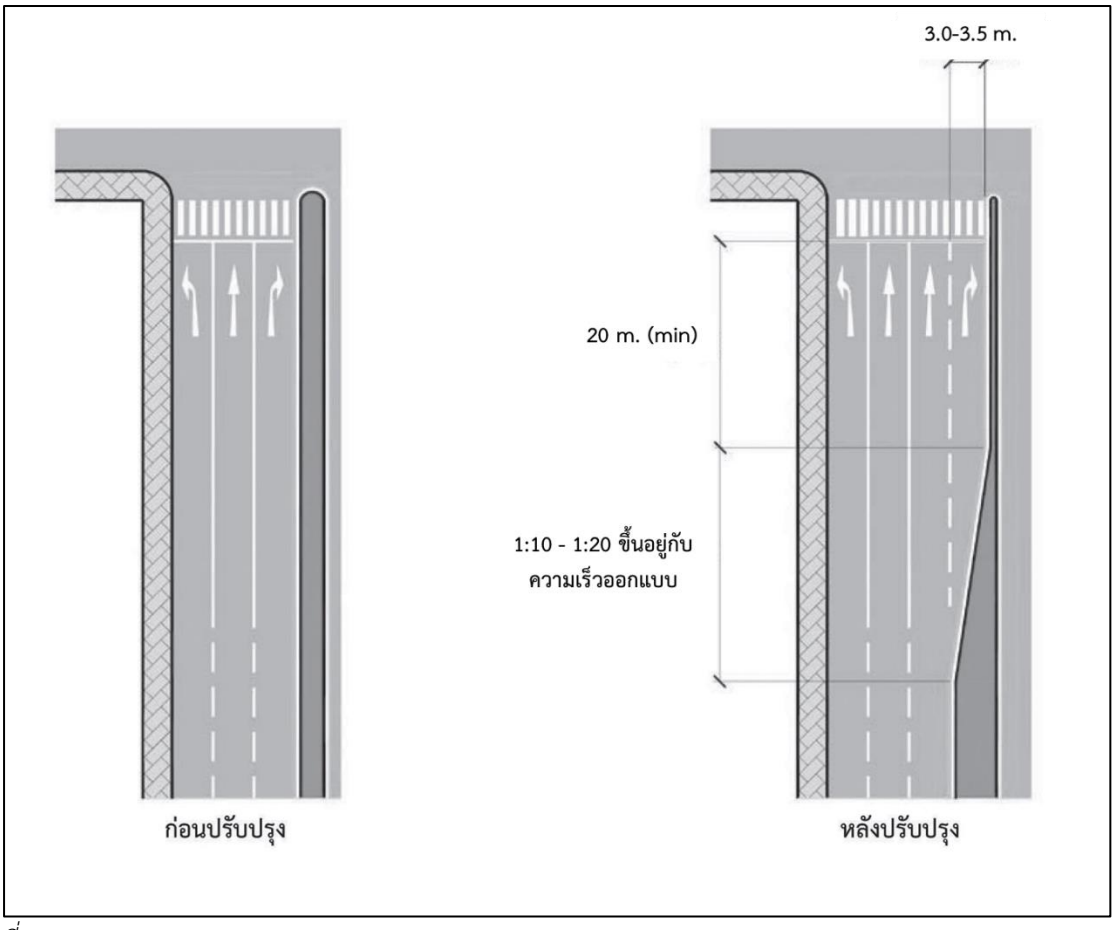
รูปที่ 2-20 แนวทางการจัดทำช่องเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวาบริเวณทางแยก ถนน 4 ช่องจราจร กรณีไม่มีเกาะกลางถนน

กรมทางหลวงชนบท (2551ก) ได้เสนอตัวอย่างแนวทางการปรับปรุงและจัดช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาบริเวณทางแยก ดังแสดงในรูปที่ 2-21 และรูปที่ 2-22



ที่มา : กรมทางหลวงชนบท (2551ก)

รูปที่ 2-21 ตัวอย่างแนวทางการปรับปรุงและจัดช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวซ้าย

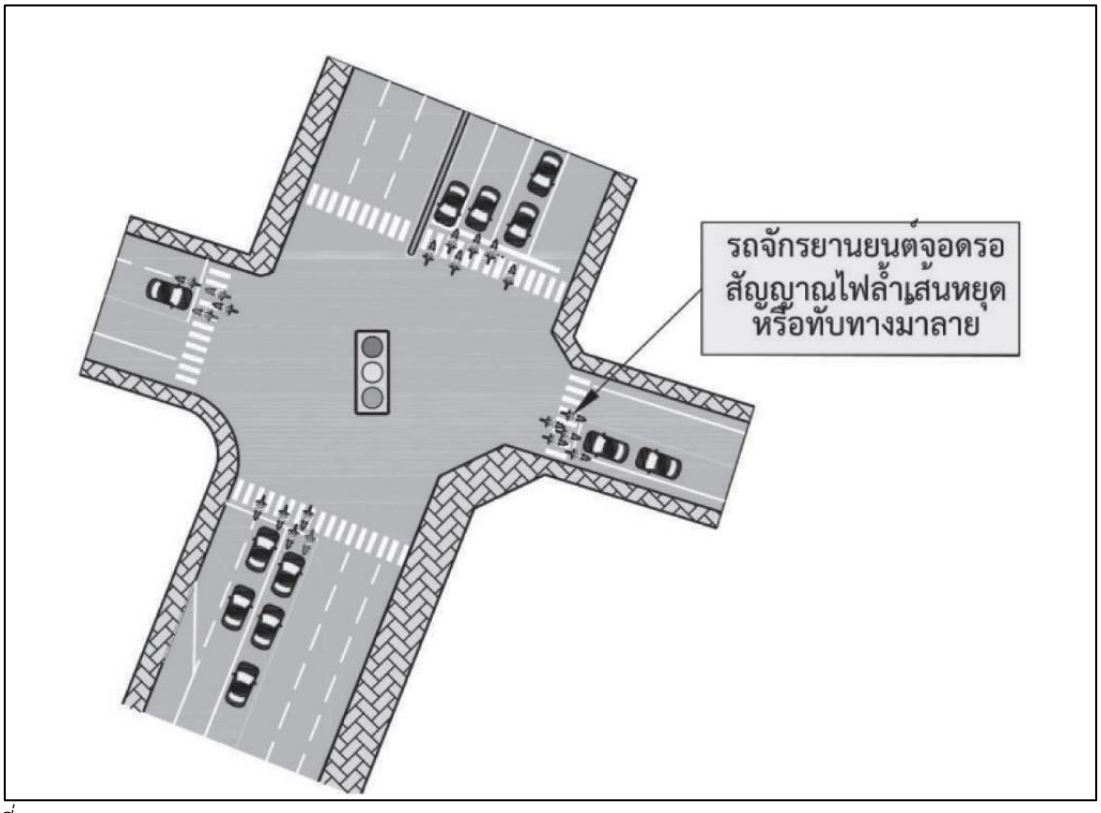


ที่มา : กรมทางหลวงชนบท (2551ก)

รูปที่ 2-22 ตัวอย่างแนวทางการปรับปรุงและจัดช่องเฉพาะสำหรับเลี้ยวขวา

3) เส้นจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์บริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจร

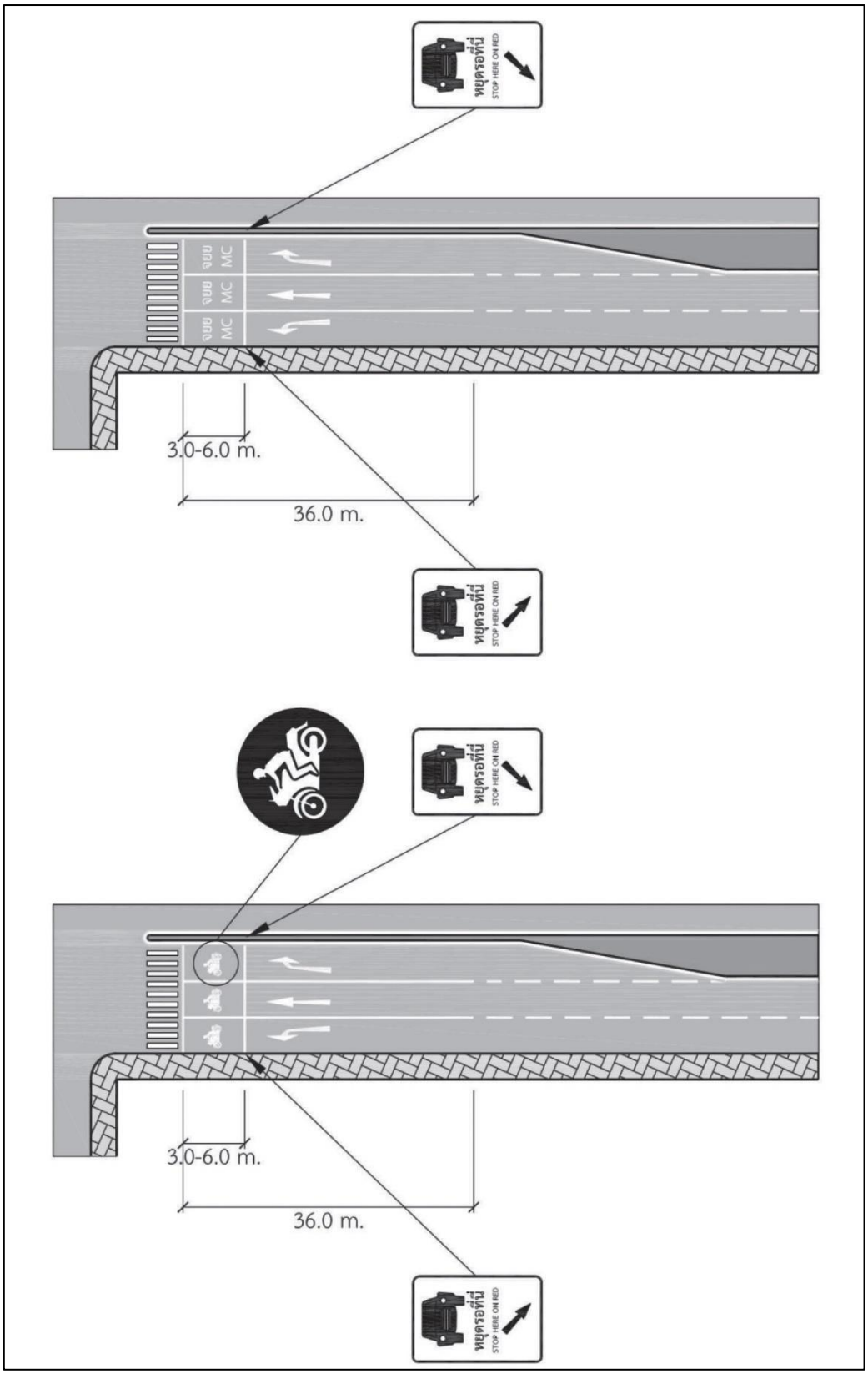
การจอดรอของรถจักรยานยนต์บริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจรล้ำเส้นหยุดหรือทับทางม้าลาย ซึ่งนอกจากจะมีการจอดคอยสัญญาณไฟจราจรอย่างไม่เป็นระเบียบแล้วยังทำให้เกิดความไม่สะดวกแก่คนเดินข้ามทางม้าลาย และอาจเกิดอันตรายได้ ดังแสดงในรูปที่ 2-23 (กรมทางหลวงชนบท, 2551)



ที่มา : กรมทางหลวงชนบท (2551ก)

รูปที่ 2-23 การหยุดรอของรถจักรยานยนต์บริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจร

กรมทางหลวงชนบท (2551ก) ได้เสนอแนวทางการออกแบบตำแหน่งและขนาดพื้นที่จอดสำหรับรถจักรยานยนต์บริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมกับพื้นที่เขตเมือง ดังรูปที่ 2-24



ที่มา : กรมทางหลวงชนบท (2551ก)

รูปที่ 2-24 มาตรฐานเส้นหยุดรอสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์

2.2.6 แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

Caltrans (2002) ได้อธิบายว่า แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค หมายถึง การจำลองพฤติกรรมการเคลื่อนที่ในลักษณะแบบพลวัต (Dynamic) ของยานพาหนะแต่ละประเภทแบบรายคันในโครงข่ายถนน การวิเคราะห์แบบจำลอง ยานพาหนะแต่ละประเภทแต่ละคันถูกกำหนดให้มีการวิเคราะห์แบบสุ่ม โดยอาศัยลักษณะทางกายภาพของยานพาหนะ หลักการพื้นฐานของการเคลื่อนที่ พฤติกรรมการขับขี่ และพฤติกรรมการเปลี่ยนช่องจราจร

Dowling et al. (2004) ได้กล่าวว่า แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค สามารถจำลองพฤติกรรมของยานพาหนะในแต่ละคันได้ โดยอาศัยหลักการพื้นฐานการจำลองการเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะ (Car Following) และการจำลองการเปลี่ยนช่องจราจร (Lane Changing) โดยทั่วไปแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคใช้หลักการกระจายตัวทางสถิติขึ้นอยู่กับการกำหนดลดต้นทางและจุดปลายทางของยานพาหนะแต่ละประเภท และลักษณะของการขับขี่ในแต่ละประเภท ซึ่งในการสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ต้องคำนึงถึงการปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration) และการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Validation) ก่อนนำไปใช้งาน

Krogscheepers and Kacir (2001) ได้กล่าวว่า แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคเป็นการจำลองสถานการณ์สมมติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งการจำลองสภาพการจราจรสามารถเห็นสภาพปัญหาการจราจรอย่างชัดเจน และสามารถคาดการณ์สภาพปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตได้ ทั้งนี้ยังช่วยในการจัดการจราจรในรูปแบบต่าง ๆ ตามสถานการณ์สมมติได้ อีกทั้งยังสามารถประหยัดเวลาและงบประมาณในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ

ทวี วิชัยเมธาวี (2546) ได้กล่าวว่า แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค หมายถึง การจำลองพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของยานพาหนะแต่ละประเภทที่อยู่ในโครงข่ายถนน ซึ่งประกอบด้วยเงื่อนไขการจราจร 2 ลักษณะ คือ 1) แบบพลวัต (Dynamic) 2) แบบสุ่ม (Stochastic) โดยการจำลองพฤติกรรมของยานพาหนะจะถูกพิจารณาทุก ๆ ช่วงเวลาย่อยของวินาที (Time Step) โดยอาศัยหลักการพื้นฐานของการเคลื่อนที่ และพฤติกรรมการขับขี่ของแต่ละยานพาหนะ

2.2.7 โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

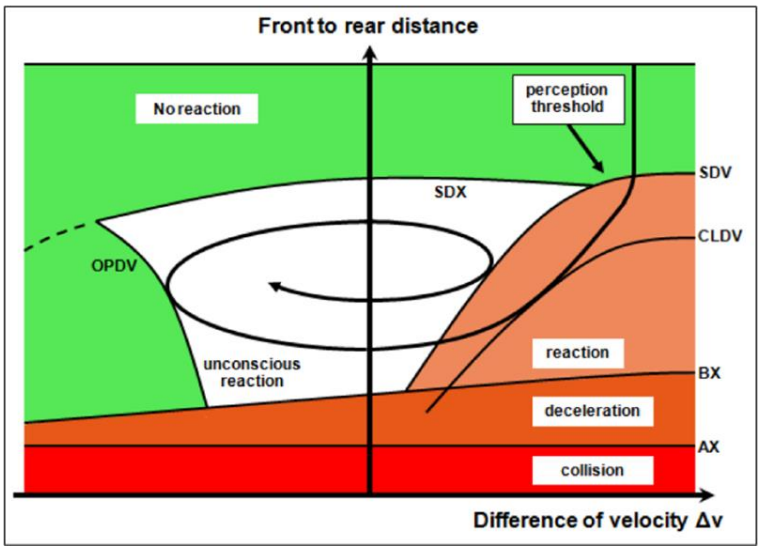
VISSIM ย่อมาจาก Verkehr In Städten – SIMulationsmodell เป็นแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคที่อาศัยพฤติกรรมการขับขี่ในการสร้างข้อมูลพื้นฐานของแบบจำลอง โดย VISSIM ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกที่ University of Karlsruhe ประเทศเยอรมณี และถูกพัฒนาโดยบริษัท Planung Transport Verkehr [PTV] เป็นส่วนหนึ่งของ PTV Vision ปัจจุบัน VISSIM ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการจำลองสภาพการจราจรในเขตเมืองและการทำงานของระบบขนส่งมวลชน โปรแกรม VISSIM ถือเป็นเครื่องมือที่มีความเหมาะสมสำหรับประเมินทางเลือกในการใช้งานด้านจราจร โดยข้อมูลที่ได้จากการจำลองของโปรแกรมประกอบด้วย ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการใช้งานด้านการจราจร เช่น ปริมาณการจราจร ความเร็วเฉลี่ย ความยาวแถวคอย ความล่าช้า และเวลาในการเดินทาง เป็นต้น โดยที่โปรแกรม VISSIM ประกอบด้วยโปรแกรมย่อย 2 โปรแกรม คือ 1) โปรแกรมการสร้างแบบจำลองสภาพการจราจร (Traffic Simulation) เป็นการจำลองสภาพการจราจรของกระแสการจราจรในระดับจุลภาค โดยโปรแกรม VISSIM จะทำหน้าที่ตรรกะของการขับขี่ตามกัน และทำหน้าที่ตรรกะของการเปลี่ยนช่องจราจร และ 2) โปรแกรมสร้างสภาวะการควบคุมสัญญาณไฟจราจร (Signal State Generator) โดยโปรแกรมจะคำนวณสภาวะสัญญาณไฟจราจรใน Time Step โดยจะรับข้อมูลสภาพการจราจรของ Time Step ในปัจจุบันที่จำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์ในแบบจำลอง จากนั้นทำการคำนวณและส่งผลลัพธ์ที่ได้กลับไปยังแบบจำลองสภาพการจราจรอีกครั้งเพื่อใช้ในการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบต่อเนื่องของสภาพการจราจร และวิเคราะห์ผลจากการจำลอง เช่น ความยาวแถวคอยหรือเวลาในการเดินทาง (PTV, 2014)

Ryder (2001) ได้ศึกษาเปรียบเทียบใช้โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรที่มีใช้ทั่วไปในสหราชอาณาจักรในช่วงปี ค.ศ. 1999-2000 ผลจากการศึกษา พบว่า โปรแกรม PARAMICS และ VISSIM สามารถแสดงภาพเคลื่อนไหวของกระแสจราจรเป็นแบบสามมิติได้ ส่วนโปรแกรมที่สามารถสร้างตารางการเดินทางจากต้นทางถึงปลายทาง (OD Matrix) ได้ คือโปรแกรม AIMSUN2 PARAMICS และ VISSIM นอกจากนี้โปรแกรมที่สามารถจำลองสภาพการจราจรในเขตเมืองและทางด่วนได้ คือ โปรแกรม AIMSUN2 PARAMICS และ VISSIM ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวสามารถสร้างแบบจำลองทางเลือกในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความหลากหลาย

TfL (2003) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค คือ PARAMICS และ VISSIM โดยมีการจำลองสภาพการจราจรบริเวณทางแยกและบนช่วงถนนที่มีความต่อเนื่องกัน พบว่า โปรแกรม VISSIM มีความเหมาะสมในการจำลองสภาพการจราจรในเขตเมือง ส่วนโปรแกรม PARAMICS มีความเหมาะสมในการจำลองสภาพการจราจรบนโครงข่ายถนนขนาดใหญ่และทางด่วน

Mosseri (2004) ได้เปรียบเทียบคุณลักษณะของโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ประกอบด้วยโปรแกรม CORSIM SimTraffic PARAMICS AIMSUN และVISSIM เพื่อหาโปรแกรมที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในเมืองนิวยอร์ก รัฐนิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา พื้นที่ศึกษาเป็นถนนในเขตเมืองที่มีการเดินทางแบบผสมผสานและลักษณะทางกายภาพของถนนในเขตเมืองไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ผลการศึกษา พบว่า โปรแกรม VISSIM เป็นเครื่องมือที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่ศึกษาและเหมาะสมกับโครงข่ายถนนแบบผสมผสาน เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีลักษณะของโครงข่ายถนนที่มีความซับซ้อนและรวมกันอยู่อย่างหนาแน่น นอกจากนี้ VISSIM ยังสามารถกำหนดการเดินทางได้ทั้งแบบ Static routes และ Dynamic Assignment โดยอาศัยข้อมูลจากตารางการเดินทาง (OD Matrix) เพียงอย่างเดียวได้

โดยทั่วไปโปรแกรม VISSIM ใช้รูปแบบการรับรู้ทางจิตเพื่อเลียนแบบพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับขี่ (Psycho-physical Perception Model) ซึ่งพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1974 โดย Rainer Wiedemann แบบจำลองนี้อาศัยแนวคิดพื้นฐานคือ การรับรู้ของพฤติกรรมการขับขี่ของแต่ละบุคคลในแต่ละสถานการณ์ โดยพฤติกรรมการขับขี่จะเริ่มชะลอความเร็วลง เมื่อรับรู้ระยะห่างจากการขับขี่ยานพาหนะที่แล่นอยู่ข้างหน้าให้เข้าสู่สภาวะใดสภาวะหนึ่ง ประกอบด้วย 1) การขับขี่อิสระ เมื่อรับรู้ว่ามีระยะห่างที่ปลอดภัยและมากพอ 2) การลดความเร็ว เมื่อรับรู้ว่าระยะห่างจากยานพาหนะข้างหน้าเริ่มลดลงเรื่อยๆ จนเข้าสู่ระยะห่างที่มีความปลอดภัย 3) การขับขี่ตามกัน เมื่อรับรู้ถึงระยะห่างจากยานพาหนะที่อยู่ข้างหน้าเท่ากับระยะห่างที่ปลอดภัย ซึ่งจะมีการรักษาระยะห่างนั้นไว้ และ 4) การหยุดรถ เมื่อรับรู้ว่าระยะห่างลดลงอย่างรวดเร็วจนเข้าใกล้ระยะห่างที่ปลอดภัยดังแสดงในรูปที่ 2-25



ที่มา: PTV (2014)

รูปที่ 2-25 ตรรกะลักษณะพฤติกรรมการขับขี่ของโปรแกรม VISSIM

FDOT (2014) ได้จัดทำคู่มือการใช้งานในการวิเคราะห์สภาพการจราจรด้วยโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค และได้เปรียบเทียบโปรแกรมต่าง ๆ พบว่า โปรแกรม VISSIM มีประสิทธิภาพในการใช้งานมากที่สุด ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-7 การเปรียบเทียบการใช้งานของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจร

ประสิทธิภาพการใช้งาน	โปรแกรมจำลองสภาพการจราจร				
	HCM/HCS	SIDRA	Synchro/ Simtraffic	CORSIM	VISSIM
การทำงานและลักษณะการควบคุมจราจร					
ความเร็ว	√	√	√	√	√
การจำกัดความเร็ว	√	√	√	√	√
การกำหนดพฤติกรรมการขับขี่	-	-	-	√	√
การจอดรถ	√	√	√	-	√
ป้ายจราจร	-	√	-	√	√
สัญญาณไฟจราจร	√	-	√	√	√
ระบบตรวจจับ	√	√	√	√	√
การควบคุมการจราจรบริเวณทางแยก	√	√	√	√	√
การกำหนดทิศทางจราจร	√	√	√	√	√
การข้ามทางรถไฟ	-	-	√	-	√
การจำกัดช่องจราจร	-	-	-	√	√
สิ่งอำนวยความสะดวก	-	-	-	√	√
การควบคุมทางเข้าและออกทางด่วน	-	-	-	√	√

ที่มา: FDOT (2014) อ้างอิงใน ชัยวัฒน์ ใหญ่บก (2558)

ตารางที่ 2-7 การเปรียบเทียบการใช้งานของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจร (ต่อ)

ประสิทธิภาพการใช้งาน	โปรแกรมจำลองสภาพการจราจร				
	HCM/HCS	SIDRA	Synchro/ Simtraffic	CORSIM	VISSIM
ลักษณะการจราจร					
ความต้องการเดินทาง	√	√	√	√	√
ความยาวแถวคอย	-	√	√	√	√
ความจุ	-	-	√	√	√
คนเดินเท้า	√	√	√	-	√
รถจักรยานยนต์	-	√	-	-	√
การขนส่งสาธารณะ	√	-	√	-	√
การครอบครองยานพาหนะ	-	-	-	√	√
การกำหนดการเดินทางบนเส้นทางหลัก	-	-	-	√	√
ลักษณะและประเภทของถนน					
การจำแนกประเภทถนน	√	√	√	√	√
ภาพตัดขวางของถนน	√	√	√	√	√
ลักษณะทางกายภาพ	√	√	√	√	√
สภาพข้างทาง	√	-	-	√	√
การควบคุมการเข้าถึงพื้นที่	√	-	-	√	√
การควบคุมความหนาแน่น	√	-	-	√	√
การจอดรถข้างทาง	-	√	√	-	√
สภาพภูมิอากาศ	√	-	√	√	√

ที่มา: FDOT (2014) อ้างใน ชัยวัฒน์ ใหญ่บก (2558)

2.2.8 ขั้นตอนการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

ขั้นตอนในการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจร Dowling (2004) ได้กล่าวว่า การพัฒนาและการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค สามารถแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอนหลัก โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การกำหนดขอบเขตการศึกษา (Project Scope)

การกำหนดขอบเขตการศึกษา เป็นขั้นตอนที่ต้องมีการกำหนดขอบเขตที่ชัดเจน เพื่อประเมินความพร้อมและความสามารถของแบบจำลองก่อนการสร้างแบบจำลอง เช่น การกำหนดวิธีการที่ต้องใช้ ระยะเวลา เครื่องมือ รวมไปถึงการทบทวนและรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

2) การสำรวจและรวบรวมข้อมูลภาคสนาม (Data Collection)

การสำรวจและรวบรวมข้อมูล เป็นการเตรียมข้อมูล และเตรียมความพร้อมสำหรับการพัฒนาและวิเคราะห์แบบจำลอง ประกอบด้วยข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้ 1) ลักษณะทางกายภาพบริเวณพื้นที่ศึกษา เช่น ความกว้าง จำนวนช่องจราจร เป็นต้น 2) การควบคุมการจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา เช่น ระบบสัญญาณไฟจราจร ทิศทางของกระแสจราจร หรือจำนวนรอบของสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น 3) ปริมาณการจราจร เช่น ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก ความเร็ว เป็นต้น 4) ข้อมูลสำหรับการปรับเทียบแบบจำลอง เช่น ความยาวของแถวคอย ความล่าช้า และระยะเวลาในการเดินทาง เป็นต้น

3) การพัฒนาแบบจำลองฐาน (Base Model Development)

การพัฒนาแบบจำลองฐาน เป็นขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เพื่อให้มีความถูกต้องและใกล้เคียงกับข้อมูลในภาคสนามมากที่สุด โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ข้อมูลฐานของแบบจำลอง และ 2) ข้อมูลการควบคุมจราจร เรียกว่า โครงข่ายพื้นฐาน หลังจากนั้น เพิ่มข้อมูลความต้องการและพฤติกรรมต่าง ๆ ในการเดินทางบนโครงข่าย

4) การปรับเทียบแบบจำลองกับข้อมูลภาคสนาม (Compare Model MOEs to Field Data)

การปรับเทียบแบบจำลองกับข้อมูลภาคสนาม เป็นขั้นตอนในการปรับเทียบแบบจำลอง โดยผู้วิจัยพิจารณาเลือกตัวแปรจากแบบจำลองในการปรับเทียบซ้ำ ๆ เพื่อให้ได้ค่าของตัวแปรที่มีความใกล้เคียงกับข้อมูลภาคสนามมากที่สุด โดยรายละเอียดในการปรับเทียบแบบจำลองและการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง ได้นำเสนอไว้ในหัวข้อที่ 2.2.9 ซึ่งในหัวข้อดังกล่าวได้กล่าวถึงหลักเกณฑ์และวิธีการปรับเทียบแบบจำลอง

5) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Error Checking)

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยต้องตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เพื่อหาความคลาดเคลื่อนและความผิดพลาดที่เกิดขึ้น จากการนำเข้าข้อมูลต่าง ๆ เข้าในแบบจำลอง

6) การวิเคราะห์ทางเลือก (Alternatives Analysis)

การวิเคราะห์ทางเลือก เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจร โดยวิเคราะห์หลาย ๆ ทางเลือก ในการวิเคราะห์ของแบบจำลองของทุกทางเลือก จะต้องใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน และใช้ค่าตัวแปรเดียวกันจากขั้นตอนของการปรับเทียบแบบจำลอง โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการจราจร และประเมินหาทางเลือกที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

7) การสรุปผลการวิเคราะห์ (Analysis Report)

การสรุปผลการวิเคราะห์ ผู้วิจัยต้องจัดทำรายงานเพื่อสรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์ เช่น การปรับเทียบแบบจำลอง ผลการวิเคราะห์ทางเลือกต่าง ๆ รวมทั้งการนำเสนอผลการศึกษาในรูปแบบอื่น เพื่อเสนอแก่ผู้ที่มีความสนใจในการประเมินโครงการต่าง ๆ

2.2.9 การปรับเทียบและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค มีวัตถุประสงค์ เพื่อต้องการให้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ของแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการสำรวจภาคสนามจริงมากที่สุด ซึ่งตัวแปรส่วนใหญ่ที่มักใช้เป็นตัวชี้วัดความถูกต้องของแบบจำลอง ได้แก่ ปริมาณการจราจร ความเร็ว ความยาวของแถวคอย ความล่าช้าและเวลาในการเดินทาง เป็นต้น โดยที่ Austroad ได้เสนอหลักเกณฑ์เพื่อใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค (Ryder, 2001) ดังแสดงในตารางที่ 2-8

Oketch and Carrick (2005) ได้อธิบายการปรับเทียบและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองกับปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม ซึ่งค่าที่ได้จะต้องมีความคลาดเคลื่อนในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามหลักการทางสถิติของ GEH ซึ่งเป็นอักษรย่อจากชื่อ Geoffrey E. Havers ซึ่งเป็นผู้คิดค้นหลักการทางสถิติเมื่อในปี ค.ศ. 1970 โดยค่าที่ยอมรับได้ ต้องมีค่าที่น้อยกว่า 5 ถึงจะอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งโดยทั่วไปการปรับเทียบแบบจำลอง มักใช้ค่าปริมาณการจราจรบนช่วงถนนหรือปริมาณการจราจรที่ทางแยก ส่วนการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองนั้น มักใช้ค่าของเวลาในการเดินทางเฉลี่ย และความยาวแถวคอย โดยค่าที่ได้จะต้องมีค่าที่ใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการสำรวจในสนาม

Tindall (2007) อ้างอิงใน วุฒิไกร ไชยปัญหา (2553) ได้อธิบายการปรับเทียบแบบจำลองในการจัดการจราจร ส่วนใหญ่จะใช้ตัวแปรการจราจร เช่น เวลาห่าง (Headway) ความเร็ว (Speed) และจังหวะสัญญาณไฟจราจร (Signal timing) เป็นต้น ส่วนการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่ดำเนินต่อจากขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลอง โดยการตรวจสอบความถูกต้องจะต้องใช้ข้อมูลที่เป็นอิสระต่อกัน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ซึ่งข้อมูลที่นำมาตรวจสอบของแบบจำลองจะต้องใช้ข้อมูลในวันเดียวกันแต่มีความแตกต่างที่ช่วงเวลา โดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการตรวจสอบแบบจำลอง เช่น เวลาในการเดินทาง (Travel time) ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก (Turning count) ความเร็ว (Speed) ความยาวแถวคอย (Queue length) เป็นต้น การปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ต้องทำการประมวลผลหลายครั้งเพื่อความถูกต้องของแบบจำลองมากที่สุด

เสกสรร บุญฉวี (2553) ได้กล่าวว่า การปรับเทียบและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยตัวแปรด้านพฤติกรรรมการขับขี่และการตอบสนองต่อวัตถุด้านข้าง จะต้องมีค่าที่ใกล้เคียงกันจากการสำรวจพื้นที่จริง ซึ่งค่าตัวแปรที่ใช้ในการปรับเทียบ ได้แก่ ปริมาณการจราจร และความยาวแถวคอย เป็นต้น ซึ่งผลที่ได้จากการปรับเทียบนั้น ถือว่ามีความถูกต้องแม่นยำและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์สภาพการจราจรได้

ตารางที่ 2-8 เกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

เกณฑ์และมาตรการ (ค่าแบบจำลองเมื่อเทียบกับค่าจากการสำรวจ)	**เป้าหมายที่ยอมรับ**	**หมายเหตุ / อ้างอิง**
ปริมาณการเดินทางที่ผ่านเส้นขอบเขต (มีการนับมากกว่า 5)	ความถูกต้อง = 3%	RTA NSW
ปริมาณการจราจรที่ผ่านเส้นแบ่งเขต (มีการนับมากกว่า 5)	ความถูกต้อง = 5 %	
การเชื่อมโยงของปริมาณการเดินทางที่ผ่านเส้นขอบเขต/ ปริมาณการจราจรที่ผ่านเส้นบางเขต		
ภายใน 20% หรือ 200 คันต่อชั่วโมง	95% ของการเชื่อมโยง	
ภายใน 10% หรือ 100 คันต่อชั่วโมง	90% ของการเชื่อมโยง	
ภายใน 5% หรือ 50 คันต่อชั่วโมง	80% ของการเชื่อมโยง	
การเชื่อมโยงปริมาณการจราจรของแต่ละสาย		FHWA (2004)
ภายใน 100 คัน/ชม. สำหรับการไหล <700 คัน/ชม.	> 85% ของตัวอย่าง	
ภายใน 15% สำหรับ 700 คัน/ชม. <การไหล <2,700 คัน/ชม	> 85% ของตัวอย่าง	
ภายใน 400 คัน/ชม. สำหรับการไหล <2,700 คัน/ชม.	> 85% ของตัวอย่าง	
จำนวนรวมของการเชื่อมโยงทั้งหมด	ความแม่นยำ = 5%	
สถิติ GEH < 5 สำหรับการเชื่อมโยงแต่ละรายการ	> 85% ของตัวอย่าง	
สถิติ GEH สำหรับผลรวมของการเชื่อมโยงทั้งหมด	< 4	
เวลาเดินทางสำหรับเส้นทางที่เลือก		RTA NSW
เวลามัธยฐานเทียบกับการสำรวจ	ภายใน 10%	
ค่าเฉลี่ยยกกำลัง 2 (บนพื้นฐานการจำลอง 5 ครั้ง)	90% ของทุกเส้นทาง	
ความเสถียรของรูปแบบ		.
ความแปรผันของปริมาณการจราจรที่ผ่านเส้นแบ่งเขตระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุด	ภายใน 5%	
การนับจำนวนการไหลสูงสุดและต่ำสุดของการเชื่อมโยงบนถนนแต่ละสายแต่ละเส้นขอบเขตและแต่ละเส้นแบ่งเขตจะแตกต่างกันไปตามการเปลี่ยนแปลงของ 20% (หรือ 200 คัน/ชม.), 10% (หรือ 100 คัน/ชม.) และ 5% (หรือ 50 คันต่อชั่วโมง)	ตามความพึงพอใจของผู้สร้างแบบจำลอง	
รูปแบบการแออัด ตรวจสอบการกระจายของแถวคอย การกระจายความต้องการบนช่วงถนนและการจัดสรรเส้นทาง ฯลฯ	ตามความพึงพอใจของผู้สร้างแบบจำลอง	การกระจายการจราจรบนถนนมีผลต่อความล่าช้าของเครือข่าย

ที่มา: ดัดแปลงจาก Ryder (2001). อ้างใน ชัยวัฒน์ ใหญ่บก (2558).

จากหลักเกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองในตารางที่ 2-8 จะใช้ค่าทางสถิติ GEH เพื่อปรับเทียบปริมาณการจราจร และเวลาในการเดินทาง โดยค่าทางสถิติดังกล่าวมาจากชื่อของ Geoffrey E. Havers หรือ GEH (อ้างอิงจาก Quadstone Paramics, 2007) ซึ่งเป็นผู้พัฒนาสมการค่าทางสถิติ โดยเป็นการเปรียบเทียบค่าปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจพื้นที่จริงใน 1 ชั่วโมง ซึ่งหลักเกณฑ์ในการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค แสดงดังสมการที่ 2-4

$$GEH = \sqrt{\frac{2(\text{ค่าที่ได้จากแบบจำลอง} - \text{ค่าที่ได้จากการสำรวจจริง})^2}{\text{ค่าที่ได้จากแบบจำลอง} + \text{ค่าที่ได้จากการสำรวจจริง}}} \quad \text{สมการที่ 2-4}$$

ค่าสถิติ GEH อาจมีค่าอยู่ในช่วงต่าง ๆ โดยเมื่อค่า GEH มีค่าน้อยกว่า 5.0 แสดงว่าค่าปริมาณจราจรในรายชั่วโมงที่ได้จากแบบจำลอง มีความสอดคล้องกับปริมาณจราจรที่ได้จากการสำรวจในสนามและอยู่ในเกณฑ์ที่ดี แต่หากค่า GEH อยู่ระหว่าง 5.0 และ 10.0 แสดงว่า ค่าปริมาณจราจรในรายชั่วโมงที่ได้จากแบบจำลอง มีความสอดคล้องกับปริมาณจราจรที่ได้จากการสำรวจในสนามและอยู่ในเกณฑ์พอใช้ ส่วนค่า GEH ที่มีค่ามากกว่า 10.0 แสดงว่า ปริมาณจราจรที่ได้จากแบบจำลองไม่มีความสอดคล้องกับปริมาณจราจรจากการสำรวจในสนาม

นอกจากนี้ การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ของแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการสำรวจภาคสนามจริงมากที่สุด ซึ่งส่วนใหญ่ตัวแปรที่มักใช้เป็นดัชนีตัวชี้วัดความถูกต้องของแบบจำลอง คือ ปริมาณการจราจร ความเร็ว ความยาวของแถวคอย ความล่าช้าและเวลาในการเดินทาง เป็นต้น โดยที่ Wisconsin Department of Transportation (Wisconsin DOT) ได้เสนอหลักเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ เพื่อใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง ดังแสดงตารางที่ 2-9

ตารางที่ 2-9 เกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองฯ Wisconsin DOT

Criteria and Measures	Calibration Acceptance Targets
Hourly Flows, Model Versus Observed	
Individual Links Flows	
Within 15%, for 700 veh/h < Flow < 2700 veh/h	> 85% of cases
Within 100 veh/h, for Flow < 700 veh/h	> 85% of cases
Within 400 veh/h, for Flow > 2700 veh/h	> 85% of cases
GEH Statistics < 5	> 85% of cases
Total Link Flows	
Within 5%	All Accepting Links
GEH Statistics < 4	All Accepting Links
Travel Times, Model Versus Observed	
Journey Times, Network	
Within 15% (or 1 min, if higher)	> 85% of cases
Visual Audits	
Individual Link Speeds	
Visually Acceptable Speed-Flow Relationship	To analyst's satisfaction
Bottlenecks	
Visually Acceptable Queuing	To analyst's satisfaction

ที่มา: ดัดแปลงจาก Wisconsin DOT (2002) อ้างใน ชัยวัฒน์ ใหญ่บก (2558)

2.2.10 การศึกษาหาความเหมาะสมก่อนการลงทุน

การศึกษาหาความเหมาะสมก่อนการลงทุน (Feasibility Study) เป็นการศึกษาเปรียบเทียบว่าผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการลงทุนตลอดอายุการใช้งานของโครงการ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าสมควรที่จะลงทุนหรือไม่ (จิรพัฒน์ โชติกไกร, 2549) วิธีการศึกษาได้แก่

วิธี Benefit Cost Ratio

วิธี Rate of Return

วิธี Net Present Value

วิธีทั้ง 3 ข้างต้น อาศัยหลักคล้ายกัน คือ คำนวณจากเงินต้นของการลงทุน (Costs) รวมทั้งหมดดอกเบี้ยที่จะต้องจ่ายและผลประโยชน์ตอบแทน (Benefits) ที่จะได้รับตลอดอายุการใช้งานของโครงการนั้น ๆ คิดเปรียบเทียบอัตราเฉลี่ยต่อปี ผลจาการศึกษานี้จะเป็นเครื่องช่วยในการตัดสินใจพิจารณาเลือกโครงการต่าง ๆ และยังสามารถชี้ให้เห็นผลได้และผลเสีย ตลอดจนลำดับหรือทางเลือกที่เหมาะสมในการลงทุน

โครงการก่อสร้างปรับปรุงถนน แบ่งได้ 2 ประเภท (จิรพัฒน์ โชติกไกร, 2549) คือ

ก. โครงการปรับปรุงก่อสร้างทางที่มีอยู่เดิมแล้ว ซึ่งปัจจุบันยังมีสภาพใช้งานได้ตลอดปี แต่ต้องปรับปรุงเนื่องจากมีปริมาณรถมากขึ้น ชุมชนขยายใหญ่ขึ้นการจราจรติดขัดหลังจากการปรับปรุงแล้ว ผลประโยชน์ที่ได้รับโดยตรงคือ ประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้รถ และลดระยะทางในการเดินทาง ค่าลงทุนกับผลประโยชน์ที่ควรนำมาพิจารณามีดังนี้

ค่าลุงทุน (Costs)

1) ค่าก่อสร้าง เช่น งานดิน งานผิวทาง งานพื้นทาง งานสะพาน เป็นต้น
2) ค่าบำรุงรักษา
3) ค่าดอกเบี้ยจากเงินต้นที่ลงทุนก่อสร้าง
4) ค่าบริหาร ค่าสำนักงาน เงินเดือนพนักงานก่อสร้างและดูแลรักษาทาง
5) ค่าเวนคืนที่ ในบางส่วน

ผลประโยชน์ (Benefits) ที่ควรได้รับ เช่น

1) ค่าประหยัดจากการใช้รถ เช่น ค่าสึกหรอ ค่าน้ำมัน และเวลาในการเดินทาง
2) ค่าบำรุงรักษา ที่ลดน้อยกว่าถนนเก่าทั้งรถทั้งถนน
3) อุบัติเหตุลดน้อยลง ประหยัดชีวิต ค่ารักษาพยาบาล และทรัพย์สิน
4) มูลค่าทางโครงสร้างทางภายหลังสิ้นสุดอายุทางเศรษฐกิจแล้ว

ข) โครงการก่อสร้างที่เป็นเส้นทางใหม่ หรือเส้นทางเดิมแต่มีสภาพไม่ดีใช้งานได้เฉพาะบางฤดูกาล ถนนประเภทนี้ค่าลงทุนกับผลประโยชน์ที่ควรนำมาพิจารณามีดังนี้

ค่าลุงทุน (Costs)

1) ค่าเวนคืนที่ดิน
2) ค่าก่อสร้าง เช่น งานดิน งานผิวทาง งานพื้นทาง งานสะพาน เป็นต้น
3) ค่าบำรุงรักษา
4) ค่าดอกเบี้ยจากเงินต้นที่ลงทุนก่อสร้าง
5) ค่าบริหาร ค่าสำนักงาน เงินเดือนพนักงานก่อสร้างและดูแลรักษาทาง

ผลประโยชน์ (Benefits) ที่ควรได้รับ

1) ค่าประหยัดจากการใช้รถ
2) ผลประโยชน์จากการเพิ่มผลผลิต เช่น ผลผลิตทางการเกษตรกรรม อุตสาหกรรมท่องเที่ยวทรัพยากรธรรมชาติ เป็นต้น
3) มูลค่าทางโครงสร้างทางภายหลังสิ้นสุดอายุทางเศรษฐกิจแล้ว
4) มูลค่าของพื้นที่ที่เจริญและพัฒนาขึ้นเมื่อมีถนนตัดผ่านเข้าไป
5) ผลประโยชน์ด้านอื่น ๆ เช่น ให้ความสะดวกด้านสาธารณูปโภค ไฟฟ้า ประปา

2.3 สรุปผลการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1) การศึกษาเกี่ยวกับการสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจร ทำให้ทราบถึงแนวทางในการลงพื้นที่สำรวจเก็บข้อมูลภาคสนาม เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ มาวิเคราะห์หาสาเหตุและปัญหาของสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และเสนอมาตรการในการแก้ไขปัญหา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจราจรให้ดียิ่งขึ้น

2) การศึกษาเกี่ยวกับการจัดการจราจรและการปรับปรุงลักษณะทางกายบริเวณทางแยก ทำให้ทราบถึงแนวทางในการปรับปรุงลักษณะทางกาย เพื่อแก้ไขปัญหาสภาพการจราจรในปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3) การศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ทำให้ทราบถึงแบบจำลองที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อทดสอบมาตรการจัดการจราจร ว่ามีประสิทธิภาพในการแก้ไขสภาพการจราจรหรือไม่อย่างไร

สำหรับการจำลองสภาพการจราจรเพื่อจัดการจราจรในประเทศด้วยโปรแกรม VISSIM สามารถสรุปได้ดัง

ตารางที่ 2-10

ตารางที่ 2-10 สรุปตัวอย่างการจำลองสภาพการจราจรเพื่อจัดการจราจรในประเทศด้วยโปรแกรม VISSIM

ผู้ที่ศึกษา	เรื่อง	วิธีการศึกษา	ผลการศึกษา
พลศรี ประเสริฐพรรณ และคณะ (2556)	การวิเคราะห์ความแปรผันของตัวแปรด้านจราจร ที่เกิดจากสัดส่วนของประเภทยานพาหนะในพื้นที่กิจกรรมขนาดใหญ่	● ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ในการวิเคราะห์การจราจร	ปริมาณการจราจรเข้าพื้นที่ สัดส่วนของยานพาหนะจะส่งผลต่อตัวชี้วัดด้านการจราจรตามรถที่เข้าพื้นที่มากน้อย
วราศักดิ์ ปะสังติโย (2556)	การวิเคราะห์การจัดการจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์บริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจร	● กำหนดพื้นที่เฉพาะหยุดรอสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ ● กำหนดช่องทางเฉพาะสำหรับรถจักรยานยนต์ด้านซ้าย	มาตรการทั้งสองมาตรการ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระดับการให้บริการที่ทางแยกได้
สมิทธิ์ อักขิโสภา และคณะ (2556)	การปรับปรุงจุดตัดทางรถไฟ	● ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ● เปรียบเทียบสภาพการจราจรบริเวณทางตัดทางรถไฟที่ป้ายหยุดรถไฟกรณีการใช้ระบบสัญญาณไฟอัตโนมัติ	สภาพการจราจรแบบติดตั้งระบบสัญญาณไฟอัตโนมัติ จะมีความล่าช้าและระยะเวลาในการเดินทางน้อยกว่าสภาพการจราจรในปัจจุบัน

ที่มา: สรุปโดยผู้วิจัย

ตารางที่ 2-10 สรุปตัวอย่างการจำลองสภาพการจราจรเพื่อจัดการจราจรในประเทศด้วยโปรแกรม VISSIM (ต่อ)

ผู้ที่ศึกษา	เรื่อง	วิธีการศึกษา	ผลการศึกษา
สุวิช เพชรชมพูพันธ์ และคณะ (2556))	การวิเคราะห์ความจุบนถนนสายหลักโดยใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค	● ศึกษาความสามารถในการรองรับของปริมาณการจราจรจากระดับการให้บริการ ● ประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรด้วยโปรแกรม VISSIM เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ	ค่าความจุของถนน มีความสามารถในการรองรับปริมาณการจราจรน้อยกว่าที่ออกแบบ เนื่องจากมีการจอดรถข้างทางบางช่วงของถนนทั้งสองข้างทาง
ชัยวัฒน์ ใหญ่บก (2558)	การศึกษาการจัดการจราจรสำหรับทางแยกต่อเนื่อง	● สำรวจข้อมูลปริมาณการจราจรในสนาม ● ใช้โปรแกรม VISSIM ในการสร้างแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค	การปรับปรุงทุกทางแยกร่วมกันเป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาการจราจรของพื้นที่ศึกษามากที่สุด โดยสามารถลดเวลาเดินทาง ความล่าช้า และความยาวแถวคอยได้
ปวีร์ คูวิบูลย์ (2560)	การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการออกแบบทางแยกแบบกลับรถที่เกาะกลาง	● ออกแบบวิเคราะห์ทางแยกรูปแบบกลับรถที่เกาะกลางที่เหมาะสมและการวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางแยกแบบกลับรถที่เกาะกลาง	ช่องเปิดเกาะกลางมีระยะที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 330 – 630 เมตร และรูปแบบทางแยกแบบจำกัดการข้ามมีประสิทธิภาพมากที่สุด

ที่มา: สรุปโดยผู้วิจัย

2.4 สรุปทฤษฎีการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก

จากการทบทวนทฤษฎีการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก สามารถสรุปแนวทางในการจัดช่องแบ่งทิศทางการเดินรถได้ดังตารางที่ 2-11 และมาตรฐานของระยะความยาวและความกว้างของช่องรอเลี้ยวดังตารางที่ 2-12 ส่วนบริเวณจุดกลับรถสรุปดังตารางที่ 2-13

ตารางที่ 2-11 สรุปแนวทางในการจัดช่องแบ่งทิศทางการเดินรถ

การจัดช่องแบ่งทิศทางการเดินรถ	ทางแยกมีสัญญาณไฟจราจร	ทางแยกไม่มีสัญญาณไฟจราจร
การจัดช่องจราจรสำหรับเลี้ยวขวา	● รถเลี้ยวขวามากกว่า 300 คันต่อชั่วโมง จัดช่องเลี้ยวขวา 2 ช่อง ● รถเลี้ยวขวามากกว่า 600 คันต่อชั่วโมงให้จัดช่องสำหรับเลี้ยวขวา 3 ช่องจราจร	● พิจารณาความเร็วของรถที่วิ่งในเส้นทางนั้น โดยใช้ปริมาณรถตรง รถเลี้ยวขวาและรถเลี้ยวซ้ายในทิศทางเดียวกับรถเลี้ยวขวาเทียบกับปริมาณรถตรงและรถเลี้ยวซ้ายในทิศทางตรงข้ามกับรถเลี้ยวขวา รูปที่ 2-15 ถึง รูปที่ 2-20
การจัดช่องจราจรสำหรับเลี้ยวซ้าย	● ปริมาณรถเลี้ยวซ้ายในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนมีปริมาณสูง (มากกว่าร้อยละ 10 ของปริมาณจราจรรวมต่อวัน) ● การเข้าออกทางเชื่อมบริเวณทางแยกต้องใช้ความเร็วต่ำ	● ถนน 2 ช่องจราจรพิจารณาได้จากรูปที่ 2-13 ● ถนน 4 ช่องจราจรพิจารณาได้จากรูปที่ 2-14

ตารางที่ 2-12 สรุปมาตรฐานของระยะความยาวและความกว้างของช่องรอเลี้ยว

การจัดช่องแบ่งทิศทางการเดินรถ	ความกว้าง	ความยาว	ช่องเบี่ยง
ช่องจราจรสำหรับเลี้ยวขวา	3.0-3.5 เมตร	> 20 เมตร	1:10-1:20
ช่องจราจรสำหรับเลี้ยวซ้าย	3.0-3.5 เมตร	> 20 เมตร	1:10-1:20

ตารางที่ 2-13 สรุปการเลือกสถานที่และการออกแบบจุดกลับรถ

การเลือกสถานที่และการออกแบบจุดกลับรถ
• การเปิดเกาะกลางสำหรับใช้กลับรถจะต้องพิจารณาขนาดความกว้างของเกาะกลางและรัศมีเลี้ยวตามชนิดของรถที่ต้องการกลับรถ • จุดกลับรถที่อยู่ใกล้ทางแยกที่มีปริมาณจราจรต่ำไม่ต้องเปิดเกาะกลาง • ที่อยู่ใกล้ทางแยกที่มีปริมาณการจราจรสูงจะต้องมีการเปิดเกาะกลางและจะต้องจัดช่องจราจรให้รถที่ต้องการกลับรถแยกออกจากช่องจราจรหลัก • การเปิดเกาะกลางจะต้องพิจารณาเกี่ยวกับ ความเร็วปริมาณจราจรของรถทางตรงและรถที่ต้องการกลับรถ • รัศมีเลี้ยวของรถที่ต้องการกลับรถจะต้องมีความสัมพันธ์กับระยะการเปิดเกาะกลางและความกว้างของช่องจราจร • ระยะห่างระหว่างจุดเปิดเกาะกลาง สรุปดังตารางที่ 2-5

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

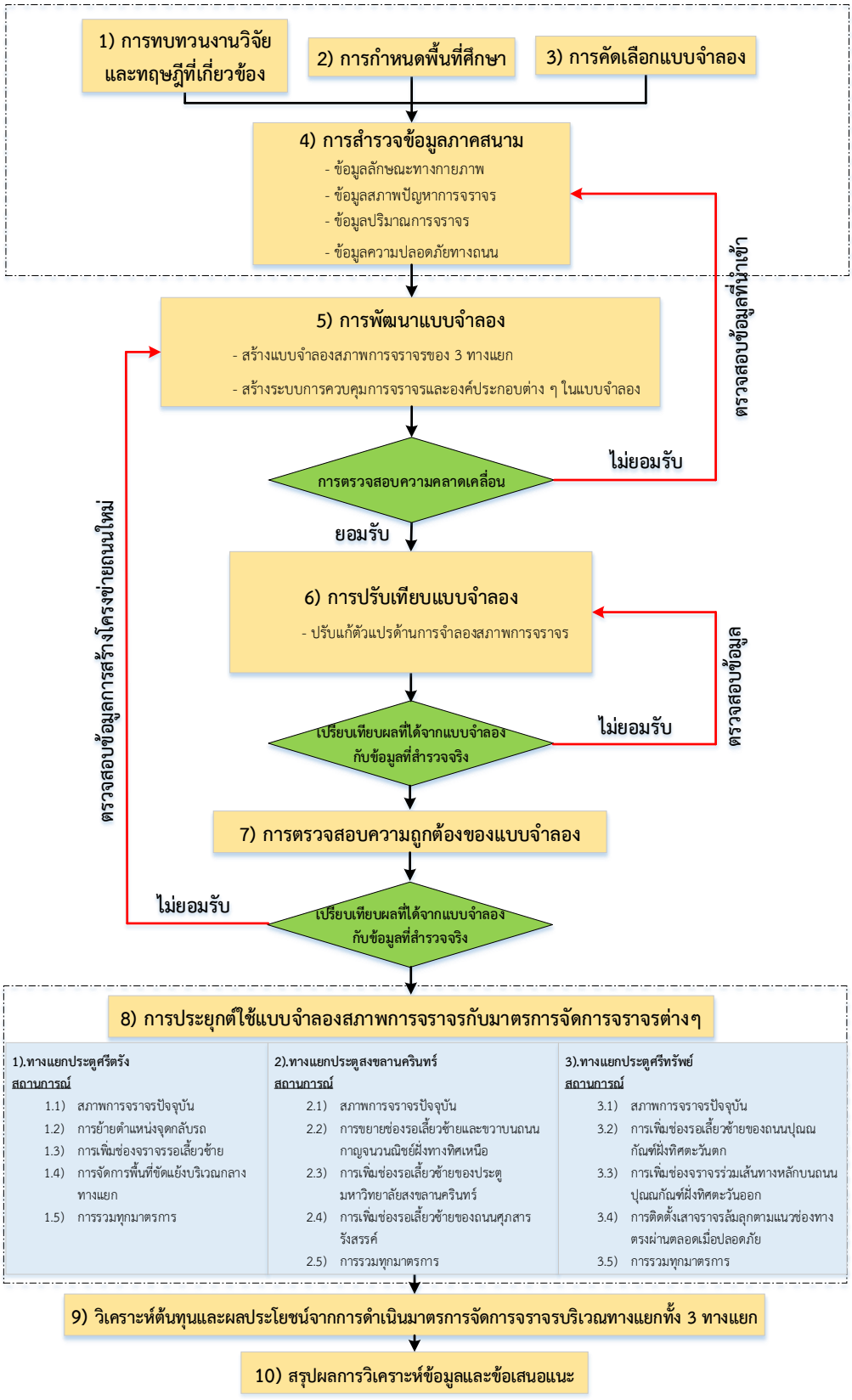
3.1 กรอบการดำเนินงานวิจัย

เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา ขั้นตอนของงานวิจัย ได้สรุปดังในรูปที่ 3-1 โดยจำแนกออกเป็น 10 ขั้นตอนหลัก ประกอบด้วย

1) การทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2) การกำหนดพื้นที่ศึกษา
3) การคัดเลือกแบบจำลอง
4) การสำรวจข้อมูลภาคสนาม
5) การพัฒนาแบบจำลอง
6) การปรับเทียบแบบจำลอง
7) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง
8) การประยุกต์ใช้แบบจำลองจากการเสนอมาตรการต่าง ๆ
9) การวิเคราะห์สัดส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนของการจัดการจราจรบริเวณทางแยก
10) สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้เลือกบริเวณทางแยกประตูเข้าออกของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 3 ประตู ประกอบด้วย ประตูศรีตรัง ประตูสงขลานครินทร์และประตูศรีทรัพย์ เป็นกรณีศึกษา ของตัวแทนบริเวณทางแยกในเขตเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น ทั้งในกรณีทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร (ประตูศรีตรัง) และกรณีทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร (ประตูสงขลานครินทร์และประตูศรีทรัพย์) และเสนอมาตรการปรับปรุงเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาสภาพการจราจรและเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรบริเวณทางแยกที่มีลักษณะใกล้เคียงกันในเขตเมือง

โดยรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนงานวิจัยอธิบายในหัวข้อลำดับถัดไป



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 3-1 กรอบการดำเนินงานวิจัย

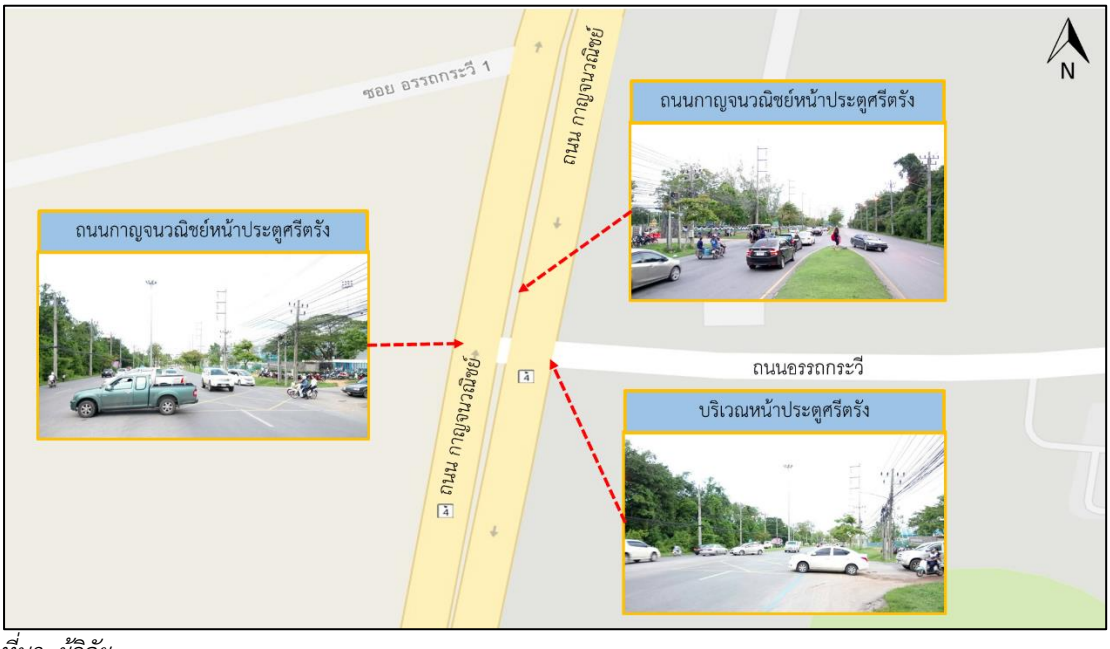
3.2 การทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้ได้ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยแบ่งกลุ่มของการทบทวนออกเป็น 5 หัวข้อหลัก ดังนี้ 1) การสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจร 2) การจัดการจราจรบริเวณทางแยก 3) การปรับปรุงลักษณะทางกายบริเวณทางแยก 4) แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค และ 5) การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ซึ่งได้กล่าวรายละเอียดไว้แล้วในบทที่ 2

3.3 การกำหนดพื้นที่ศึกษา

งานวิจัยนี้ได้เลือกทางแยกประตูเข้าออกหลักของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 3 ประตู เป็นกรณีศึกษา ประกอบด้วย

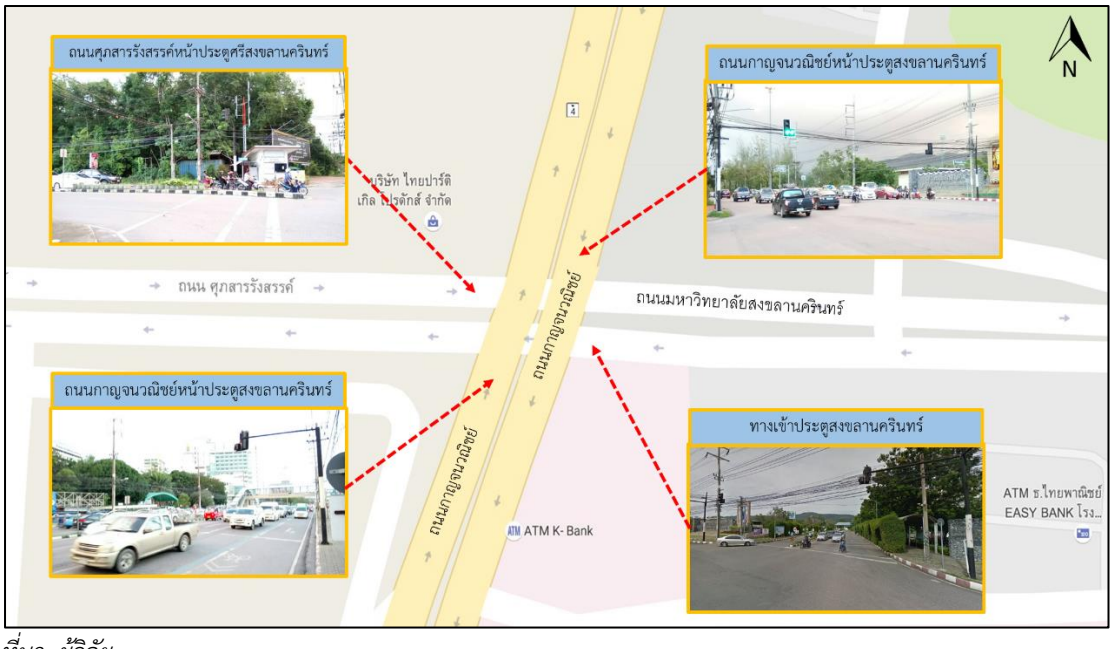
1) ประตูศรีตรัง มีลักษณะทางกายภาพเป็น 3 แยก เชื่อมระหว่างถนนอรรถกระวีกับถนนกาญจนวณิชย์ เป็นทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร ดังรูปที่ 3-2



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 3-2 บริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

2) ประตูสงขลานครินทร์ มีลักษณะทางกายภาพเป็น 4 แยก เชื่อมระหว่างมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์กับถนนกาญจนวณิชย์และถนนศุภสารรังสรรค์ มีการควบคุมการจราจรบริเวณทางแยกด้วยสัญญาณไฟจราจร ดังรูปที่ 3-3



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 3-3 บริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

3) ประตูศรีทรัพย์ มีลักษณะทางกายภาพเป็น 3 แยก เชื่อมระหว่างถนนศรีทรัพย์กับถนนปุณณกัณฑ์ มีการควบคุมการจราจรบริเวณทางแยกด้วยสัญญาณไฟจราจร ดังรูปที่ 3-4

ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 3-4 บริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

3.4 การคัดเลือกโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 พบว่า โปรแกรม VISSIM มีความเหมาะสมในการจำลองสภาพการจราจรที่ติดขัดได้ดี สามารถจำลองการเดินทางจากตารางการเดินทางระหว่างจุดต้นทางและจุดปลายทางได้และสามารถจำลองพฤติกรรมการขับขี่ของรถยนต์และรถจักรยานยนต์ได้เป็นอย่างดี รวมทั้งสามารถสร้างแบบจำลองทางเลือกในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความหลากหลาย อีกทั้งสามารถแสดงผลในรูปแบบของสองมิติและสามมิติได้ (ชัยวัฒน์ ใหญ่บก, 2558) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกโปรแกรม VISSIM ในการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคสำหรับงานวิจัยนี้

3.5 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

งานวิจัยนี้ได้สำรวจข้อมูลที่จำเป็นต่อการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคของทางแยกเข้าออก 3 ประตูหลักของมหาวิทยาลัยฯ ประกอบด้วย

1) การสำรวจลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกเข้าออก 3 ประตูหลัก
2) การสำรวจสภาพปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกเข้าออก 3 ประตูหลัก
3) การสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกเข้าออก 3 ประตูหลัก
4) การสำรวจจังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก 2 ประตูที่มีสัญญาณไฟจราจร คือ ประตูมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์กับประตูศรีทรัพย์
5) การสำรวจความเร็วของยานพาหนะที่ผ่านทางแยก โดยสำรวจยานพาหนะที่สัญจรผ่านบริเวณทางแยกทุกทิศทาง

โดยมีรายละเอียดของการสำรวจข้อมูลดังต่อไปนี้

3.5.1 การสำรวจลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกเข้าออก 3 ประตูหลัก

การสำรวจข้อมูลลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกเข้าออก 3 ประตูหลัก เพื่อนำข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจร ข้อมูลที่ต้องการประกอบด้วย

1) แผนที่หรือภาพถ่ายทางอากาศบริเวณทางแยกเข้าออก 3 ประตูหลัก
2) ลักษณะของทางแยก
3) จำนวนช่องจราจร
4) ความกว้างช่องจราจร

ทั้งนี้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศได้รวบรวมมาจากเว็บไซต์ Google Map ในปี พ.ศ. 2560 พร้อมทั้งใช้ อากาศยานไร้คนขับติดกล้อง บันทึกภาพถ่ายและวิดีโอการจราจรบริเวณทางแยกทั้ง 3 ประตูส่วนรายละเอียดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้แสดงรายละเอียดไว้ในผลการศึกษาของแต่ละประตู (บทที่ 4 ถึง บทที่ 6)

3.5.2 การสำรวจสภาพปัญหาการจราจรบริเวณทางเข้าออก 3 ประตูหลัก

การสำรวจข้อมูลสภาพปัญหาการจราจรมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาและรวบรวมภาพถ่ายสภาพปัญหาต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการจราจรติดขัดมาพิจารณาเสนอมาตรการแก้ปัญหาดังกล่าว และนำมาตรการที่นำเสนอมาทดสอบในแบบจำลองสภาพการจราจร เพื่อให้ได้มาตรการที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาการจราจร

3.5.3 การสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกเข้าออก 3 ประตูหลัก

ผู้วิจัยได้สำรวจข้อมูลปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทางของแต่ละทางแยก โดยเก็บข้อมูลในวันทำงานปกติ ใน 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเร่งด่วนเช้า และช่วงเร่งด่วนเย็น (รายละเอียดวันและเวลาที่สำรวจข้อมูลแต่ละทางแยก ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 4 ถึง บทที่ 6) ข้อมูลในพื้นที่ได้ถูกจดบันทึกลงไว้ในแบบฟอร์ม (แสดงในภาคผนวก ก) เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาปริมาณจราจรสูงสุดในชั่วโมงเร่งด่วน โดยแบ่งยานพาหนะออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1) รถจักรยานยนต์
2) รถยนต์
3) รถบรรทุก 6 ล้อ
4) รถบรรทุก 10 ล้อ

รายละเอียดของแบบฟอร์มสำรวจและผลการสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกทั้ง 3 ประตู ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และ ภาคผนวก ข ตามลำดับ

3.5.4 การสำรวจจังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก

บริเวณทางแยกทั้ง 3 ประตู มี 2 ประตู ที่บริเวณทางแยกมีสัญญาณไฟจราจร คือ ทางแยกประตูสงขลานครินทร์และทางแยกประตูศรีทรัพย์ ส่วนทางแยกประตูศรีตรังไม่มีสัญญาณไฟจราจรควบคุม ซึ่งการสำรวจจังหวะไฟจราจร ประกอบด้วย ตำแหน่งอุปกรณ์สัญญาณไฟจราจร ลักษณะสัญญาณไฟจราจร และจังหวะสัญญาณไฟจราจร โดยแบ่งช่วงเวลาในการสำรวจ เป็น 2 ช่วงเวลา คือช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเวลาเร่งด่วนเย็น ซึ่งเป็นเวลาเดียวกันที่ลงเก็บข้อมูลปริมาณ

การจราจร จากข้อมูลจังหวะสัญญาณไฟจราจรที่สำรวจ นำไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรในขั้นต่อไป

3.5.5 การสำรวจความเร็วยานพาหนะบริเวณทางแยกเข้าออก 3 ประตูหลัก

การสำรวจความเร็วยานพาหนะ ใช้วิธีการสำรวจแบบเฉพาะจุด (Spot Speed) โดยใช้เครื่องวัดความเร็วสุ่มสำรวจตัวอย่างเพื่อวัดความเร็วยานพาหนะในแต่ละประเภท โดยแยกสำรวจในแต่ละทิศทาง จากนั้นจดบันทึกค่าความเร็วของยานพาหนะเพื่อนำไปประกอบเป็นข้อมูลในการกำหนดการกระจายตัวของความเร็วการขับขี่ (Desired Speed Distribution) ในขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

3.6 การพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

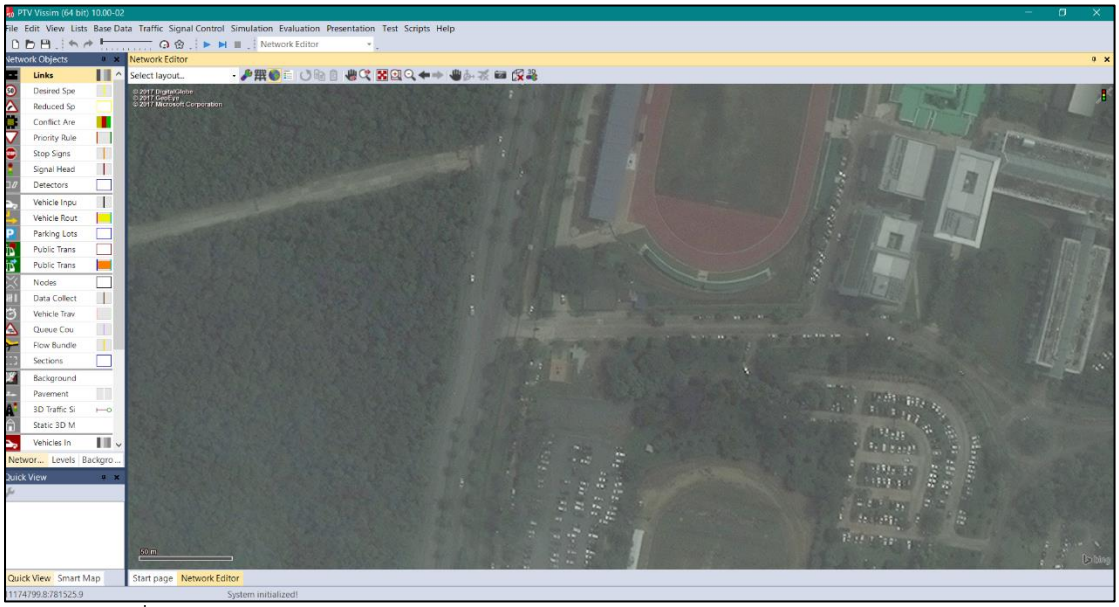
กระบวนการพัฒนาแบบจำลองฯด้วยโปรแกรม VISSIM ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ดังนี้

1) การสร้างองค์ประกอบของทางแยก
2) การจำลองตัวแทนยานพาหนะ
3) การสร้างกราฟการกระจายตัวความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภท
4) การนำเข้าข้อมูลปริมาณการจราจรและกำหนดทิศทางการจราจรของยานพาหนะ
5) การจำลองจังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก
6) การกำหนดค่าตัวแปรด้านพฤติกรรมการขับขี่ของยานพาหนะ
7) การกำหนดค่าตัวแปรจำลองสภาพการจราจรเพื่อบันทึกผลแบบจำลองฯ
8) การเลือกตัวชี้วัดเพื่อประเมินผลจากแบบจำลองO

มีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังนี้

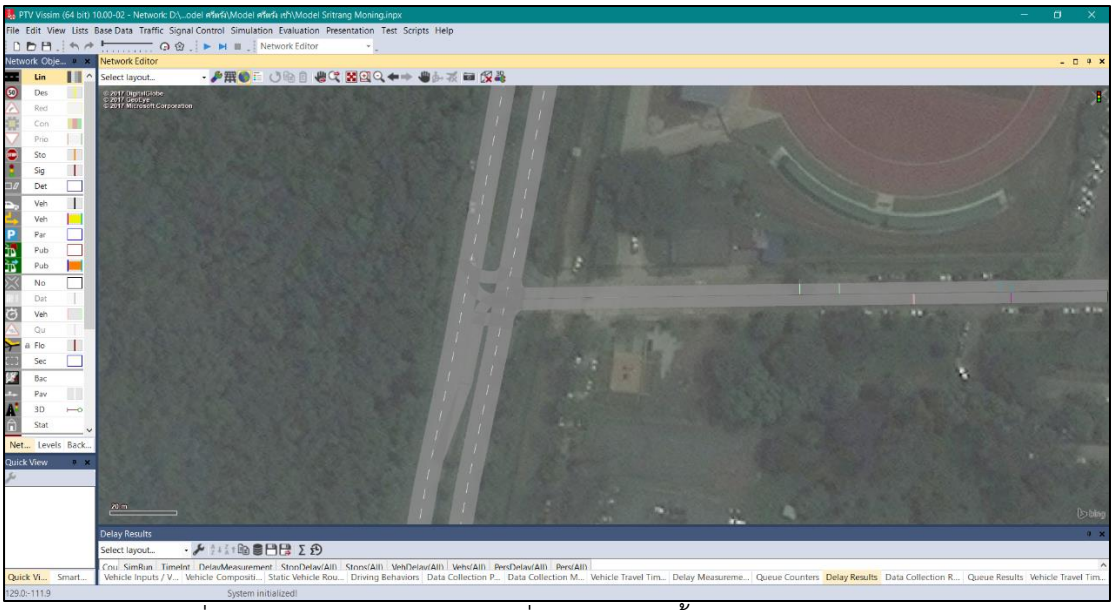
3.6.1 การสร้างองค์ประกอบของทางแยก

การสร้างองค์ประกอบต่าง ๆ ของทางแยกในโปรแกรม VISSIM เริ่มจากการใช้ภาพถ่ายจากทางอากาศในโปรแกรม VISSIM เพื่อเขียนรายละเอียดของทางแยก 3 ประตูหลัก ดังแสดงในรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-5 ภาพถ่ายจากทางอากาศในโปรแกรม VISSIM บริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

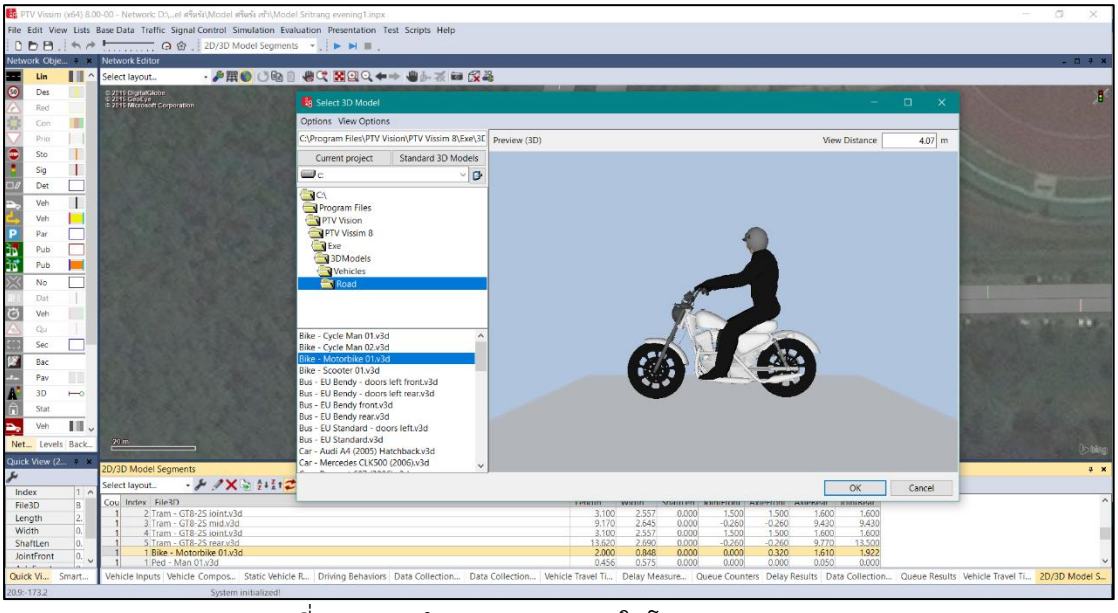
จากนั้นสร้างเส้นทางหรือการสร้าง Link เส้นทางของถนนบริเวณทางแยก โดยแต่ละ Link ต้องมีการกำหนดจำนวนช่องจราจร ขนาดความกว้างของช่องจราจร และสร้าง Link เพื่อเชื่อมต่อแต่ละ Link เข้าด้วยกัน เพื่อสร้างเป็นโครงข่ายถนนบริเวณทางแยกที่ศึกษาให้เสมือนจริง ดังแสดงในรูปที่ 3-6



รูปที่ 3-6 โครงข่ายถนนหลังการเชื่อมต่อ Link ทั้งหมดในบริเวณทางแยก

3.6.2 การจำลองตัวแทนยานพาหนะ

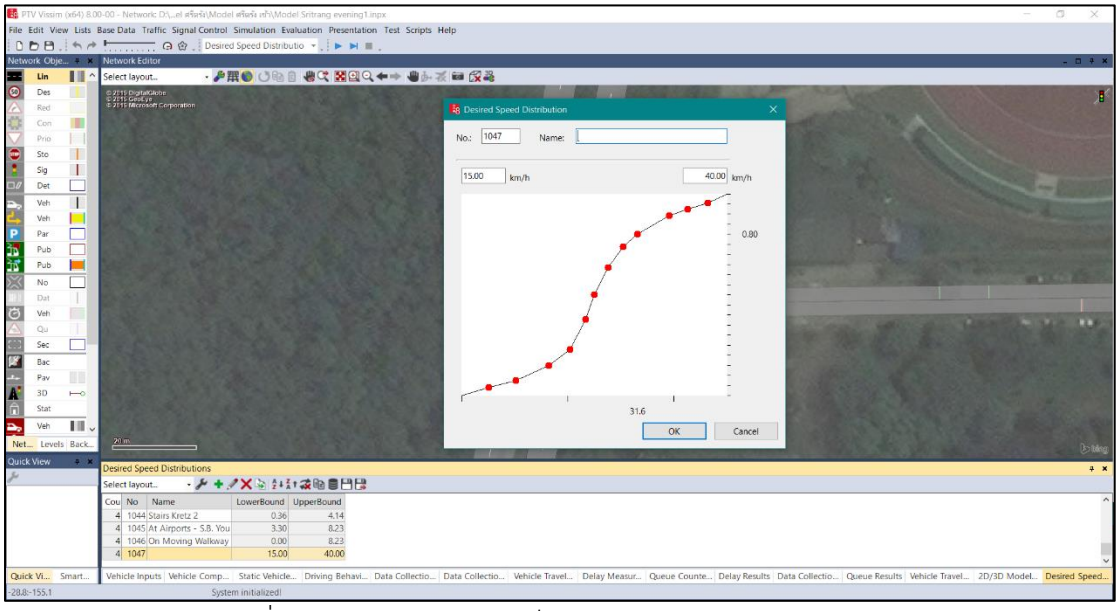
จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองในโปรแกรม VISSIM สามารถเลือกใช้ยานพาหนะในโปรแกรมได้ แต่เนื่องจากโปรแกรมเป็นของต่างประเทศ มีข้อจำกัดของยานพาหนะที่โปรแกรมได้ตั้งค่าไว้ ทำให้ยานพาหนะที่มีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงในพื้นที่ศึกษา มีเฉพาะรถจักรยานยนต์ รถยนต์ รถบัส 6 ล้อ และรถบรรทุก 10 ล้อ และต้องมีการปรับแก้ยานพาหนะจากที่โปรแกรมกำหนดไว้ให้สอดคล้องกับยานพาหนะที่ได้จากการสำรวจ เพื่อความเสมือนจริง (ดังแสดงในรูปที่ 3-7) โดยรายละเอียดวิธีการปรับแก้แสดงไว้ในภาคผนวก ง



รูปที่ 3-7 การจำลองยานพาหนะในโปรแกรม VISSIM

3.6.3 การสร้างกราฟการกระจายตัวความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภท

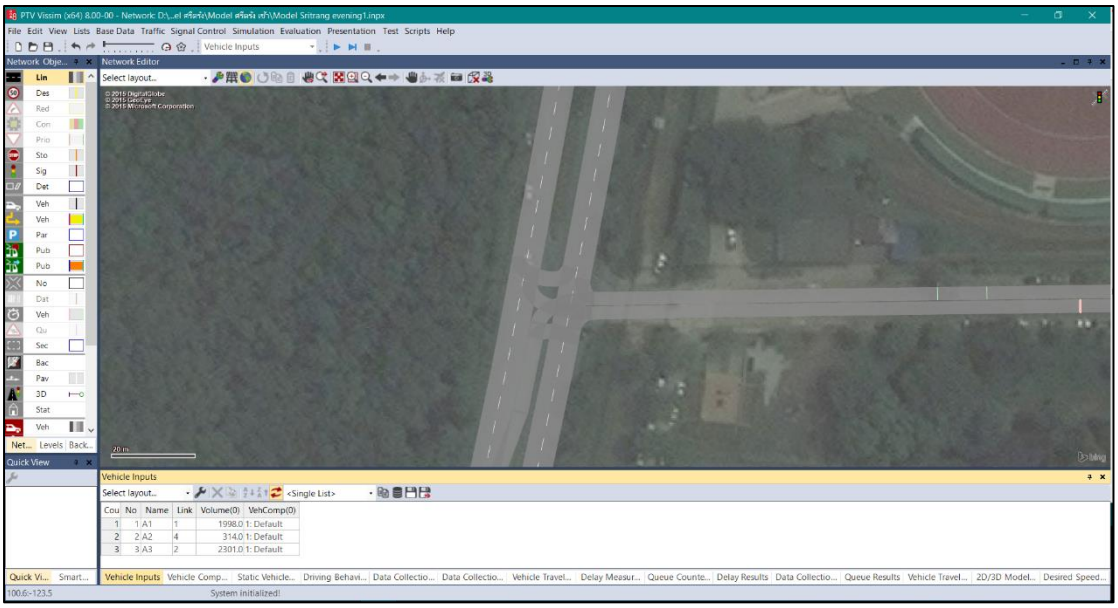
การสร้างกราฟการกระจายความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภท ด้วยการนำค่าความเร็วจากการสำรวจภาคสนามมาปรับเทียบกับกราฟความเร็วในโปรแกรม VISSIM ที่กำหนดค่าไว้เป็นกราฟเส้นตรง เพื่อให้ความเร็วของยานพาหนะในแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 3-8



รูปที่ 3-8 การกำหนดความเร็วของยานพาหนะในแบบจำลอง

3.6.4 การนำเข้าข้อมูลปริมาณการจราจรและกำหนดทิศทางการจราจรของยานพาหนะ

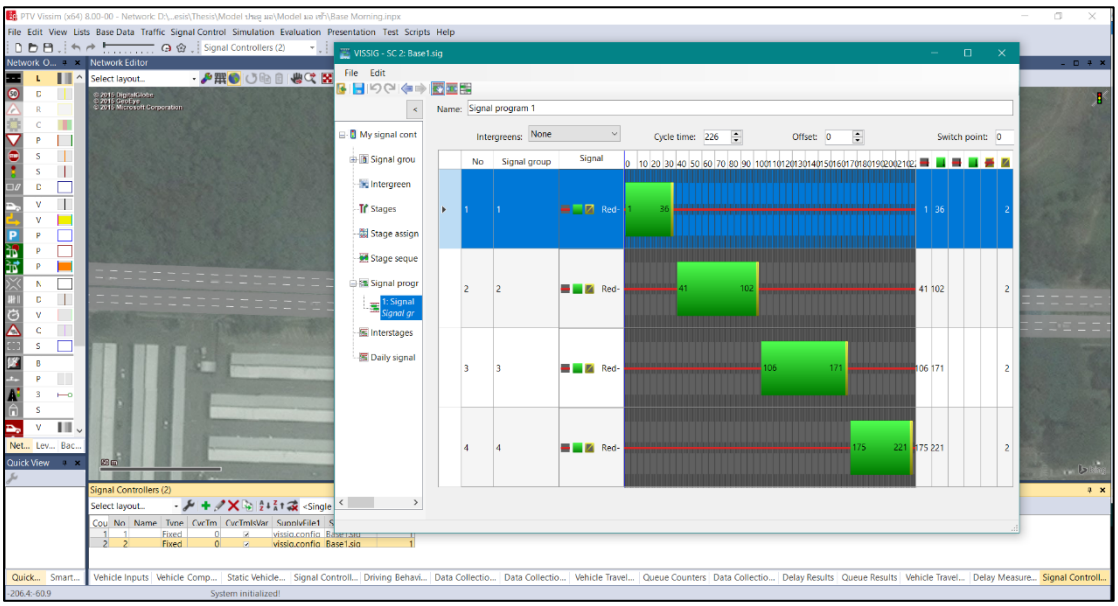
การนำข้อมูลปริมาณการจราจรจากการสำรวจภาคสนามมากำหนดในแบบจำลองประกอบด้วย 1) ปริมาณยานพาหนะที่เข้าสู่ระบบแต่ละเส้นทาง (Vehicle Input) โดยข้อมูลที่ใช้เป็นจำนวนรถทั้งหมดที่เข้าสู่ระบบแต่ละเส้นทาง 2) สัดส่วนของยานพาหนะแต่ละชนิด (Traffic Composition) และ 3) สัดส่วนการเคลื่อนที่ในแต่ละทิศทางของยานพาหนะ (Vehicle Route) โดยการนำข้อมูลปริมาณจราจรจากภาคสนามมากำหนดเพื่อให้ปริมาณจราจรในแบบจำลองฯมีความใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 3-9



รูปที่ 3-9 การกำหนดข้อมูลปริมาณการจราจรในแต่ละเส้นทาง

3.6.5 การจำลองจังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก

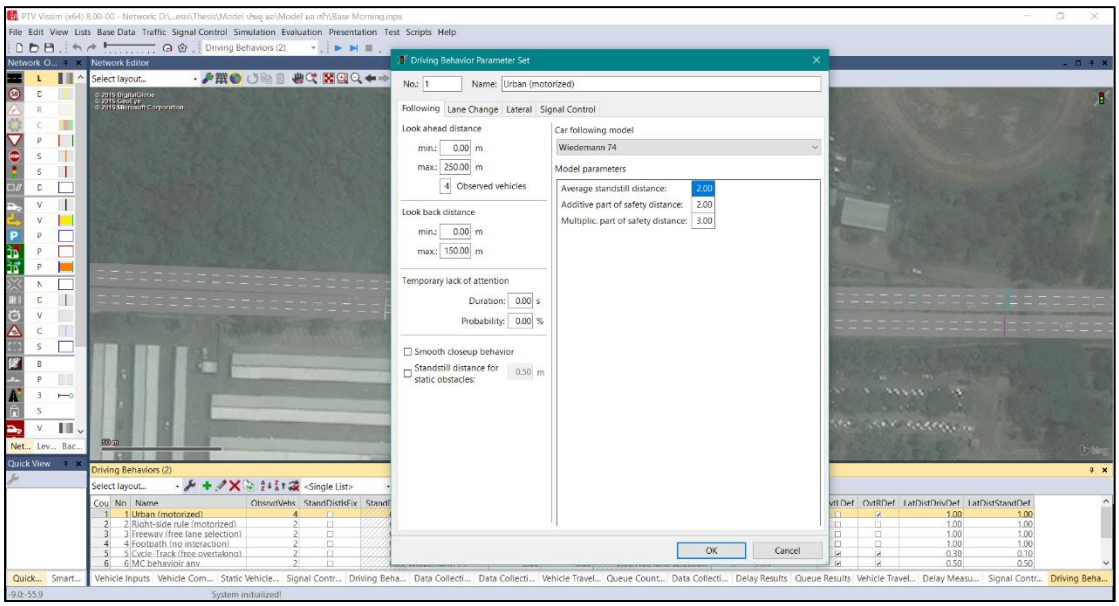
การจำลองจังหวะสัญญาณไฟจราจร โดยนำข้อมูลจังหวะสัญญาณไฟจราจรจากภาคสนามของทางแยกประตูสงขลานครินทร์และทางแยกประตูศรีทรัพย์เข้ามากำหนดในแต่ละทิศทางของแบบจำลองฯ เพื่อให้จังหวะการสัญจรของยานพาหนะในแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 3-10



รูปที่ 3-10 การจำลองจังหวะสัญญาณไฟจราจร

3.6.6 การกำหนดค่าตัวแปรพฤติกรรมการขับขี่ยานพาหนะ

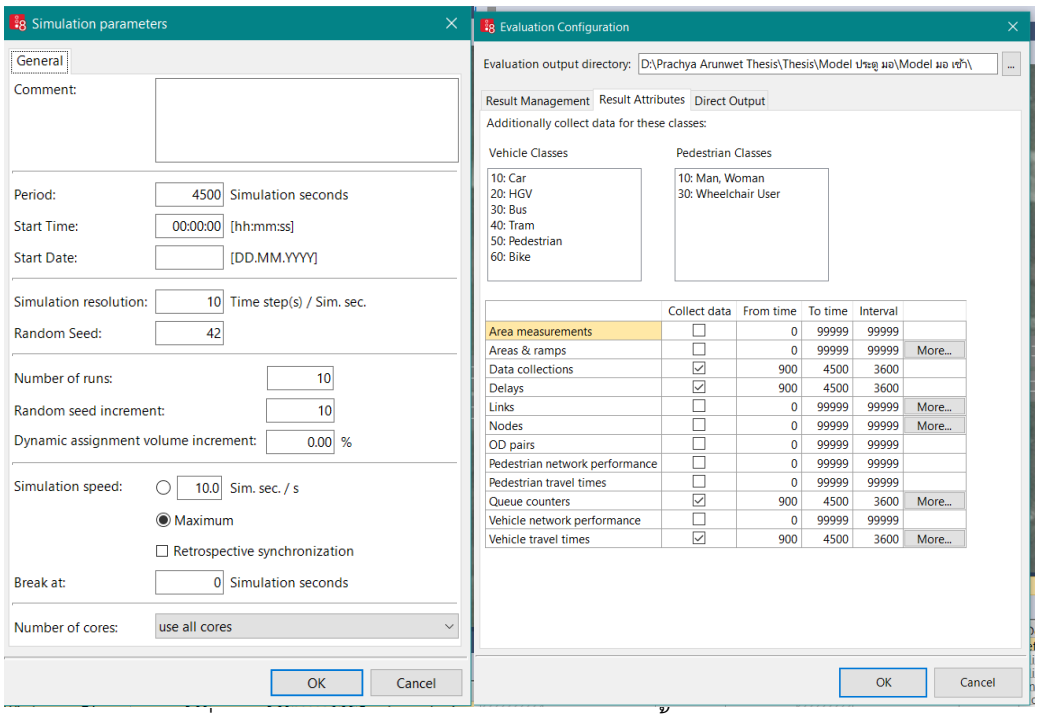
การกำหนดค่าตัวแปรด้านพฤติกรรมการขับขี่ของยานพาหนะ เพื่อปรับพฤติกรรมของยานพาหนะในแบบจำลองให้มีความสอดคล้องใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด โดยในแบบจำลองสามารถปรับพฤติกรรมการขับขี่ได้จาก ตัวแปรพฤติกรรมการขับขี่ตามกัน (Following Paramenters) ตัวแปรพฤติกรรมการเปลี่ยนช่องจราจร (Lane Change Parameters) และตัวแปรพฤติกรรมการแซงของยานพาหนะ (Lateral Parameter) (ดังแสดงในรูปที่ 3-11) ซึ่งในการปรับค่าพฤติกรรมการขับขี่ให้เหมาะสมขึ้นอยู่กับสภาพการจราจรของแต่ละทางแยก โดยรายละเอียดการปรับค่าตัวแปรได้อธิบายในภาคผนวก ง



รูปที่ 3-11 ตัวแปรด้านพฤติกรรมการขับขี่ของยานพาหนะ

3.6.7 การกำหนดค่าตัวแปรการจำลองสภาพการจราจรเพื่อบันทึกผลจากแบบจำลอง

การกำหนดตัวแปรการจำลองสภาพการจราจรเพื่อบันทึกผลแบบจำลอง ผู้วิจัยได้บันทึกข้อมูลเป็นเวลา 1 ชั่วโมงต่อหนึ่งรอบ และประเมินผลจำนวน 10 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยจากการประเมินผลในแต่ละมาตรการ โดยการประเมินผลจะบันทึกข้อมูลตั้งแต่วินาทีที่ 900 ถึง 4,500 ซึ่งในช่วง 900 วินาทีแรกของการประเมินผลแบบจำลองฯเป็นช่วงเวลาที่ไม่ได้บันทึกข้อมูล เพื่อเป็นการปรับสภาพการจราจรในแบบจำลองช่วงเริ่มต้นให้มีความคงที่ โดยการตั้งค่าเพื่อบันทึกผลแสดงดังรูปที่ 3-12



รูปที่ 3-12 การกำหนดช่วงเวลาและจำนวนครั้งในการประเมินผล

3.6.8 การเลือกตัวชี้วัดเพื่อประเมินผลที่ได้จากแบบจำลอง

การเลือกใช้เครื่องมือเพื่อประเมินผลที่ได้จากแบบจำลอง เป็นเครื่องมือที่ใช้ชี้วัดจากโปรแกรมในการประเมินผลที่ได้จากแบบจำลองของแต่ละมาตรการจัดการจราจร ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ศึกษาคุณลักษณะของการจราจร และเลือกตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้อง (ดังแสดงในรูปที่ 3-13) ประกอบด้วย 1) ปริมาณการจราจร 2) เวลาในการเดินทาง 3) ความล่าช้า และ 4) ความยาวแถวคอย ตัวชี้วัดข้างต้นสามารถนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมาตรการจัดการจราจรต่อไป

	Collect data	From time	To time	Interval	
Area measurements	☐	0	99999	99999	
Areas & ramps	☐	0	99999	99999	More...
Data collections	☑	900	4500	3600	
Delays	☑	900	4500	3600	
Links	☐	0	99999	99999	More...
Nodes	☐	0	99999	99999	More...
OD pairs	☐	0	99999	99999	
Pedestrian network performance	☐	0	99999	99999	
Pedestrian travel times	☐	0	99999	99999	
Queue counters	☑	900	4500	3600	More...
Vehicle network performance	☐	0	99999	99999	
Vehicle travel times	☑	900	4500	3600	More...

รูปที่ 3-13 ตัวชี้วัดจากแบบจำลองในการประเมินผลมาตรการที่นำเสนอ

3.7 การปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การปรับเทียบแบบจำลองเป็นการปรับเทียบข้อมูลที่ได้จากการประเมินผลของแบบจำลองให้มีค่าที่ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด โดยผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของทางแยก 3 ประตูหลัก และปรับเทียบค่าตัวแปรต่าง ๆ ในแบบจำลองฯ เพื่อให้ผลจากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีสภาพการจราจรใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง โดยทั่วไปการปรับเทียบแบบจำลองฯ (Model Calibration) จะใช้ตัวชี้วัดในการพิจารณา เช่น ปริมาณการจราจร เวลาในการเดินทาง ความล่าช้าและความยาวแถวคอย ส่วนการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฯ (Model Validation) เป็นการยืนยันว่าแบบจำลองที่ได้ปรับเทียบแล้ว มีความถูกต้องใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุด โดยการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฯ ผู้วิจัยได้เปลี่ยนข้อมูลปริมาณจราจรจากชั่วโมงเร่งด่วนเช้าเป็นชั่วโมงเร่งด่วนเย็น เมื่อผลจากการตรวจสอบความถูกต้องมีค่าใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุด จึงสามารถนำแบบจำลองฯที่ได้ไปวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมาตรการต่าง ๆ ในการแก้ไขปัญหาการจราจรได้ต่อไป

3.8 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

การประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพจากมาตรการปรับปรุงการจัดการจราจรบริเวณทางแยก ซึ่งมีรายละเอียดของมาตรการดังนี้

3.8.1 กรณีการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

จากสภาพปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบต่อการจราจร นำมาสู่การเสนอมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในแบบจำลองการจัดการจราจรและหามาตรการที่เหมาะสม ในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง ประกอบด้วย 5 แบบจำลอง ดังนี้

1) แบบจำลองที่ 1 แบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน (แบบจำลองฐาน)
2) แบบจำลองที่ 2 การย้ายจุดกลับรถบนถนนกาญจนวณิชย์ด้านทิศเหนือ
3) แบบจำลองที่ 3 การเพิ่มช่องจราจรรอเลี้ยวซ้าย
4) แบบจำลองที่ 4 การจัดการพื้นที่ขัดแย้งบริเวณกลางทางแยก
5) แบบจำลองที่ 5 การรวมทุกมาตรการ

3.8.2 กรณีการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

จากสภาพปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบต่อการจราจร นำมาสู่การเสนอมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในแบบจำลองการจัดการจราจรและหามาตรการที่เหมาะสม ในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ ประกอบด้วย 5 แบบจำลอง ดังนี้

1) แบบจำลองที่ 1 สภาพการจราจรปัจจุบัน (แบบจำลองฐาน)
2) แบบจำลองที่ 2 การขยายช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาของถนนกาญจนวณิชย์ฝั่งทางทิศเหนือ
3) แบบจำลองที่ 3 การเพิ่มช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายของถนนมหาวิทยาลัย-สงขลานครินทร์
4) แบบจำลองที่ 4 การเพิ่มช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายของถนนศุภสารรังสรรค์
5) แบบจำลองที่ 5 การรวมทุกมาตรการ

3.8.3 กรณีการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

จากสภาพปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบต่อการจราจร นำมาสู่การเสนอมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในแบบจำลองการจัดการจราจรและหามาตรการที่เหมาะสม ในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ ประกอบด้วย 5 แบบจำลอง ดังนี้

1) แบบจำลองที่ 1 สภาพการจราจรปัจจุบัน (แบบจำลองฐาน)
2) แบบจำลองที่ 2 การเพิ่มช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายของถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันตก
3) แบบจำลองที่ 3 การเพิ่มช่องจราจรร่วมเส้นทางหลักบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันออก
4) แบบจำลองที่ 4 การติดตั้งเสาจราจรล้มลุกตามแนวช่องทางตรงผ่านตลอดเมื่อปลอดภัย
5) แบบจำลองที่ 5 การรวมทุกมาตรการ

3.9 การวิเคราะห์สัดส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนของการจัดการจราจรบริเวณทางแยก

งานวิจัยนี้ได้มีการวิเคราะห์ต้นทุนซึ่งเป็นการประมาณการค่าใช้จ่ายของแต่ละมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยก โดยคำนวณเนื้องานของแต่ละมาตรการแล้วคูณด้วยราคากลางจาก สำนักกรมทางหลวงชนบทที่ 12 จังหวัดสงขลา พ.ศ. 2561 (เพื่ออ้างอิงราคาในการก่อสร้าง) อย่างไรก็ตามหากต้องการวิเคราะห์โดยละเอียดควรตรวจสอบราคากลางอีกครั้ง ส่วนการคำนวณผลประโยชน์จากมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยก ได้พิจารณาจาก 1) ค่าเวลาในการเดินทางและค่าความล่าช้าในการเดินทาง 2) มูลค่าเวลาในการเดินทาง 3) มูลค่าเวลาในการรอรถ และ 4) ปริมาณการจราจรสูงสุดในชั่วโมงเร่งด่วน และการวิจัยนี้ได้กำหนดอายุของการใช้งานของแต่ละมาตรการไว้ที่ 5 ปี และอัตราส่วนลดที่ 12% ต่อปี (นิยมใช้ในการวิเคราะห์โครงการสำหรับหน่วยงานราชการและรัฐวิสาหกิจ) และนำค่าดังกล่าวมาคำนวณค่า Annuity Factor ได้เท่ากับ 3.60 บาท/ปี จากนั้นนำค่า Annuity Factor ที่ได้ไปคำนวณหาสัดส่วนของเงินลงทุนแต่ละปีในอนาคตจากเงินลงทุนปีปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม การคำนวณค่าต้นทุนดังกล่าว เป็นเพียงการประมาณการจากผู้วิจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสัดส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนเบื้องต้นเท่านั้น หากจะนำไปใช้อ้างอิง ควรศึกษาโดยละเอียดอีกครั้ง

3.10 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลและข้อเสนอแนะ

ผลจากการวิเคราะห์มาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกเข้าออก 3 ประตูหลักของมหาวิทยาลัยที่นำเสนอในหัวข้อ 3.7 นำมาสรุปพร้อมข้อเสนอแนะ รายละเอียดได้กล่าวไว้ในบทที่ 7

บทที่ 4
ผลการศึกษาการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

บทนี้นำเสนอผลการศึกษาการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 ส่วนหลักประกอบด้วย ผลการศึกษาสภาพการจราจรบริเวณทางแยก ปัญหาการจราจรและมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยก ผลการพัฒนาแบบจำลองและการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยก รวมทั้งผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์จากการดำเนินมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยก โดยมีรายละเอียดแต่ละส่วนดังนี้

4.1 ผลการศึกษาสภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

ผู้วิจัยได้สำรวจลักษณะทางกายภาพบริเวณประตูศรีตรัง และศึกษาปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก สัดส่วนยานพาหนะ และความเร็วของยานพาหนะที่ผ่านทางแยกประตูศรีตรัง โดยมีผลการศึกษาดังนี้

4.1.1 ลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

ทางแยกประตูศรีตรัง เป็น 3 แยกรูปตัว T (ดังรูปที่ 4-1) เกิดจากถนนอรรถกระวีตัดกับถนนกาญจนวณิชย์ ทางแยกนี้เป็นประตูเข้าออกหลักแห่งหนึ่งของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ บริเวณทางแยกไม่มีการควบคุมการจราจรด้วยสัญญาณไฟจราจร มีปริมาณการจราจรสูงสุดที่ผ่านทางแยกในชั่วโมงเร่งด่วน 3,275 PCU/ชั่วโมง (ข้อมูลสำรวจเมื่อวันจันทร์ที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560)

ถนนกาญจนวณิชย์บริเวณทางแยกประตูศรีตรัง มี 4 ช่องจราจร แบ่งเป็น 2 ช่องจราจรแต่ละทิศทาง โดยมีขนาดความกว้างช่องละ 3.50 เมตร พร้อมไหล่ทาง กว้าง 2.00 เมตร มีเกาะกลางกว้าง 2.50 เมตร มีการปลูกต้นไม้และพุ่มไม้บนเกาะกลางตลอดแนวความยาวถนน บริเวณทางแยกบนถนนกาญจนวณิชย์มีการเปิดเกาะกลางตรงบริเวณกลางทางแยก เพื่อเป็นช่องทางเข้าออกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และกลับรถบนถนนกาญจนวณิชย์ ฝั่งทิศใต้มีช่องรอเลี้ยวสำหรับกลับรถและเลี้ยวขวาเพื่อเข้ามหาวิทยาลัย โดยมีความกว้าง 3.50 เมตร และยาว 50.00 เมตร ส่วนฝั่งทิศเหนือ ไม่มีช่องรอเลี้ยวบริเวณทางแยก ผิวจราจรบนถนนกาญจนวณิชย์เป็นแบบแอสฟัลต์คอนกรีต

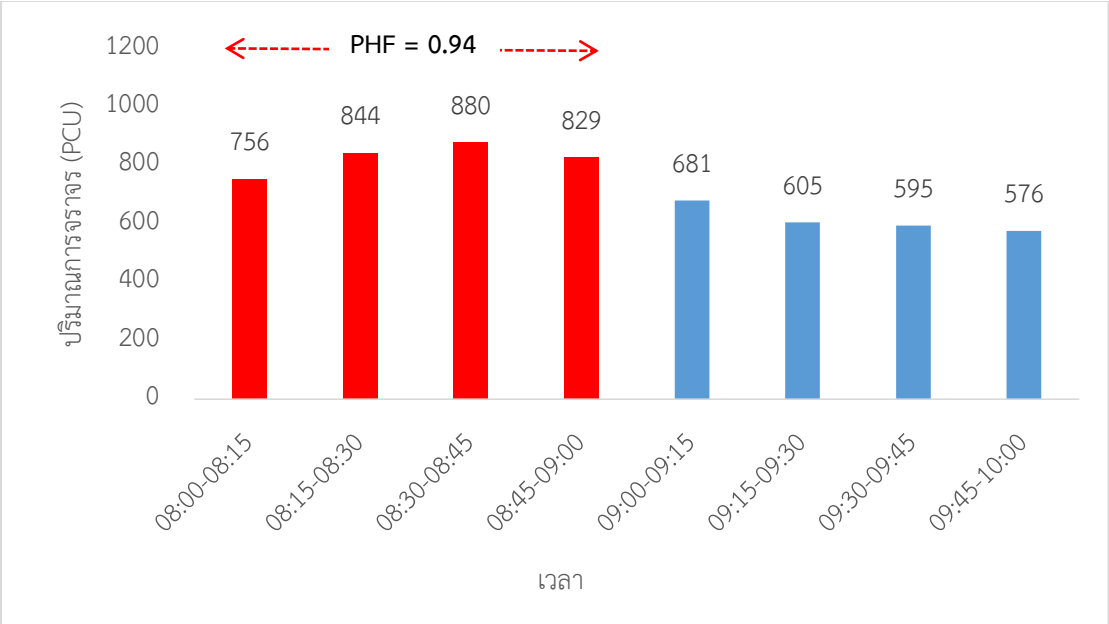
ถนนอรรถกระวี เป็นถนนที่ใช้เข้าออกของมหาวิทยาลัยฯ ไม่มีเกาะกลางถนน ช่องจราจรจากจุดที่ถนนอรรถกระวีบรรจบกับถนนกาญจนวณิชย์ถึงกำแพงประตูศรีตรัง ยาว 25.00 เมตร มี 2 ช่องจราจร ความกว้างช่องละ 4.50 เมตร ผิวจราจรเป็นแบบแอสฟัลต์คอนกรีต ส่วนช่องจราจรหลังผ่านกำแพงประตูศรีตรัง มี 2 ช่องจราจร ความกว้างช่องละ 4.00 เมตร ไหล่ทางกว้างข้างละ 2.00 เมตร และมีผิวจราจรเป็นคอนกรีต

ที่มา: ผู้วิจัย *หน่วย: เมตร*

รูปที่ 4-1 บริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

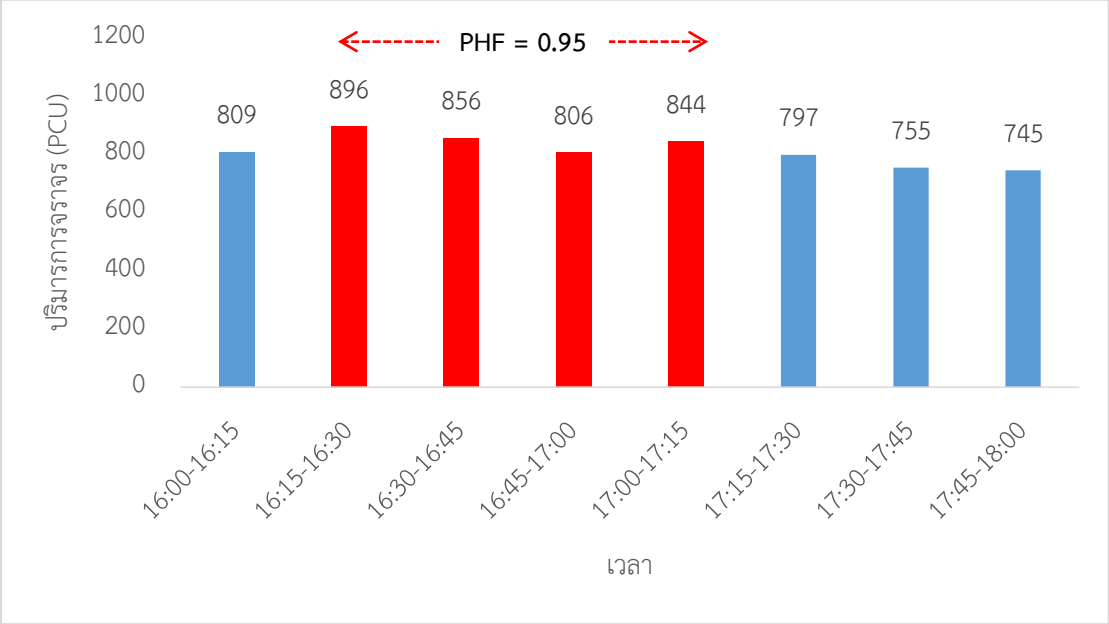
4.1.2 ปริมาณการจราจรที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีตรัง

จากผลการสำรวจปริมาณจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรังของวันจันทร์ที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 ในช่วงเร่งด่วนเช้า 08:00-10:00 น. (ดังรูปที่ 4-2) พบว่า มีปริมาณการจราจรสูงสุดในชั่วโมงเร่งด่วน 08:00-9:00 น. เท่ากับ 3,309 PCU และคำนวณได้ค่า PHF เท่ากับ 0.94 และช่วงเร่งด่วนเย็น 16:00-18:00 น. มีปริมาณการจราจรสูงสุดในชั่วโมงเร่งด่วน 16:15-17:15 น. เท่ากับ 3,402 PCU และคำนวณได้ค่า PHF เท่ากับ 0.95 (ดังรูปที่ 4-3) ในส่วนของปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทางของชั่วโมงเร่งด่วนเช้าแสดงในรูปที่ 4-4 และปริมาณการจราจรแต่ละทิศทางของชั่วโมงเร่งด่วนเย็น แสดงในรูปที่ 4-5



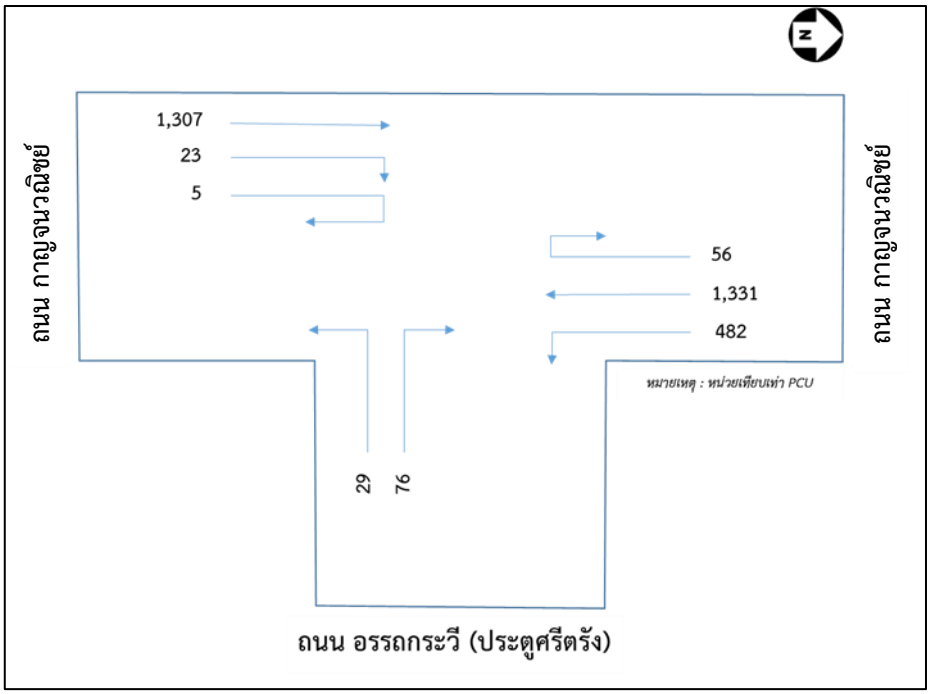
ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรังช่วงเร่งด่วนเช้า



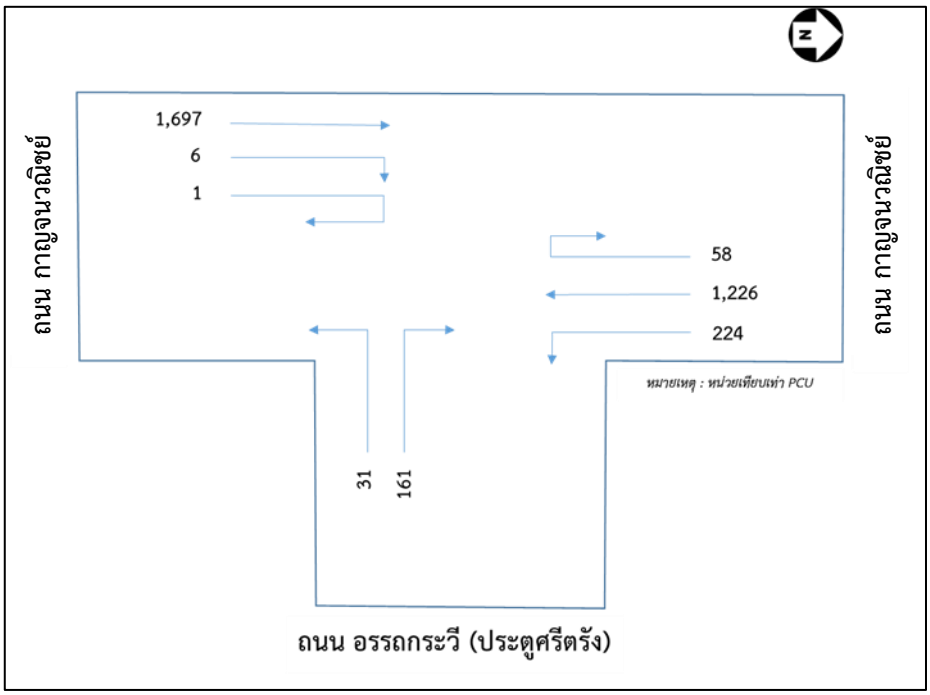
ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-3 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรังช่วงเร่งด่วนเย็น



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-4 ปริมาณการจราจรที่ผ่านทางแยกประตูศรีตรังในแต่ละทิศทางของชั่วโมงเร่งด่วนเช้า

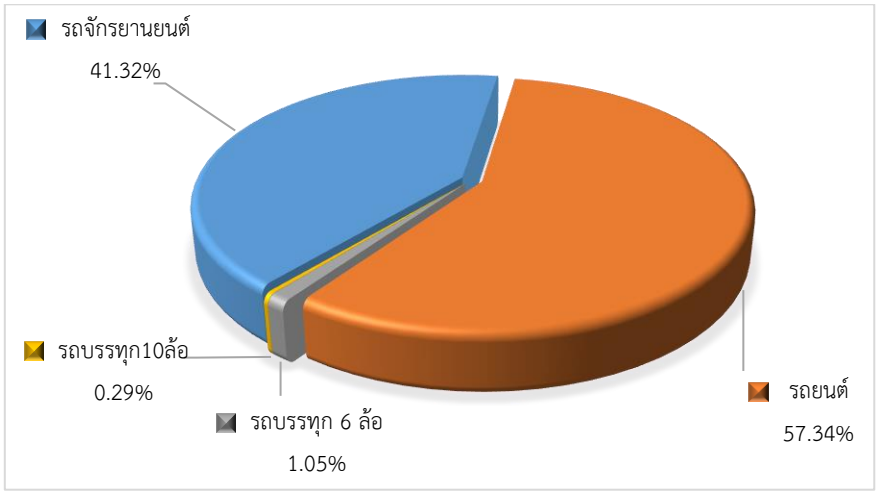


ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-5 ปริมาณการจราจรที่ผ่านทางแยกประตูศรีตรังในแต่ละทิศทางของชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

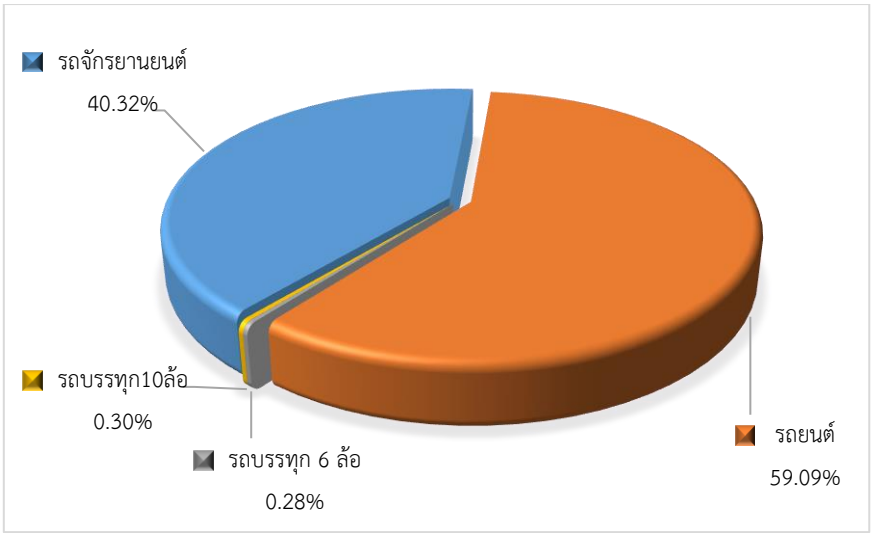
4.1.3 สัดส่วนยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีตรัง

ข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง ได้ถูกนำมาคำนวณสัดส่วนของยานพาหนะแต่ละประเภทที่ผ่านบริเวณทางแยก โดยแบ่งยานพาหนะออกเป็น 4 ประเภทหลัก คือ รถจักรยานยนต์ รถยนต์ รถบรรทุก 6 ล้อ และรถบรรทุก 10 ล้อ เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ต้องนำเข้าในแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ผลการคำนวณสัดส่วนของยานพาหนะในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4-6 และรูปที่ 4-7 ตามลำดับ



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-6 สัดส่วนยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีตรังในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า



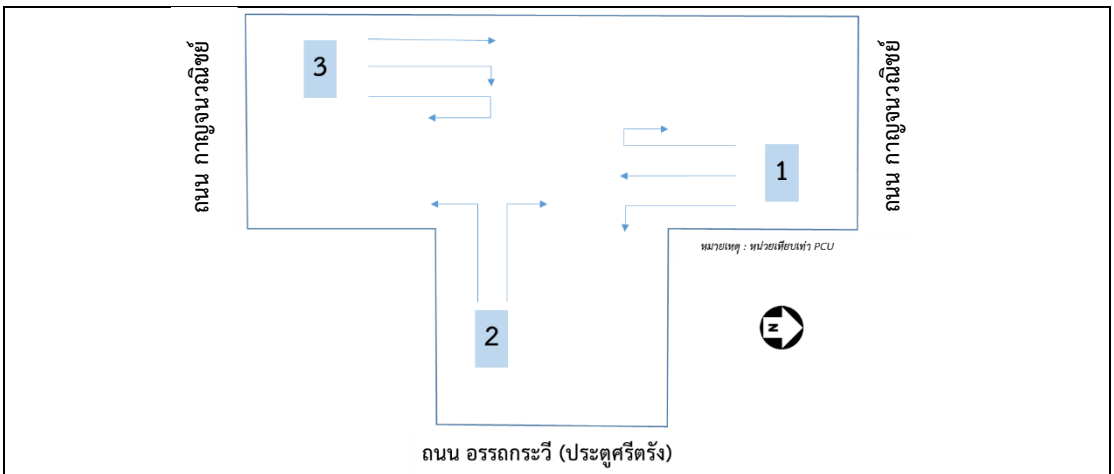
ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-7 สัดส่วนยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีตรังในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

4.1.4 ความเร็วของยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีตรัง

งานวิจัยนี้ได้สำรวจความเร็วของยานพาหนะทุกทิศทางที่ผ่านทางแยกประตูศรีตรัง เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการกำหนดค่าความเร็วของยานพาหนะในแต่ละทิศทางของกระแสจราจรในแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค โดยข้อมูลความเร็วที่ได้จากการสำรวจได้ถูกนำมาคำนวณหาค่าความถี่สะสมและเขียนกราฟการกระจายตัวของความเร็ว (ดังแสดงในภาคผนวก ข.) กราฟดังกล่าวจะทำให้ทราบค่าความเร็วเปอร์เซ็นไทล์ที่ 85 ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเร็วส่วนใหญ่ของยานพาหนะแต่ละประเภทที่สัญจรผ่านแต่ละทิศทางของบริเวณทางแยกนั้น ผลการสำรวจความเร็วของยานพาหนะในแต่ละทิศทางของบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง ดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ความเร็วเปอร์เซ็นไทล์ที่ 85 ของยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีตรัง



ประเภทยานพาหนะ	ทิศทาง 1			ทิศทาง 2		ทิศทาง 3		
	เลี้ยวซ้าย	ทางตรง	กลับรถ	เลี้ยวซ้าย	เลี้ยวขวา	ทางตรง	เลี้ยวขวา	กลับรถ
รถจักรยานยนต์	14.7	46.8	10.7	12.4	10.4	50.6	13.1	10.5
รถยนต์	15.0	51.3	11.6	11.3	11.6	47.7	12.5	11.1
รถบรรทุก 6 ล้อ	-	40.7	-	-	-	41.5	-	-
รถบรรทุก 10 ล้อ	-	37.5	-	-	-	38.2	-	-

ที่มา: ผู้วิจัย *หน่วย: กิโลเมตร/ชั่วโมง*

4.2 ปัญหาการจราจรและมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

จากผลการสำรวจบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง ให้ทราบถึงปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาการจราจรติดขัดและประเด็นความไม่ปลอดภัย โดยสามารถสรุปได้ในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ประเด็นปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา
1		รถที่มาจากแยกคอหงส์และต้องการไปถนนกาญจน-วณิชย์ซอย 17 ต้องมากลับรถที่บริเวณแยกประตูศรีตรัง ทำให้เกิดปัญหาจุดขัดแย้งและการจราจรติดขัดบริเวณทางแยก
2		ตรงบริเวณจุดกลับรถบนถนนกาญจนวณิชย์ ไม่มีช่องรอเลี้ยวสำหรับกลับรถ ทำให้กีดขวางกระแสจราจรของรถในเส้นทางตรง
3		รถที่ต้องการเลี้ยวซ้ายเข้ามหาวิทยาลัยติดแถวคอยอยู่บนถนนกาญจนวณิชย์ เพราะไม่มีช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้าย ทำให้กีดขวางกระแสจราจรทางตรงบนถนนกาญจน-วณิชย์

ที่มา: ผู้วิจัย

ตารางที่ 4-2 ประเด็นปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง (ต่อ)

ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา
4		ในช่วงเร่งด่วนเช้า รถเข้าประตูศรีตรังมีปริมาณมาก เกิดการจราจรติดขัด จนความยาวแถวคอยสะสมล้นออกสู่ถนนกาญจนวณิชย์
5		ในช่วงเร่งด่วนเย็นรถออกจากประตูศรีตรังมีปริมาณมากอีกทั้งปริมาณรถบนเส้นทางหลักมีมาก ส่งผลให้บริเวณทางแยกมีการจราจรติดขัดและมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ
6		พื้นที่ขัดแย้งบริเวณทางแยกระหว่างรถที่รอกลับรถบนถนนกาญจนวณิชย์กับรถที่ออกจากประตูศรีตรัง เป็นจุดเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ และเป็นจุดที่เกิดการจราจรติดขัด เนื่องจากขาดการจัดการจราจรที่เหมาะสม

ที่มา: ผู้วิจัย

ผลจากการสำรวจปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง จากตารางที่ 4-2 สามารถสรุปปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรังได้ 3 ประเด็นหลัก ดังนี้

ปัญหาที่ 1 จุดกลับรถบนถนนกาญจนวณิชย์

จุดกลับรถบนถนนกาญจนวณิชย์ ไม่มีช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวกลับรถ ทำให้กีดขวางกระแสจราจรของรถทางตรงและจุดกลับรถที่อยู่ตรงกลางบริเวณทางแยก อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุบริเวณทางแยกได้

ปัญหาที่ 2 ไม่มีช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายบนถนนกาญจนวณิชย์เพื่อเข้าประตูศรีตรัง

ในช่วงเร่งด่วนเช้า รถที่ต้องการเข้ามหาวิทยาลัยทางประตูศรีตรังมีปริมาณมาก ทำให้เกิดการจราจรติดขัดจนมีแถวคอยจากถนนอรรถกระวียาวไปจนถึงถนนกาญจนวณิชย์ กีดขวางกระแสจราจรทางตรงบนถนนกาญจนวณิชย์

ปัญหาที่ 3 พื้นที่ขัดแย้งบริเวณกลางทางแยกประตูศรีตรัง

ในช่วงเร่งด่วนเย็น รถที่ต้องการออกจากมหาวิทยาลัยตรงประตูศรีตรังมีปริมาณมาก อีกทั้งรถที่วิ่งบนถนนกาญจนวณิชย์มีปริมาณมาก รถบนถนนกาญจนวณิชย์ที่ต้องการเลี้ยวเพื่อกลับรถต้องชะลอความเร็ว ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าระหว่างรถทางตรงที่ตามหลังมาและรถที่ออกจากประตูศรีตรังที่ต้องการเลี้ยวขวาเพื่อตัดผ่านบริเวณทางแยก อาจเกิดการชนท้ายหรือเฉี่ยวชนได้ ส่งผลให้บริเวณทางแยกเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุในช่วงเร่งด่วนเย็นที่จราจรหนาแน่น

จากสภาพปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบต่อการจราจร นำมาสู่การเสนอมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง ซึ่งอ้างอิงแนวทางการปรับปรุงจากทฤษฎีการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกที่สรุปในหัวข้อที่ 2.4 ประกอบด้วย 4 มาตรการ ดังนี้

มาตรการที่ 1 การย้ายจุดกลับรถบนถนนกาญจนวณิชย์ด้านทิศเหนือ

การย้ายจุดกลับรถบนถนนกาญจนวณิชย์ด้านทิศเหนือ ขึ้นไปทางถนนกาญจนวณิชย์ ซอย 17 ห่างจากตำแหน่งจุดกลับรถเดิม 100 เมตร เพื่อลดปัญหาจุดขัดแย้งและการสะสมของรถที่ต้องการรอกลับรถรวมทั้งเพิ่มช่องจราจรสำหรับรอกลับรถ โดยกำหนดให้ช่องกลับรถมีความยาว 50 เมตร กว้าง 3.50 เมตร เพื่อเพิ่มความคล่องตัวและความปลอดภัยของรถในทิศทางตรงบนถนนกาญจนวณิชย์

มาตรการที่ 2 การเพิ่มช่องจราจรบนถนนกาญจนวณิชย์สำหรับรอเลี้ยวซ้ายเข้ามหาวิทยาลัย

การเพิ่มช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้ายเข้ามหาวิทยาลัย โดยเพิ่มช่องจราจรบนถนนกาญจนวณิชย์ด้านทิศเหนือสำหรับรอเลี้ยวซ้ายเข้าประตูศรีตรัง โดยมีระยะความยาว 50 เมตร กว้าง 3.50 เมตร เพื่อให้รถเลี้ยวซ้ายเข้ามหาวิทยาลัยได้อย่างสะดวกและปลอดภัย และเพิ่มช่องจราจรเร่ง

ความเร็วบนถนนกาญจนวณิชย์ มีระยะความยาว 50 เมตร กว้าง 3.50 เมตร เพื่อให้รถที่เลี้ยวซ้ายออกจากประตูศรีตรังได้ทำความเร็วก่อนเข้าร่วมกับกระแสจราจรหลักบนถนนกาญจนวณิชย์

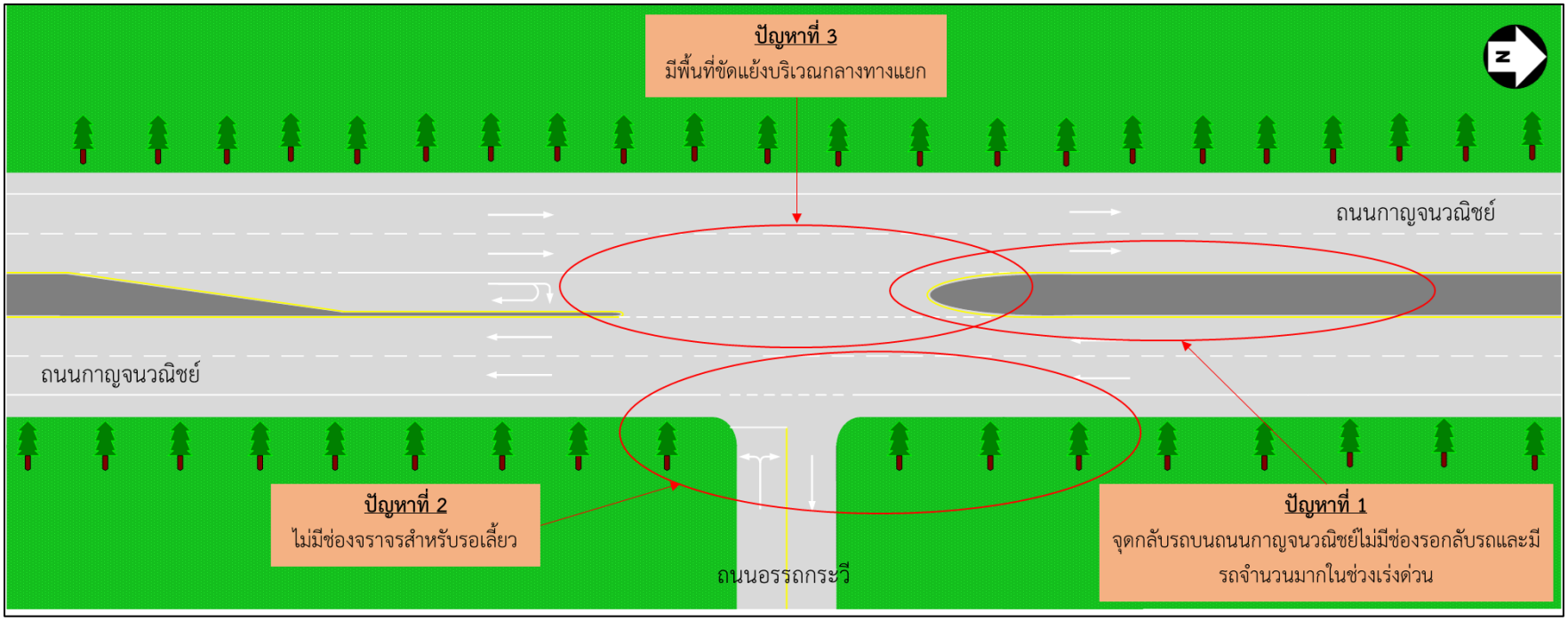
มาตรการที่ 3 การจัดการพื้นที่ขัดแย้งบริเวณกลางทางแยก

การจัดการพื้นที่ขัดแย้งบริเวณกลางทางแยก เพื่อลดจุดขัดแย้งบริเวณกลางทางแยก โดยเพิ่มเกาะหรือเส้นเพื่อแบ่งช่องจราจรของแต่ละทิศทางที่ตัดผ่านทางแยกให้ชัดเจน ซึ่งจะช่วยเพิ่มความปลอดภัยของรถที่เลี้ยวขวาออกจากประตูศรีตรังและรถที่สัญจรผ่านบริเวณทางแยก

มาตรการที่ 4 การรวมทุกมาตรการ

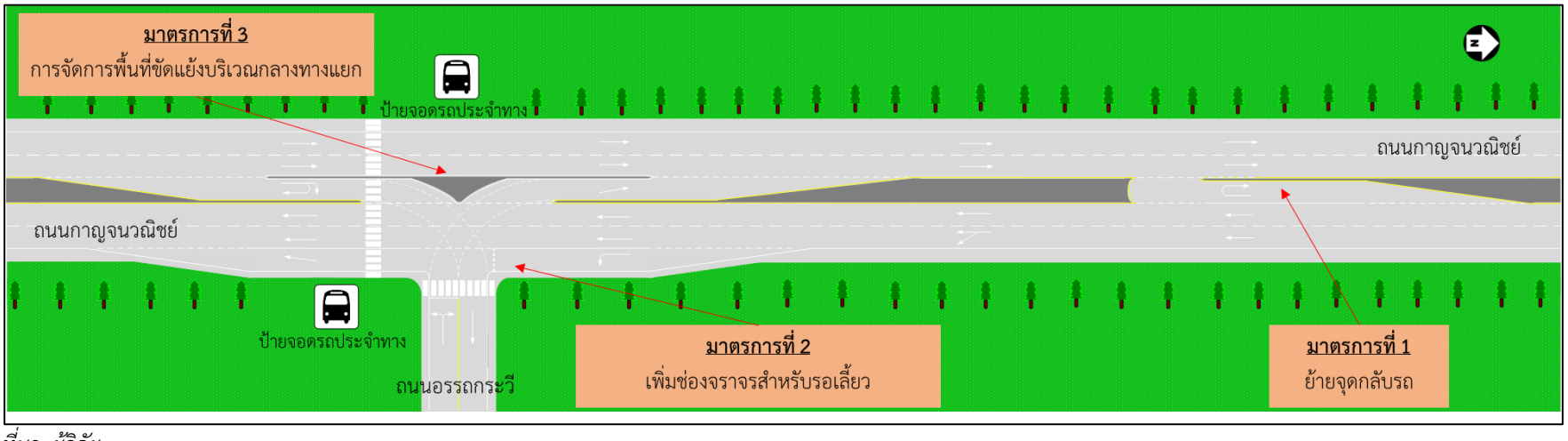
การรวมทุกมาตรการ ตั้งแต่มาตรการที่ 1 ถึงมาตรการที่ 3 เพื่อตรวจสอบว่าประสิทธิภาพสูงสุดในการเดินทางผ่านทางแยกมีความปลอดภัยหรือไม่

ผู้วิจัยได้เขียนรูปภาพเปรียบเทียบลักษณะกายภาพบริเวณทางแยกก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง โดยปัญหาการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรังในปัจจุบันแสดงดังรูปที่ 4-8 ส่วนมาตรการที่นำเสนอเพื่อจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรังแสดงดังรูปที่ 4-9



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-8 ปัญหาการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรังในปัจจุบัน

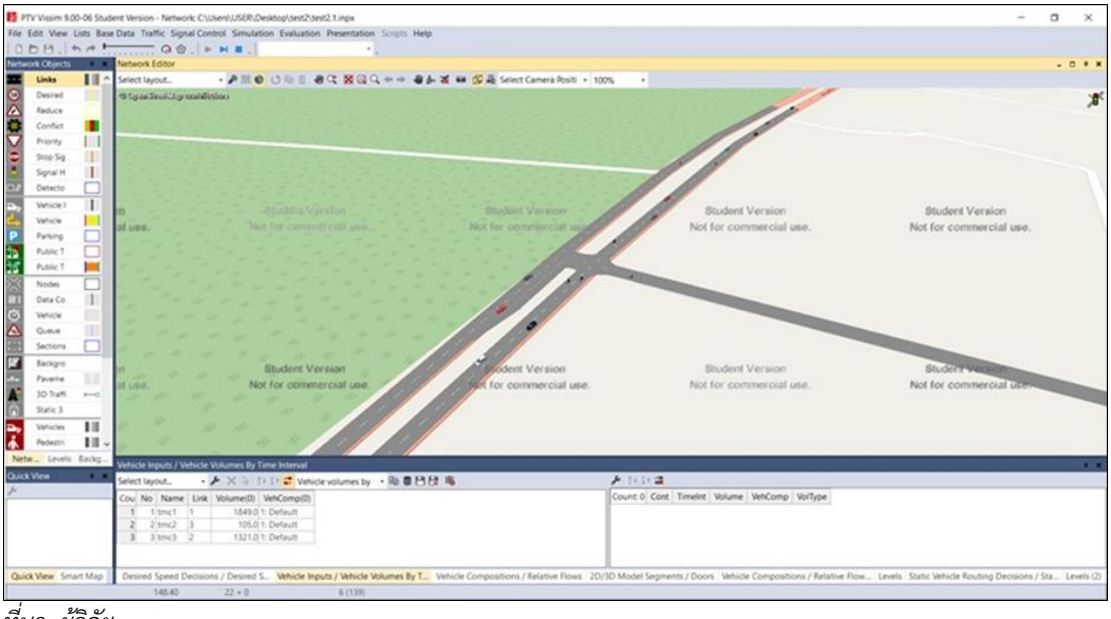


ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-9 มาตรการที่เสนอเพื่อจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

4.3 ผลการพัฒนาแบบจำลองและการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

งานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม VISSIM ในการวิเคราะห์สภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง โดยพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน (แบบจำลองฐาน) และได้นำข้อมูลจากการสำรวจข้อมูลภาคสนาม ประกอบด้วย ลักษณะทางกายภาพ ปริมาณยานพาหนะ สัดส่วนยานพาหนะ สัดส่วนการเคลื่อนที่แต่ละทิศทางของยานพาหนะ ความเร็วของยานพาหนะ รวมถึงพฤติกรรมในการขับขี่ มาประกอบในการสร้างโครงข่ายเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพจริงมากที่สุด



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-10 แบบจำลองสภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรังในปัจจุบัน

4.3.1 ผลการปรับเทียบแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

การปรับเทียบแบบจำลอง ผู้วิจัยได้ปรับเทียบปริมาณการจราจรในแบบจำลองให้มีความใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด สำหรับการศึกษานี้ได้นำข้อมูลปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าที่สำรวจได้จากภาคสนามเป็นข้อมูลสำหรับการปรับเทียบแบบจำลอง โดยเปรียบเทียบผลต่างระหว่างปริมาณจราจรที่ได้จากแบบจำลองกับปริมาณจราจรที่ได้จากการสำรวจข้อมูลภาคสนาม หากผลจากการเปรียบเทียบแบบจำลองมี ค่า GEH ไม่เกิน 5 ถือว่าแบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลภาคสนาม นอกจากนี้ยังใช้เกณฑ์ปรับเทียบของ Wisconsin DOT ผลการปรับเทียบแบบจำลองแสดงในตารางที่ 4-3 และตารางที่ 4-4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-3 ผลการปรับเทียบแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ GEH

ถนน	ทิศทางการจราจร	ปริมาณจราจรจาก		ความแตกต่าง		GEH	ผลการปรับเทียบแบบจำลอง
		การสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	แบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)	คัน/ชั่วโมง	ร้อยละ		
กาญจนวณิชย์ (ทิศเหนือ)	เลี้ยวซ้าย	641	632	9	1%	0.36	ผ่าน
	ทางตรง	1,794	1,777	17	1%	0.40	ผ่าน
	กลับรถ	62	58	4	7%	0.52	ผ่าน
อรรถกระวี	เลี้ยวซ้าย	44	35	9	26%	1.43	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	113	108	5	5%	0.48	ผ่าน
กาญจนวณิชย์ (ทิศใต้)	ทางตรง	1,786	1,793	10	1%	0.24	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	34	35	1	3%	0.17	ผ่าน
	กลับรถ	6	7	1	14%	0.39	ผ่าน
เฉลี่ย				7	7%	0.50	ผ่าน

ที่มา: ผู้วิจัย

ตารางที่ 4-4 ผลการปรับเทียบแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ Wisconsin DOT

ถนน	ทิศทางการจราจร	ปริมาณจราจรจาก		ความแตกต่าง (คัน/ชั่วโมง)	หลักเกณฑ์ (คัน/ชั่วโมง)	เกณฑ์ประเมิน	% ความแตกต่าง	ผลการปรับเทียบแบบจำลอง
		การสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	แบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)					
กาญจนวณิชย์ (ทิศเหนือ)	เลี้ยวซ้าย	641	632	9	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	1.40%	ผ่าน
	ทางตรง	1,794	1,777	17	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	0.95%	ผ่าน
	กลับรถ	62	58	4	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	6.45%	ผ่าน
อรรถกระวี	เลี้ยวซ้าย	44	35	9	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	20.45%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	113	108	5	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	4.42%	ผ่าน
กาญจนวณิชย์ (ทิศใต้)	ทางตรง	1,786	1,793	10	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	0.56%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	34	35	1	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	2.94%	ผ่าน
	กลับรถ	6	7	1	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	16.67%	ผ่าน
เฉลี่ย							6.73%	ผ่าน

ที่มา: ผู้วิจัย

จากตารางที่ 4-3 พบว่า แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 7 และค่า GEH เฉลี่ยอยู่ที่ 0.50 ส่วนเกณฑ์ปรับเทียบ Wisconsin DOT (ตารางที่ 4-4) มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 6.73 กล่าวคือ แบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลภาคสนามและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เมื่อเทียบกับข้อมูลปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า

4.3.2 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

หลังจากปรับเทียบแบบจำลองแล้ว ต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองอีกครั้ง โดยเปลี่ยนข้อมูลปริมาณจราจรในเวลาเร่งด่วนเช้าเป็นปริมาณจราจรในเวลาเร่งด่วนเย็น และตรวจสอบว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับสถานการณ์จริง ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองดังแสดงในตารางที่ 4-5 และตารางที่ 4-6

จากตารางที่ 4-5 พบว่า ผลที่ได้จากแบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 7 และค่า GEH เฉลี่ยอยู่ที่ 0.41 ส่วนเกณฑ์ปรับเทียบ Wisconsin DOT (ตารางที่ 4-6) มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 7.55 กล่าวคือ แบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลภาคสนามและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เมื่อเทียบกับข้อมูลปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

ตารางที่ 4-5 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ GEH

ถนน	ทิศทางการจราจร	ปริมาณจราจรจาก		ความแตกต่าง		GEH	ผลการตรวจสอบแบบจำลอง
		การสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	แบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)	คัน/ชั่วโมง	ร้อยละ		
กาญจนวณิชย์ (ทิศเหนือ)	เลี้ยวซ้าย	302	304	2	1%	0.11	ผ่าน
	ทางตรง	1,627	1,622	5	0%	0.12	ผ่าน
	กลับรถ	69	65	4	6%	0.49	ผ่าน
อรรถกระวี	เลี้ยวซ้าย	46	49	3	6%	0.44	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	268	250	18	7%	1.12	ผ่าน
กาญจนวณิชย์ (ทิศใต้)	ทางตรง	2,283	2,273	10	0%	0.21	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	15	16	1	6%	0.25	ผ่าน
	กลับรถ	3	4	1	25%	0.53	ผ่าน
เฉลี่ย				6	7%	0.41	ผ่าน

ที่มา: ผู้วิจัย

ตารางที่ 4-6 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ Wisconsin DOT

ถนน	ทิศทางการจราจร	ปริมาณจราจรจาก		ความแตกต่าง (คัน/ชั่วโมง)	หลักเกณฑ์ (คัน/ชั่วโมง)	เกณฑ์ประเมิน	% ความแตกต่าง	ผลการปรับเทียบแบบจำลอง
		การสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	แบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)					
กาญจนวณิชย์ (ทิศเหนือ)	เลี้ยวซ้าย	302	304	2	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	0.66%	ผ่าน
	ทางตรง	1,627	1,622	5	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	0.31%	ผ่าน
	กลับรถ	69	65	4	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	5.80%	ผ่าน
อรรถกระวี	เลี้ยวซ้าย	46	49	3	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	6.52%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	268	250	18	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	6.72%	ผ่าน
กาญจนวณิชย์ (ทิศใต้)	ทางตรง	2,283	2,273	10	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	0.44%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	15	16	1	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	6.67%	ผ่าน
	กลับรถ	3	4	1	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	33.33%	ผ่าน
เฉลี่ย							7.55%	ผ่าน

ที่มา: ผู้วิจัย

4.3.3 ผลการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

การวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง ได้แบ่งออกเป็น 5 แบบจำลอง ประกอบด้วย

1) แบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน (แบบจำลองฐาน)

แบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน คือ แบบจำลองที่คล้ายคลึงกับสภาพการจราจรในปัจจุบันมากที่สุด เพื่อเป็นแบบจำลองฐานในการวิเคราะห์หาคุณลักษณะของการจราจรในสภาพปัจจุบัน

2) แบบจำลองมาตรการที่ 1 การย้ายจุดกลับรถบนถนนกาญจนวณิชย์ด้านทิศเหนือ

แบบจำลองมาตรการที่ 1 ได้ย้ายตำแหน่งจุดกลับรถเดิมลงมาทางทิศเหนือขึ้นไปทางถนนกาญจนวณิชย์ซอย 17 ห่างจากตำแหน่งจุดกลับรถเดิม 100 เมตร เพื่อลดปัญหาการสะสมของรถที่ต้องการรอกลับรถบริเวณทางแยกประตูศรีตรังและเพิ่มช่องจราจรสำหรับรอกลับรถเพื่อเพิ่มความคล่องตัวและความปลอดภัยของรถในทิศทางตรงบนถนนกาญจนวณิชย์

3) แบบจำลองมาตรการที่ 2 การเพิ่มช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้ายเข้ามหาวิทยาลัยฯ

แบบจำลองมาตรการที่ 2 ได้เพิ่มช่องจราจรบนถนนกาญจนวณิชย์สำหรับรอเลี้ยวซ้ายเข้าประตูศรีตรัง โดยมีระยะความยาว 50 เมตร กว้าง 3.50 เมตร เพื่อให้รถที่เลี้ยวซ้ายเข้ามหาวิทยาลัยฯได้อย่างสะดวกและปลอดภัย และเพิ่มช่องจราจรเร่งความเร็ว มีระยะความยาว 50 เมตร กว้าง 3.50 เมตร บนถนนกาญจนวณิชย์ เพื่อให้รถที่เลี้ยวซ้ายออกจากประตูศรีตรังได้ทำความเร็วก่อนเข้าร่วมกับกระแสจราจรหลักบนถนนกาญจนวณิชย์

4) แบบจำลองมาตรการที่ 3 การจัดการพื้นที่ขัดแย้งบริเวณกลางทางแยก

แบบจำลองมาตรการที่ 3 จัดกระแสจราจรบริเวณกลางทางแยกโดยเพิ่มเกาะกลางกั้นกลางทางแยกและแบ่งช่องจราจรของแต่ละทิศทางที่ตัดผ่านทางแยกให้ชัดเจน ช่วยเพิ่มความปลอดภัยของรถที่ออกจากประตูศรีตรัง

5) แบบจำลองมาตรการที่ 4 การรวมทุกมาตรการ

แบบจำลองมาตรการที่ 4 คือการรวมทุกมาตรการตั้งแต่มาตรการที่ 1-3

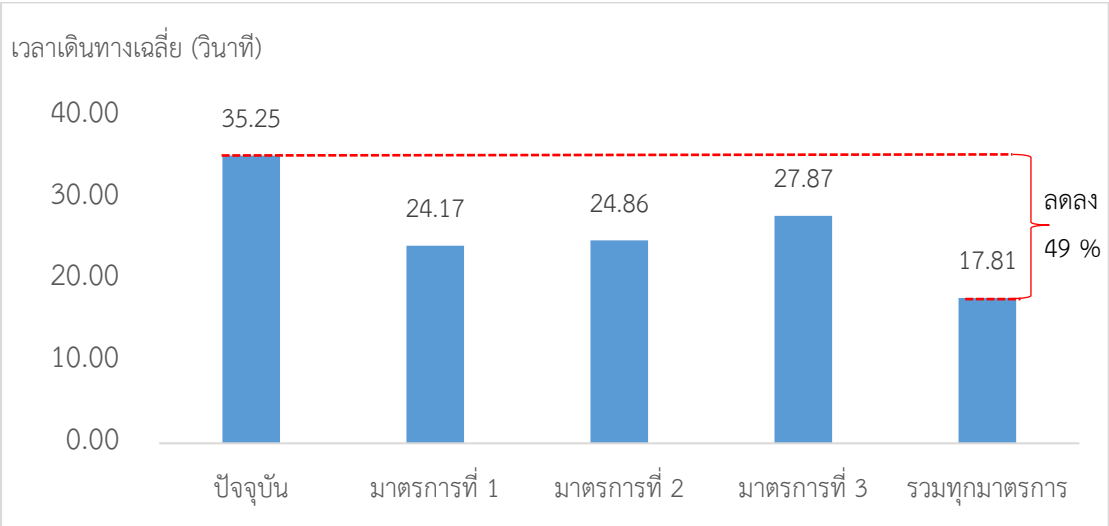
ผลจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจราจรโดยพิจารณาถนนแต่ละสายบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง แบ่งออกเป็น 3 สายหลัก ประกอบด้วย 1) ถนนกาญจนวณิชย์จากทิศเหนือ 2) ถนนอรรถกระวี และ 3) ถนนกาญจนวณิชย์จากทิศใต้ ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจราจรโดยพิจารณาถนนแต่ละสายบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

มาตรการ	ถนน	เวลาในการเดินทาง (วินาที)	ความแตกต่าง		ความล่าช้า (วินาที/คัน)	ความแตกต่าง		ความยาวแถวคอย (เมตร)	ความแตกต่าง	
			วินาที	ร้อยละ		วินาที/คัน	ร้อยละ		วินาที/คัน	ร้อยละ
ปัจจุบัน	กาญจนวณิชย์ ทิศเหนือ	29.78	-	-	12.19	-	-	22.01	-	-
	อรรถกระวี	343.80	-	-	311.52	-	-	172.54	-	-
	กาญจนวณิชย์ ทิศใต้	14.63	-	-	0.90	-	-	0.03	-	-
มาตรการที่ 1	กาญจนวณิชย์ ทิศเหนือ	17.47	12.31	41.34	2.75	9.45	77.48	1.14	20.88	94.84
	อรรถกระวี	283.31	60.49	17.60	303.63	7.89	2.53	171.41	1.13	0.65
	กาญจนวณิชย์ ทิศใต้	14.57	0.06	0.43	0.75	0.14	16.01	0.00097	0.03	97.07
มาตรการที่ 2	กาญจนวณิชย์ ทิศเหนือ	19.95	9.83	33.01	7.37	4.82	39.57	9.10	12.91	58.65
	อรรถกระวี	273.55	70.25	20.43	282.80	28.72	9.22	170.73	1.81	1.05
	กาญจนวณิชย์ ทิศใต้	14.25	0.38	2.59	0.44	0.46	51.21	0.01	0.03	84.47
มาตรการที่ 3	กาญจนวณิชย์ ทิศเหนือ	17.10	12.68	42.57	3.44	8.75	71.76	3.86	18.15	82.44
	อรรถกระวี	159.67	184.13	53.56	84.89	226.62	72.75	168.85	3.69	2.14
	กาญจนวณิชย์ ทิศใต้	14.35	0.29	1.95	0.81	0.08	9.46	0.00058	0.03	98.24
รวมทุกมาตรการ	กาญจนวณิชย์ ทิศเหนือ	15.90	13.88	46.62	3.57	8.62	70.70	0.02	21.99	99.89
	อรรถกระวี	30.21	313.59	91.21	65.00	246.51	79.13	41.46	131.09	75.97
	กาญจนวณิชย์ ทิศใต้	14.19	0.45	3.06	0.53	0.36	40.64	0.00038	0.03	98.86

จากตารางที่ 4-7 พบว่า มาตรการที่ 1 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรบนถนนกาญจนวณิชย์จากทิศเหนือได้ ซึ่งการย้ายจุดกลับรถบนถนนกาญจนวณิชย์ด้านทิศเหนือ ทำให้การสัญจรของยานพาหนะในทิศทางตรงและยานพาหนะที่รอกลับรถบนถนนกาญจนวณิชย์ด้านทิศเหนือมีความคล่องตัวมากขึ้น และมาตรการที่ 2 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรบนถนนกาญจนวณิชย์ด้านทิศเหนือได้ ซึ่งการเพิ่มช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้ายเข้ามหาวิทยาลัยฯ ทำให้การสัญจรของยานพาหนะในทิศทางตรงและยานพาหนะที่รอเลี้ยวซ้ายเข้ามหาวิทยาลัยฯมีความคล่องตัวมากขึ้น และมาตรการที่ 3 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรบนถนนอรรถกระวีได้ ซึ่งการจัดการพื้นที่ขัดแย้งบริเวณกลางทางแยก ทำให้ยานพาหนะที่เลี้ยวขวาออกจากมหาวิทยาลัยฯมีความคล่องตัวมากขึ้น ส่วนการรวมทุกมาตรการสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรของถนนแต่ละสายได้มากที่สุด ซึ่งการรวมทุกมาตรการเข้าด้วยกัน ทำให้ยานพาหนะที่สัญจรบนถนนแต่ละสายมีความคล่องตัวรวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรังได้มากที่สุด

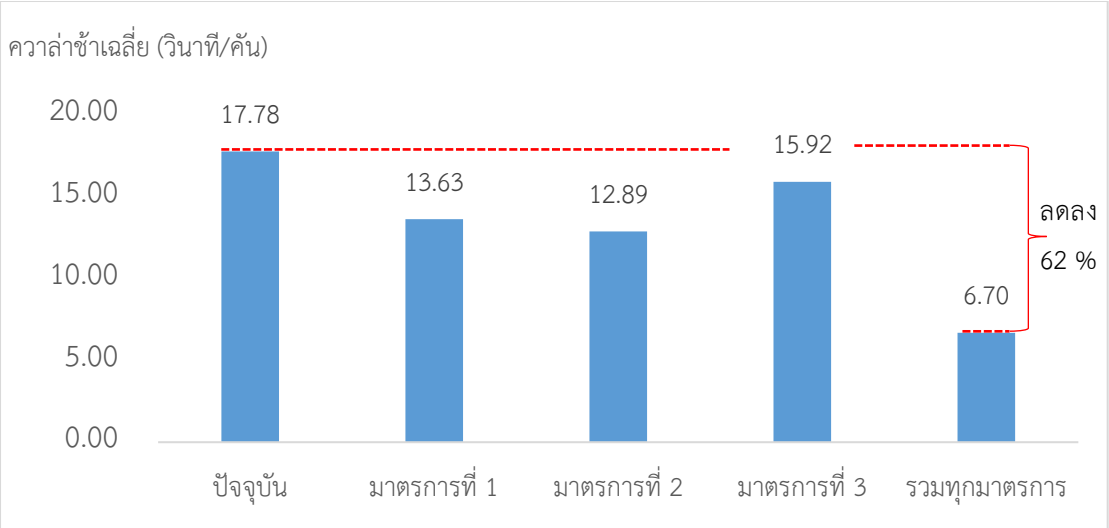
ในส่วนของผลจากการวิเคราะห์แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคของภาพรวมบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง สามารถสรุปผลตัวชี้วัด ประกอบด้วยเวลาในการเดินทาง ความล่าช้า และความยาวแถวคอย และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบแต่ละมาตรการ ดังแสดงในรูปที่ 4-11 ถึงรูปที่ 4-13 ตามลำดับ



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-11 การเปรียบเทียบเวลาเดินทางเฉลี่ย

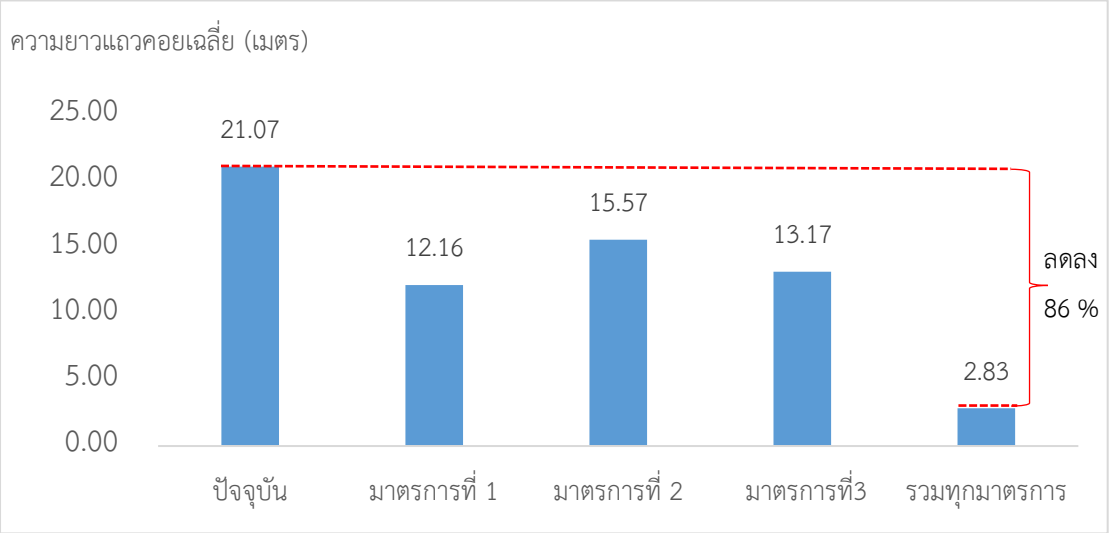
จากรูปที่ 4-11 พบว่า ทุกมาตรการที่นำเสนอสามารถลดเวลาเดินทางเฉลี่ยของบริเวณทางแยกประตูศรีตรังได้ โดยเฉพาะการรวมทุกมาตรการสามารถลดเวลาเดินทางเฉลี่ยบริเวณทางแยกประตูศรีตรังได้มากที่สุดถึงร้อยละ 49



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-12 การเปรียบเทียบความล่าช้าเฉลี่ย

จากรูปที่ 4 12 พบว่า ทุกมาตรการที่นำเสนอสามารถลดความล่าช้าเฉลี่ยของบริเวณทางแยกประตูศรีตรังได้ โดยเฉพาะการรวมทุกมาตรการสามารถลดความล่าช้าเฉลี่ยบริเวณทางแยกประตูศรีตรังได้มากที่สุดถึงร้อยละ 62



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-13 การเปรียบเทียบความยาวแถวคอยเฉลี่ย

จากรูปที่ 4-13 พบว่า ทุกมาตรการที่นำเสนอสามารถลดความยาวแถวคอยเฉลี่ยของบริเวณทางแยกประตูศรีตรังได้ โดยเฉพาะการรวมทุกมาตรการสามารถลดความยาวแถวคอยเฉลี่ยบริเวณทางแยกประตูศรีตรังได้มากที่สุดถึงร้อยละ 86

เมื่อพิจารณาทุกดัชนีตัวชี้วัดดังตารางที่ 4-8 พบว่า ทุกมาตรการสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางผ่านบริเวณทางแยกประตูศรีตรังได้ โดยเปรียบเทียบจากตัวชี้วัด ความล่าช้า เวลาในการเดินทางและความยาวแถวคอย เมื่อเทียบกับแบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบันและมาตรการในการจัดการจราจรที่ได้เสนอ พบว่า การรวมมาตรการทุกมาตรการ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางผ่านบริเวณทางแยกได้ดีที่สุดจากทุกดัชนีตัวชี้วัด

จากการวิเคราะห์การจัดการจราจรของทางแยกประตูศรีตรัง สรุปได้ว่า ทุกมาตรการสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางผ่านบริเวณทางแยกประตูศรีตรังจากสภาพการจราจรในปัจจุบัน เปรียบเทียบจากตัวชี้วัด ความล่าช้า เวลาในการเดินทางและความยาวแถวคอย โดยมาตรการที่ 1 ที่ได้เสนอการย้ายตำแหน่งจุดกลับรถ สามารถลดเวลาในการเดินทางลงได้ 31% ลดความล่าช้าเฉลี่ยลงได้ 23% และลดความยาวแถวคอยลงได้ 42% จากมาตรการที่ได้เสนอไปทำให้รถที่วิ่งในทิศทางตรงบนถนนกาญจนวณิชย์มีความคล่องตัวมากขึ้น ลดปัญหาความขัดแย้งจากรถที่ชะลอเพื่อรอกลับรถ ส่วนมาตรการที่ 2 ซึ่งเป็นการเพิ่มช่องจราจรบนถนนกาญจนวณิชย์สำหรับรอเลี้ยวซ้ายเข้าประตูศรีตรัง สามารถลดเวลาในการเดินทางลงได้ 29% ลดความล่าช้าเฉลี่ยลงได้ 28% และลดความยาวแถวคอยลงได้ 26% จากมาตรการนี้ทำให้รถที่วิ่งในทิศทางตรงบนถนนกาญจน-วณิชย์มีความคล่องตัวมากขึ้น และลดความขัดแย้งจากรถที่ชะลอเพื่อเลี้ยวซ้ายเข้าประตูศรีตรัง สำหรับมาตรการที่ 3 การจัดการพื้นที่ขัดแย้งบริเวณกลางทางแยก โดยเพิ่มเกาะหรือเส้นเพื่อแบ่งช่องจราจรของแต่ละทิศทางที่ตัดผ่านทางแยกให้ชัดเจน สามารถลดเวลาในการเดินทางลงได้ 21% ลดความล่าช้าเฉลี่ยลงได้ 10% และลดความยาวแถวคอยลงได้ 37% จากมาตรการนี้ช่วยเพิ่มความคล่องตัวและเพิ่มความปลอดภัยให้กับรถที่เลี้ยวขวาออกจากประตูศรีตรัง ส่วนมาตรการที่ 4 การรวมทุกมาตรการ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการเดินทางผ่านทางแยกได้ดีที่สุด โดยสามารถลดเวลาในการเดินทางลงได้ 49% ลดความล่าช้าเฉลี่ยลงได้ 62% และลดความยาวแถวคอยลงได้ 86% ดังนั้น การรวมทุกมาตรการ มีความเหมาะสมที่สุดในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

ตารางที่ 4-8 ตัวชี้วัดความแตกต่างของแบบจำลองแต่ละมาตรการในการจัดการจราจรระดับจุลภาคบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

แบบจำลอง	เวลาในการเดินทางเฉลี่ย (วินาที)	ความแตกต่าง		ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที/คัน)	ความแตกต่าง		ความยาวแถวคอยเฉลี่ย (เมตร)	ความแตกต่าง	
		วินาที	ร้อยละ		วินาที/คัน	ร้อยละ		เมตร	ร้อยละ
1. สภาพปัจจุบัน	35.25	-	-	17.78	-	-	21.07	-	-
2. มาตรการที่ 1	24.17	11.08	31%	13.63	4.15	23%	12.16	8.91	42%
3. มาตรการที่ 2	24.86	10.39	29%	12.89	4.89	28%	15.57	5.5	26%
4. มาตรการที่ 3	27.87	7.39	21%	15.92	1.86	10%	13.17	7.9	37%
5. การรวมทุกมาตรการ	17.81	17.44	49%	6.70	11.08	62%	2.89	18.18	86%

ที่มา: ผู้วิจัย

4.4 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์จากการดำเนินมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

ผลจากการวิเคราะห์มาตรการการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง แต่ละมาตรการสามารถลดปัญหาการจราจรลงได้ แต่ในทางปฏิบัติแล้ว หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของทางแยกอาจมีข้อจำกัดด้านงบประมาณ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้วิเคราะห์ต้นทุน ผลประโยชน์รวมทั้งวิเคราะห์หาสัดส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนของแต่ละมาตรการที่ได้นำเสนอ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.4.1 การวิเคราะห์ต้นทุน

การวิเคราะห์ต้นทุนเป็นการประมาณค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงในแต่ละมาตรการของการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรังที่ได้นำเสนอ โดยคำนวณเนื้องานในแต่ละมาตรการ (รายละเอียดนำเสนอในภาคผนวก ง.) และอ้างอิงราคากลางจาก สำนักกรมทางหลวงชนบทที่ 12 จังหวัดสงขลา พ.ศ. 2561 เพื่ออ้างอิงราคาในการก่อสร้าง ผลจากการประมาณต้นทุนของแต่ละมาตรการ (หน่วยเป็นบาท) แสดงดังตารางที่ 4-9

ในตารางที่ 4-9 การวิจัยนี้ได้กำหนดอายุของการใช้งานของแต่ละมาตรการไว้ที่ 5 ปี และอัตราส่วนลดที่ 12% ต่อปี (สำหรับหน่วยงานราชการและรัฐวิสาหกิจ) และนำค่าดังกล่าวมาคำนวณค่า Annuity Factor ได้เท่ากับ 3.60 บาท/ปี จากนั้นนำค่า Annuity Factor ที่ได้ไปคำนวณหาสัดส่วนของเงินลงทุนแต่ละปีในอนาคตจากเงินลงทุนปีปัจจุบันดังแสดงในตารางที่ 4-11 อย่างไรก็ตาม การคำนวณค่าต้นทุนดังกล่าว เป็นเพียงการประมาณการจากผู้วิจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสัดส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนเบื้องต้นเท่านั้น หากจะนำไปใช้อ้างอิง ควรศึกษาต้นทุนโดยละเอียดอีกครั้ง

ตารางที่ 4-9 ต้นทุนการปรับปรุงบริเวณทางแยกประตูศรีตรังของแต่ละมาตรการจำแนกตามประเภทงาน

ประเภทงาน	มาตรการที่ 1	มาตรการที่ 2	มาตรการที่ 3	รวมทุกมาตรการ
1. งานรื้อถอนต่าง ๆ	25,374	15,682	24,057	65,112
2. งานคันหิน	34,309	-	92,572	126,882
3. งานทางเท้า	-	-	-	-
4. งานแอสฟัลต์คอนกรีต	114,154	384,587	95,677	594,418
5. งานเครื่องหมายจราจร	26,310	52,173	80,364	158,847
รวม	200,147	452,441	292,670	945,259

ที่มา: ผู้วิจัย *หน่วยเป็นบาท*

4.4.2 การวิเคราะห์ผลประโยชน์

การคำนวณผลประโยชน์จากมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรังของแต่ละมาตรการ ผู้วิจัยได้พิจารณาผลประโยชน์จากเวลาในการเดินทางและความล่าช้าที่ลดลง โดยเปรียบเทียบค่าปัจจุบันกับค่าหลังดำเนินการในแต่ละมาตรการ ซึ่งเขียนความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 4-1

$$\text{ผลประโยชน์ของการปรับปรุง (บาท)} = VOT_t(TTT_{\text{ปัจจุบัน}} - TTT_{\text{มีมาตรการ}}) + VOT_w(TWT_{\text{ปัจจุบัน}} - TWT_{\text{มีมาตรการ}})$$

สมการที่ 4-1

โดย VOT_t = มูลค่าของเวลาในการเดินทาง (บาท/นาที)

VOT_w = มูลค่าของเวลาในการรอรถ (บาท/นาที)

TTT = เวลาทั้งหมดในการเดินทางผ่านบริเวณทางแยก (วินาที)

TWT = เวลาทั้งหมดในการรอรถบริเวณทางแยก (วินาที)

สำหรับค่า VOT_t และ VOT_w ในงานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ค่าจากผลการศึกษาของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย (2557) ซึ่งได้ศึกษามูลค่าของเวลาในการเดินทางและมูลค่าของเวลาในการรอรถในพื้นที่ของจังหวัดสงขลา รายละเอียดสรุปดังตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 มูลค่าของเวลาในการเดินทางและมูลค่าของเวลาในการรอรถ

ประเภทยานพาหนะ	มูลค่าเวลาในการเดินทาง (บาท/นาที)	มูลค่าเวลาในการรอรถ (บาท/นาที)
รถจักรยานยนต์	0.783	1.528
รถยนต์	0.890	1.536
รถบัส	0.890	1.536
รถบรรทุก	0.890	0.000348*

ที่มา: การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (2557) **หน่วยเป็น บาท/นาที-ตัน-กิโลเมตร*

4.4.3 การวิเคราะห์หาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน

การวิเคราะห์หาอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนแต่ละปี สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4-2 และผลที่ได้แต่ละมาตรการแสดงดังตารางที่ 4-11

$$\text{อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน} = \frac{\text{ผลประโยชน์หลังปรับปรุง} - \text{ผลประโยชน์ก่อนปรับปรุง}}{\text{ต้นทุนในการปรับปรุง}}$$

สมการที่ 4-2

จากตารางที่ 4-11 พบว่า อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนแต่ละปีของมาตรการที่ 1 มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับที่ 1 โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 5.22 รองลงมาคือ มาตรการที่ 2 โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 2.39 และการรวมทุกมาตรการ มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับที่ 3 โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 2.23 ส่วนมาตรการที่ 3 มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับสุดท้าย โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 2.06

จากการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ สรุปได้ว่า อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนแต่ละปี จากมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง มาตรการที่ 1 มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับที่ 1 อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลประโยชน์จากการปรับปรุงแล้วการรวมทุกมาตรการให้ผลประโยชน์มากที่สุด ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้ ต้นทุนมีผลต่อการเลือกลำดับในการปรับปรุง เนื่องจากการรวมทุกมาตรการ ใช้งบประมาณในการปรับปรุงค่อนข้างสูง ดังนั้นการปรับปรุงการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรังนั้นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการปรับปรุงที่อาจมีข้อจำกัดด้านงบประมาณสามารถเลือกลำดับการปรับปรุงตามที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ข้างต้น แต่หากหน่วยงานไม่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ อาจเลือกตามลำดับของผลประโยชน์ที่ได้รับในแต่ละมาตราเพื่อปรับปรุงการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรังให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ 4-11 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนจากมาตรการการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

มาตรการในการจัดการจราจร	ประโยชน์จากเวลาในการเดินทางเฉลี่ยที่ลดลง (วินาที/คัน)	ประโยชน์จากความล่าช้าเฉลี่ยที่ลดลง (วินาที/คัน)	ผลประโยชน์จากเวลาในการเดินทางและความล่าช้าที่ลดลง (บาท/ปี)	ต้นทุนค่าก่อสร้าง		สัดส่วนผลประโยชน์ต่อทุน	ความเหมาะสมของการลงทุน
				ตลอด 5 ปี (บาท)	เฉลี่ยต่อปี (บาท/ปี)		
สภาพปัจจุบัน	-	-	-	-	-	-	
มาตรการที่ 1	11.08	4.15	290,155	200,147	55,596	5.22	1
มาตรการที่ 2	10.39	4.89	300,238	452,441	125,678	2.39	2
มาตรการที่ 3	7.38	1.86	167,767	292,670	81,297	2.06	4
การรวมทุกมาตรการ	17.44	11.08	584,941	945,259	262,572	2.23	3

ที่มา: ผู้วิจัย

บทที่ 5
ผลการศึกษาการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

บทนี้นำเสนอผลการศึกษาการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 ส่วนหลักประกอบด้วย ผลการศึกษาสภาพการจราจรบริเวณทางแยก ปัญหาการจราจรและมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยก ผลการพัฒนาแบบจำลองและการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยก รวมทั้งผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์จากการดำเนินมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยก โดยมีรายละเอียดแต่ละส่วนดังนี้

5.1 ผลการศึกษาสภาพการจราจรและข้อมูลทั่วไปบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

ผู้วิจัยได้สำรวจ ลักษณะทางกายภาพบริเวณประตูสงขลานครินทร์ และศึกษาปริมาณจราจรบริเวณทางแยก สัดส่วนยานพาหนะ ความเร็วของยานพาหนะที่ผ่านทางแยกประตูสงขลานครินทร์ และจังหวะของสัญญาณไฟจราจร โดยมีผลการศึกษาดังนี้

5.1.1 ลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

บริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีลักษณะเป็น 4 แยก (ดังรูปที่ 5-1) เกิดจากถนนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ตัดกับถนนกาญจนวณิชย์และถนนศุภสารรังสรรค์ มีการควบคุมการจราจรบริเวณทางแยกด้วยสัญญาณไฟจราจร แบบ 4 จังหวะ มีปริมาณการจราจรสูงสุดในชั่วโมงเร่งด่วน 4,750 PCU/ชั่วโมง และมีรอบสัญญาณไฟจราจรเท่ากับ 226 วินาที (ข้อมูลสำรวจเมื่อวันจันทร์ที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2560)

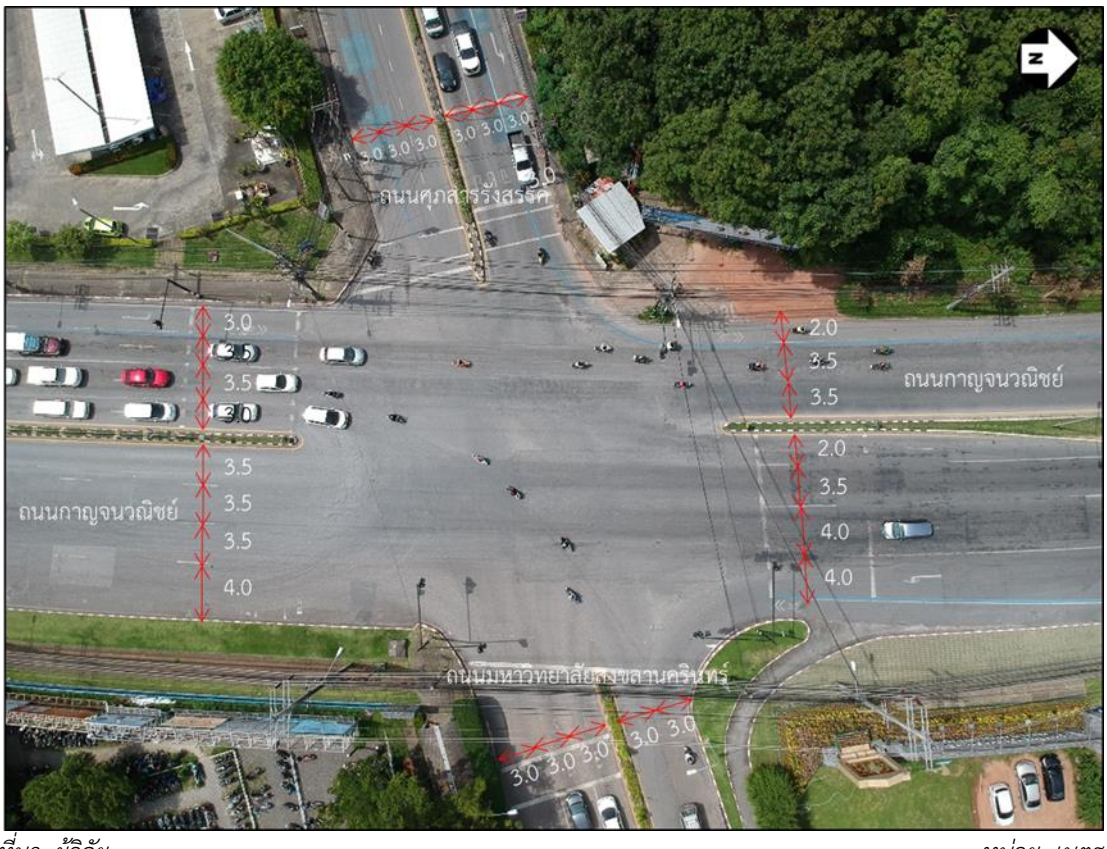
ถนนกาญจนวณิชย์ฝั่งทางทิศเหนือ มีช่องจราจรในช่วงทางแยกจำนวน 6 ช่องจราจร แบ่งเป็น 4 ช่องจราจรมุ่งหน้าทางทิศใต้ และ 2 ช่องจราจรมุ่งหน้าทางทิศเหนือ โดยช่องจราจรที่มุ่งหน้าทางทิศใต้ ประกอบด้วยช่องรอเลี้ยวซ้ายเข้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ กว้าง 4.00 เมตร ยาว 40 เมตร สามารถเลี้ยวซ้ายได้ตลอดเมื่อปลอดภัย ช่องทางตรง 2 ช่องจราจร กว้างช่องละ 4.00 เมตร และ 3.50 เมตร ตามลำดับ และช่องสำหรับเลี้ยวขวา กว้าง 2.00 เมตร ยาว 30.00 เมตร ในส่วนของช่องจราจรที่มุ่งหน้าทางทิศเหนือ มีช่องจราจร 2 ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.50 เมตร ไหล่ทางกว้าง 2.00 เมตร ผิวจราจรบนถนนกาญจนวณิชย์ฝั่งทางทิศเหนือเป็นแบบแอสฟัลต์คอนกรีตทั้งหมด

ถนนกาญจนวณิชย์ฝั่งทางทิศใต้ มีช่องจราจรในช่วงทางแยกจำนวน 8 ช่องจราจร แบ่งเป็น 4 ช่องจราจรในแต่ละทิศทาง โดยช่องจราจรที่มุ่งหน้าทางทิศเหนือ ประกอบด้วยช่องจราจรสำหรับเลี้ยวซ้ายโดยเฉพาะ 1 ช่องจราจร กว้าง 3.00 เมตร และช่องทางตรง 2 ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.50 เมตร และช่องจราจรสำหรับเลี้ยวขวาและกลับรถ กว้าง 3.50 เมตร ยาว 110.00 เมตร ใน

ส่วนของช่องจราจรที่มุ่งหน้าทางทิศใต้ ประกอบด้วย ช่องทางตรงจำนวน 3 ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.50 เมตร และช่องเลี้ยวซ้าย เข้าโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ กว้าง 4.00 เมตร ผิวจราจรบนถนนกาญจนวณิชย์ฝั่งทางทิศใต้เป็นแบบแอสฟัลต์คอนกรีตทั้งหมด

ถนนศุภสารรังสรรค์ มีช่องจราจรในช่วงทางแยกจำนวน 6 ช่องจราจร แบ่งเป็น 3 ช่องจราจรมุ่งหน้าทางทิศตะวันออก และ 3 ช่องจราจรมุ่งหน้าทางทิศตะวันตก โดยช่องจราจรที่มุ่งหน้าทางทิศตะวันออก ประกอบด้วย ช่องทางเฉพาะเลี้ยวซ้าย 1 ช่องจราจร กว้าง 3.00 เมตร และช่องเฉพาะทางตรง 1 ช่องจราจร กว้าง 3.00 เมตร และช่องทางเลี้ยวขวาและสามารถใช้เป็นทางตรงได้ 1 ช่องจราจร กว้าง 3.00 เมตร มีเกาะกลางคอนกรีตยกระดับ กว้าง 0.70 เมตร ในส่วนของช่องจราจรที่มุ่งหน้าทางทิศตะวันตก ประกอบด้วย ช่องทางตรง 3 ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.00 เมตร ผิวจราจรบนถนนศุภสารรังสรรค์เป็นแบบแอสฟัลต์คอนกรีตทั้งหมด และมีทางเท้าคอนกรีตยกระดับกว้าง 2.00 เมตร ตลอดความยาวทั้งสองทิศทาง

ถนนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีช่องจราจร 6 ช่องจราจร โดยแบ่งเป็นในทิศทางเข้ามหาวิทยาลัยมี 2 ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.00 เมตร และมีช่องจราจรขาเข้าสำหรับจักรยานยนต์ที่มาจากถนนกาญจนวณิชย์ฝั่งทางทิศเหนือ 1 ช่องจราจร กว้าง 1.70 เมตร ในส่วนของขาออกมหาวิทยาลัยมีช่องจราจร 3 ช่องจราจร เป็นช่องทางตรง 1 ช่องจราจร กว้าง 3.00 เมตร และมีช่องสำหรับเลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนกาญจนวณิชย์ทางทิศเหนือและเป็นช่องทางตรงเข้าสู่ถนนศุภสารรังสรรค์ได้ 1 ช่องจราจร กว้าง 3.00 เมตร และช่องสำหรับเฉพาะเลี้ยวซ้ายเข้าสู่ถนนกาญจนวณิชย์ฝั่งทางทิศใต้ 1 ช่องจราจร กว้าง 3.00 เมตร และมีเกาะกลางคอนกรีตกว้าง 1.00 เมตร เป็นตัวแบ่งทิศทางจราจร ผิวจราจรบนถนนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์เป็นแบบถนนคอนกรีตทั้งหมด

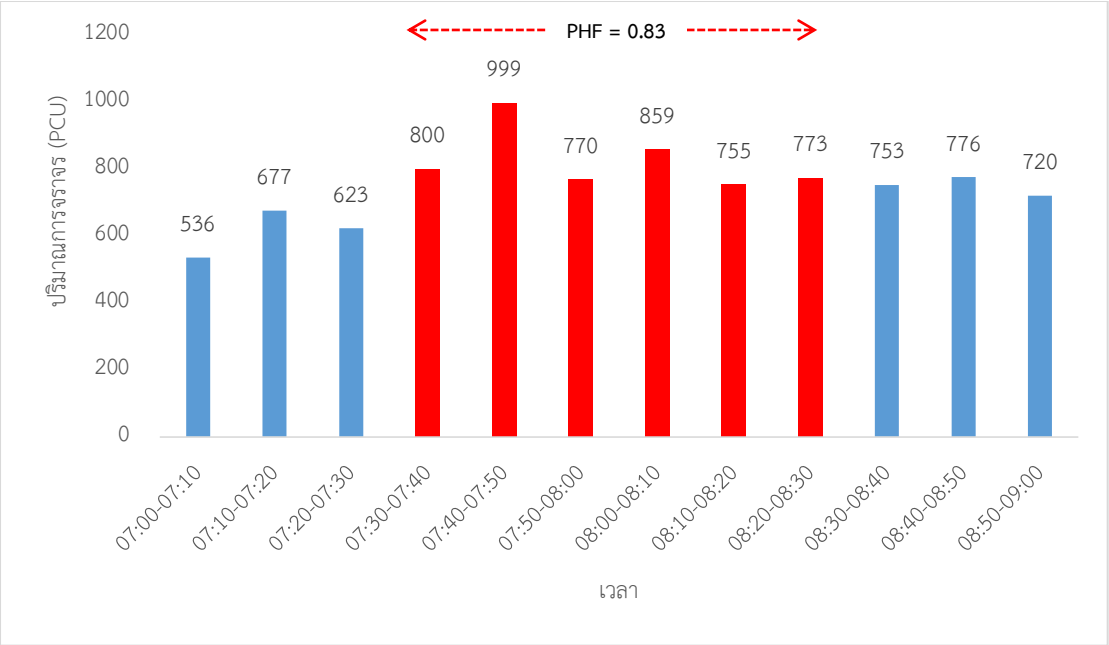


ที่มา: ผู้วิจัย *หน่วย: เมตร*

รูปที่ 5-1 บริเวณทางแยกประตูมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

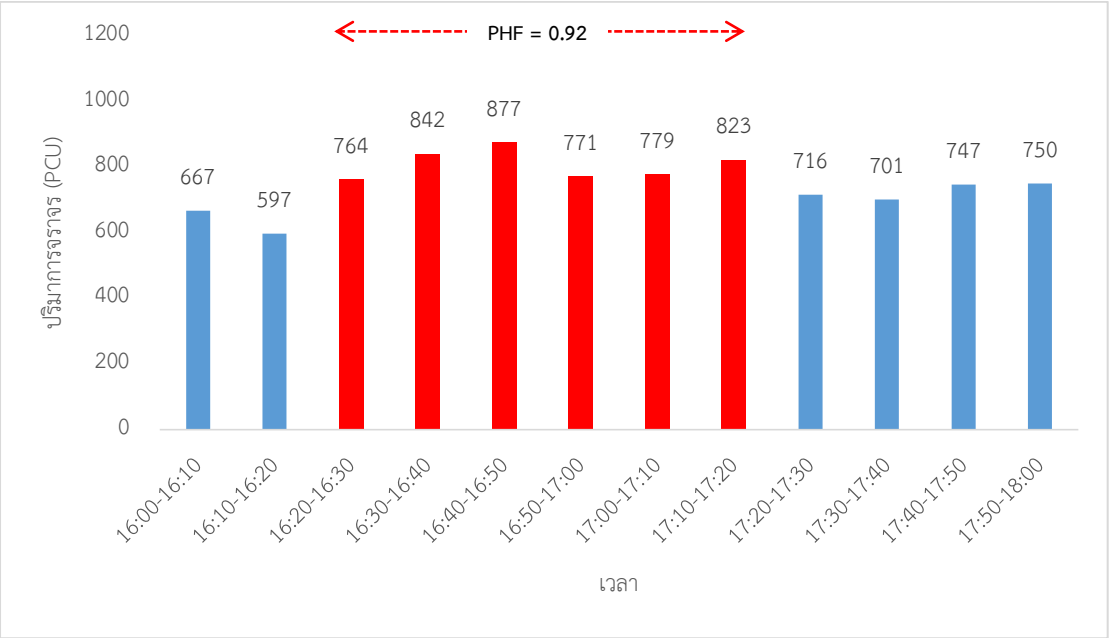
5.1.2 ปริมาณการจราจรที่สัญจรผ่านทางแยกประตูสงขลานครินทร์

จากผลการสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ ของวันจันทร์ที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2560 ช่วงเร่งด่วนเช้า 07:00-09:00 น. (ดังรูปที่ 5-2) มีปริมาณการจราจรสูงสุดในชั่วโมงเร่งด่วน 07:30-8:30 น. เท่ากับ 4,956 PCU คำนวณได้ค่า PHF เท่ากับ 0.83 และช่วงเร่งด่วนเย็น 16:00-18:00 น. มีปริมาณการจราจรสูงสุดในชั่วโมงเร่งด่วน 16:20-17:20 น. เท่ากับ 4,855 PCU คำนวณได้ค่า PHF เท่ากับ 0.92 (ดังรูปที่ 5-3) ในส่วนของปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทางของชั่วโมงเร่งด่วนเช้าแสดงในรูปที่ 5-4 และปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทางของชั่วโมงเร่งด่วนเย็น แสดงในรูปที่ 5-5



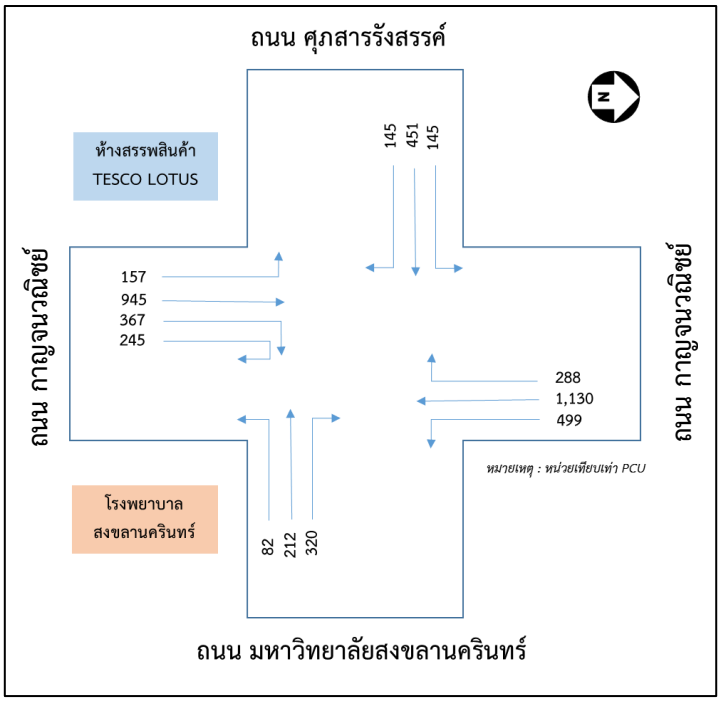
ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 5-2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ช่วงเร่งด่วนเช้า



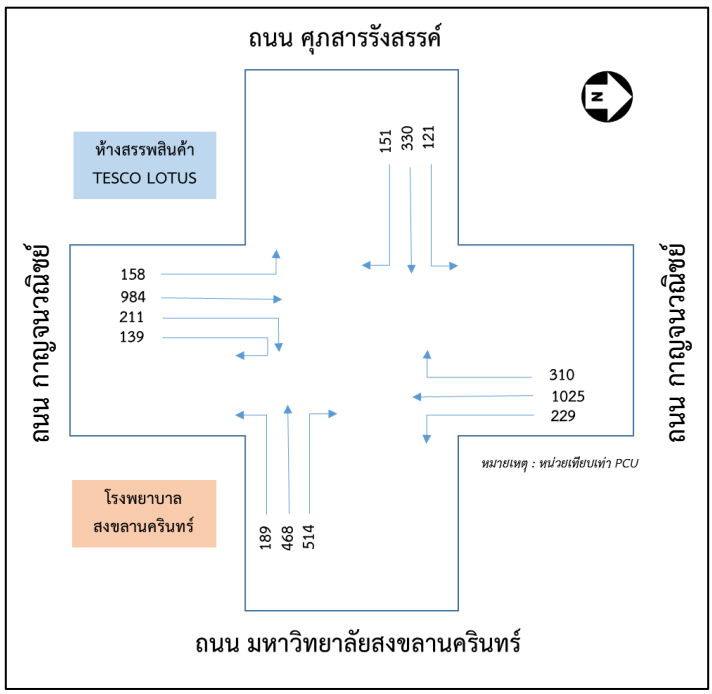
ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 5-3 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ช่วงเร่งด่วนเย็น



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 5-4 ปริมาณการจราจรที่ผ่านทางแยกประตูสงขลานครินทร์ในแต่ละทิศทางของชั่วโมงเร่งด่วนเช้า

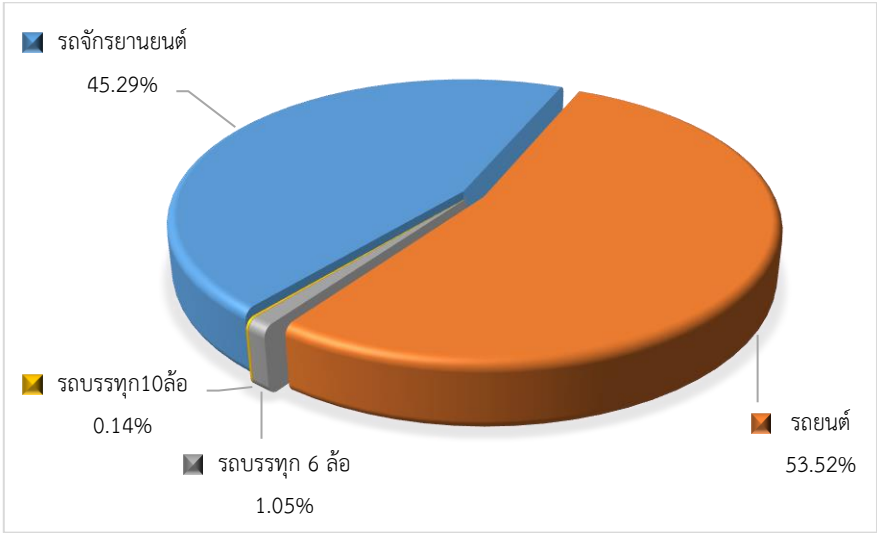


ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 5-5 ปริมาณการจราจรที่ผ่านทางแยกประตูสงขลานครินทร์ในแต่ละทิศทางของชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

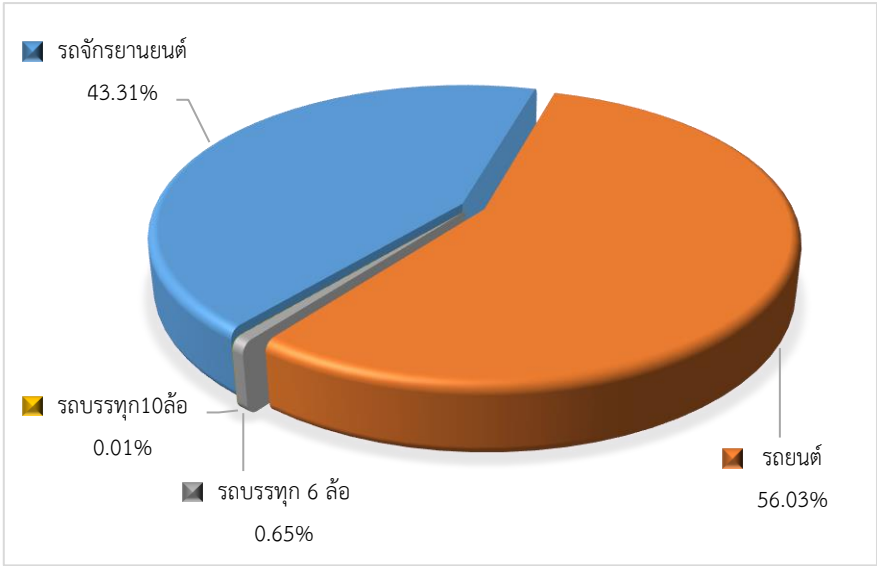
5.1.3 สัดส่วนยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูสงขลานครินทร์

ข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ ได้ถูกนำมาคำนวณสัดส่วนของยานพาหนะแต่ละประเภทที่ผ่านบริเวณทางแยก โดยแบ่งยานพาหนะออกเป็น 4 ประเภทหลัก คือ รถจักรยานยนต์ รถยนต์ รถบรรทุก 6 ล้อ และรถบรรทุก 10 ล้อ เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ต้องนำเข้าในแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ผลการคำนวณสัดส่วนของยานพาหนะในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 5-6 และรูปที่ 5-7 ตามลำดับ



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 5-6 สัดส่วนยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูสงขลานครินทร์ในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า



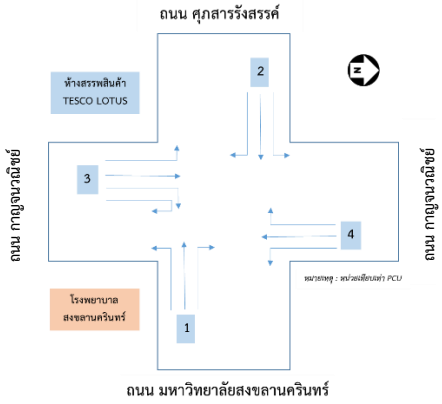
ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 5-7 สัดส่วนยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูสงขลานครินทร์ในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

5.1.4 ความเร็วของยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูสงขลานครินทร์

งานวิจัยนี้ได้สำรวจความเร็วของยานพาหนะทุกทิศทางที่ผ่านทางแยกประตูสงขลานครินทร์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการกำหนดค่าความเร็วของยานพาหนะในแต่ละทิศทางของกระแสจราจรในแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค โดยข้อมูลความเร็วที่ได้จากการสำรวจได้ถูกนำมาคำนวณหาค่าความถี่สะสมและเขียนกราฟการกระจายตัวของความเร็ว (ดังแสดงในภาคผนวก ข.) กราฟดังกล่าวจะทำให้ทราบค่าความเร็วเปอร์เซ็นไทล์ที่ 85 ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเร็วส่วนใหญ่ของยานพาหนะที่สัญจรผ่านแต่ละทิศทางของบริเวณทางแยกนั้น ผลการสำรวจความเร็วของยานพาหนะในแต่ละทิศทางของบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ ดังแสดงในตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 ความเร็วเปอร์เซ็นไทล์ที่ 85 ของยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูสงขลานครินทร์

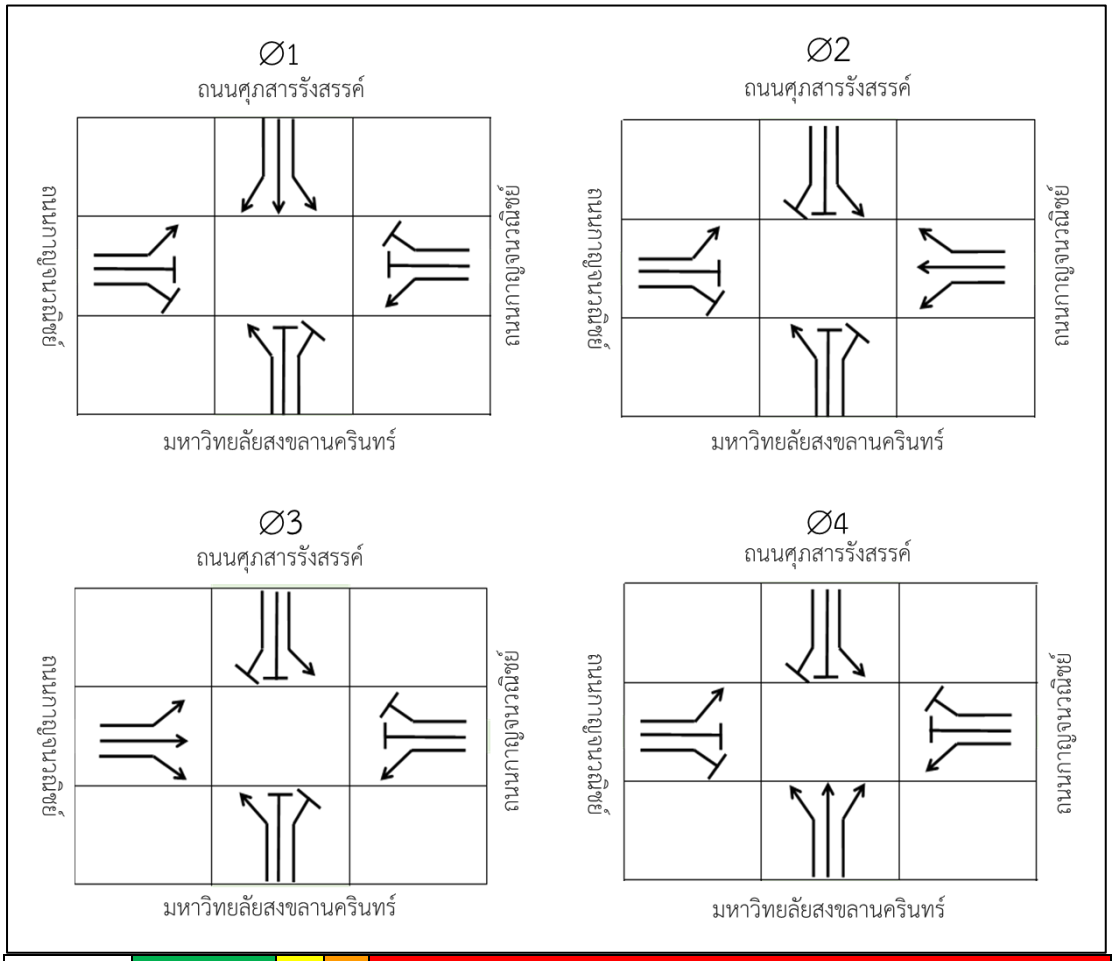


ประเภทยานพาหนะ	ทิศทาง 1			ทิศทาง 2		
	เลี้ยวซ้าย	ทางตรง	เลี้ยวขวา	เลี้ยวซ้าย	ทางตรง	เลี้ยวขวา
รถจักรยานยนต์	15.7	35.8	27.7	15.0	34.2	27.5
รถยนต์	15.5	40.2	26.5	40.0	37.5	30.5
รถบรรทุก 6 ล้อ	20.5	30.0	20.5	26.5	26.5	26.5
รถบรรทุก 10 ล้อ	-	-	-	21.6	-	-
ประเภทยานพาหนะ	**ทิศทาง 3**			**ทิศทาง 4**		
	เลี้ยวซ้าย	**ทางตรง**	**เลี้ยวขวา**	**เลี้ยวซ้าย**	**ทางตรง**	**เลี้ยวขวา**
รถจักรยานยนต์	28.0	34.0	31.5	25.0	44.0	30.0
รถยนต์	31.8	41.0	29.0	20.5	37.5	27.5
รถบรรทุก 6 ล้อ	21.5	31.0	21.5	15.0	31.0	15.8
รถบรรทุก 10 ล้อ	21.5	32.0	-	-	32.0	16.5

ที่มา: ผู้วิจัย *หน่วย: กิโลเมตร/ชั่วโมง*

5.1.5 จังหวะสัญญาณไฟจราจรของทางแยกประตูมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

จากการสำรวจจังหวะสัญญาณไฟจราจรในแต่ละทิศทาง ของทางแยกประตูสงขลานครินทร์ พบว่า มีการควบคุมสัญญาณไฟจราจรเป็นแบบ 4 จังหวะ และมีรอบสัญญาณไฟจราจรรวม 226 วินาที ส่วนเวลาของสัญญาณไฟจราจรในแต่ละทิศทางแสดงดังรูปที่ 5-8



∅1	ไฟเขียว 36	2	2						
∅2				ไฟเขียว 61	2	2			
∅3							ไฟเขียว 65	3	2
∅4								ไฟเขียว 46	3	2
	226 วินาที								

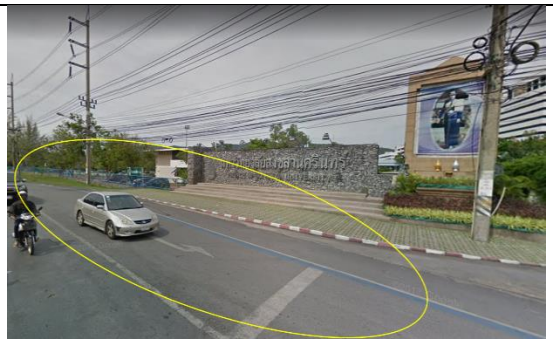
ที่มา: ผู้วิจัย *หน่วย: วินาที*

รูปที่ 5-8 สัญญาณไฟจราจรของทางแยกประตูมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

5.2 ปัญหาการจราจรและมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

จากผลการสำรวจบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ ให้ทราบถึงปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาการจราจรติดขัดและประเด็นความไม่ปลอดภัย โดยสามารถสรุปได้ในตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 ประเด็นปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา
1		ช่องจราจรบนถนนกาญจนวณิชย์ฝั่งทิศเหนือสำหรับเลี้ยวขวามีสั้นและแคบ ไม่สอดคล้องกับปริมารการจราจรและขนาดของยานพาหนะ
2		ช่องจราจรบนถนนกาญจนวณิชย์ฝั่งทิศเหนือสำหรับเลี้ยวซ้ายเข้ามหาวิทยาลัยฯสั้น ไม่สอดคล้องกับปริมาณการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน
3		เกาะบริเวณทางเข้าประตูมหาวิทยาลัยฯมีขนาดใหญ่ ทำให้เสียขนาดของพื้นที่ช่องจราจรจนเกิดปัญหาการจราจรติดขัดในชั่วโมงเร่งด่วน

ที่มา: ผู้วิจัย

ตารางที่ 5-2 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ (ต่อ)

ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา
4		ทิศทางและลูกศรบอกทิศทางบริเวณช่องจราจรบนถนนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ไม่ชัดเจน สร้างความสับสนและเข้าใจผิดในการเลือกใช้ช่องจราจร
5		เสาไฟฟ้าบนถนนศุภสาร-รังสรรค์ที่อยู่ติดกับไหล่ทางอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ถนน และทำให้พื้นที่สัญจรบนถนนน้อยลง
6		ปริมาณรถจักรยานยนต์กับขนาดพื้นที่สำหรับหยุดรอสัญญาณไฟจราจรไม่สอดคล้องกัน
7		ทางเข้าออกโรงพยาบาลสงขลานครินทร์มีพื้นที่ขัดแย้ง อาจทำให้รถทางตรงและรถที่ต้องการเลี้ยวซ้ายเข้าโรงพยาบาลสงขลานครินทร์เฉี่ยวชนกันได้

ที่มา: ผู้วิจัย

จากผลการสำรวจปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ (ตารางที่ 5-2) สามารถสรุปปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกสงขลานครินทร์ได้ 4 ประเด็นหลัก ดังนี้

ปัญหาที่ 1 ช่องจราจรเลี้ยวขวาและเลี้ยวซ้ายบนถนนกาญจนวณิชย์ฝั่งทางทิศเหนือและเกาะบริเวณทางเข้ามหาวิทยาลัยฯ

ช่องจราจรสำหรับเลี้ยวขวาบนถนนกาญจนวณิชย์มีระยะสั่นและแคบเกินไป ไม่สอดคล้องกับปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน และช่องจราจรสำหรับเลี้ยวซ้ายเข้ามหาวิทยาลัยฯที่มีระยะสั่นเกินไปไม่คลอดคล้องกับปริมาณจราจรที่ต้องการเลี้ยวซ้ายในชั่วโมงเร่งด่วน อีกทั้งเกาะขนาดใหญ่บริเวณทางเข้าประตูมหาวิทยาลัยฯซึ่งทำให้เสียพื้นที่ของช่องจราจร ทำให้เกิดความล่าช้าในการเดินทางและปัญหาแถวคอยสะสมที่ส่งผลกระทบต่อกระแสจราจรทางตรง

ปัญหาที่ 2 เส้นระบุช่องจราจรบนถนนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ไม่ชัดเจน

ช่องจราจรบนถนนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์มี 3 ช่อง คือ ช่องเลี้ยวซ้าย 1 ช่อง ช่องทางตรง 1 ช่องและช่องเลี้ยวขวาร่วมกับทางตรงอีก 1 ช่อง แต่เส้นจราจรไม่ระบุให้ชัดเจน ทำให้เกิดความสับสนในการเลือกช่องทาง และเมื่อถึงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเย็น รถที่ต้องการออกจากถนนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์มีปริมาณมาก จึงเกิดการจราจรติดขัด ทำให้รถที่จอดรอสัญญาณไฟจราจรมีความยาวแถวคอยสะสมมากและเกิดความล่าช้าในการเดินทาง

ปัญหาที่ 3 จำนวนช่องจราจรบนถนนศุภสารรังสรรค์ไม่เหมาะสม

ในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า รถในทิศทางตรงเข้าสู่ถนนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์มีปริมาณมาก แต่ช่องจราจรในปัจจุบันไม่คลอดคล้องกับปริมาณรถ ทำให้รถที่จอดรอสัญญาณไฟจราจรมีความยาวแถวคอยสะสมมากและเกิดความล่าช้าในการเดินทาง

ปัญหาที่ 4 ช่องหยุดรอสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ไม่เพียงพอ

ปริมาณของรถจักรยานยนต์กับพื้นที่หยุดรอสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ไม่สัมพันธ์กัน ทำให้เกิดความไม่เป็นระเบียบของกระแสจราจรและอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุในลักษณะชนท้ายหรือการชนด้านข้างได้

จากสภาพปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบต่อการจราจร นำมาสู่การเสนอมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ ซึ่งอ้างอิงแนวทางการปรับปรุงจากทฤษฎีการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกที่สรุปในหัวข้อที่ 2.4 ประกอบด้วย 4 มาตรการ ดังนี้

มาตรการที่ 1 การขยายช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาของถนนกาญจนวณิชย์ฝั่งทางทิศเหนือ

การปรับปรุงโดยขยายความกว้างของช่องจราจรสำหรับรถเลี้ยวขวาให้มีขนาด 3.00 เมตร (จากความกว้างเดิม 2.00 เมตร) เพิ่มความยาวเป็น 50 เมตร และเพิ่มความยาวของช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้ายเพื่อเข้าประตูมหาวิทยาลัยฯเป็น 50 เมตร อีกทั้งลดขนาดเกาะบริเวณทางเข้าประตูสงขลานครินทร์เพื่อเพิ่มขนาดช่องจราจรในการเลี้ยวเข้ามหาวิทยาลัยฯ ให้สอดคล้องกับปริมาณรถในชั่วโมงเร่งด่วนและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางผ่านทางแยก

มาตรการที่ 2 การเพิ่มช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้ายของถนนมหาวิทยาลัย-สงขลานครินทร์

การเพิ่มช่องจราจรบนถนนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ฝั่งขาออกสำหรับรอเลี้ยวซ้ายเพื่อออกจากมหาวิทยาลัยฯ โดยมีความกว้าง 3.00 เมตร และความยาว 50 เมตร เพื่อให้รถทางตรงและเลี้ยวขวามีช่องจราจรเพิ่มขึ้น 1 ช่อง ช่วยลดปัญหาแถวคอยที่สะสมมากในชั่วโมงเร่งด่วน และควรปรับบริเวณจุดตั้งฉากของทางออกประตูโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ให้มีช่องเบี่ยงเพื่อให้รถที่ออกจากโรงพยาบาลสงขลานครินทร์เลี้ยวซ้ายเข้าเส้นทางหลังบนถนนกาญจนวณิชย์ได้อย่างปลอดภัย

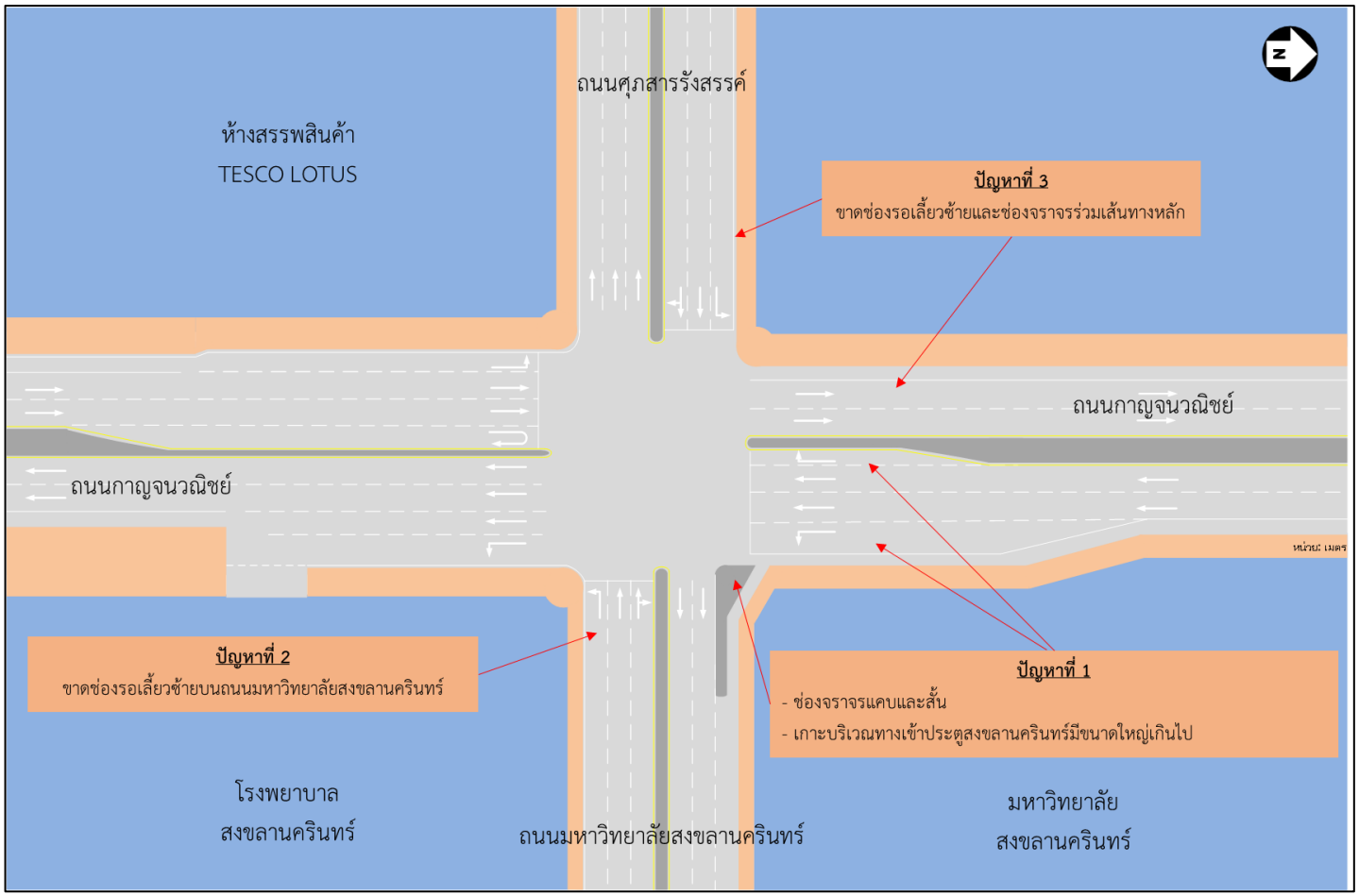
มาตรการที่ 3 การเพิ่มช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้ายของถนนศุภสารรังสรรค์

การเพิ่มช่องรอเลี้ยวซ้ายบนถนนศุภสารรังสรรค์ โดยมีความกว้าง 3.00 เมตร และมีความยาว 50 เมตร เพื่อเพิ่มช่องจราจรในทิศตรงเข้าสู่ประตูสงขลานครินทร์ และเพิ่มช่องจราจรร่วมเส้นทางหลักบนถนนกาญจนวณิชย์ โดยมีความกว้าง 3.00 เมตร ความยาว 50 เมตร เพื่อให้รถที่เลี้ยวซ้ายจากถนนศุภสารรังสรรค์ได้เข้าร่วมกับกระแสจราจรหลักบนถนนกาญจนวณิชย์ และปรับปรุงช่องหยุดรอสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ ให้มีความยาว 6 เมตร เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและจัดระเบียบในการหยุดรอของรถจักรยานยนต์บริเวณทางแยกเพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณรถในชั่วโมงเร่งด่วนและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางผ่านทางแยก

มาตรการที่ 4 การรวมทุกมาตรการ

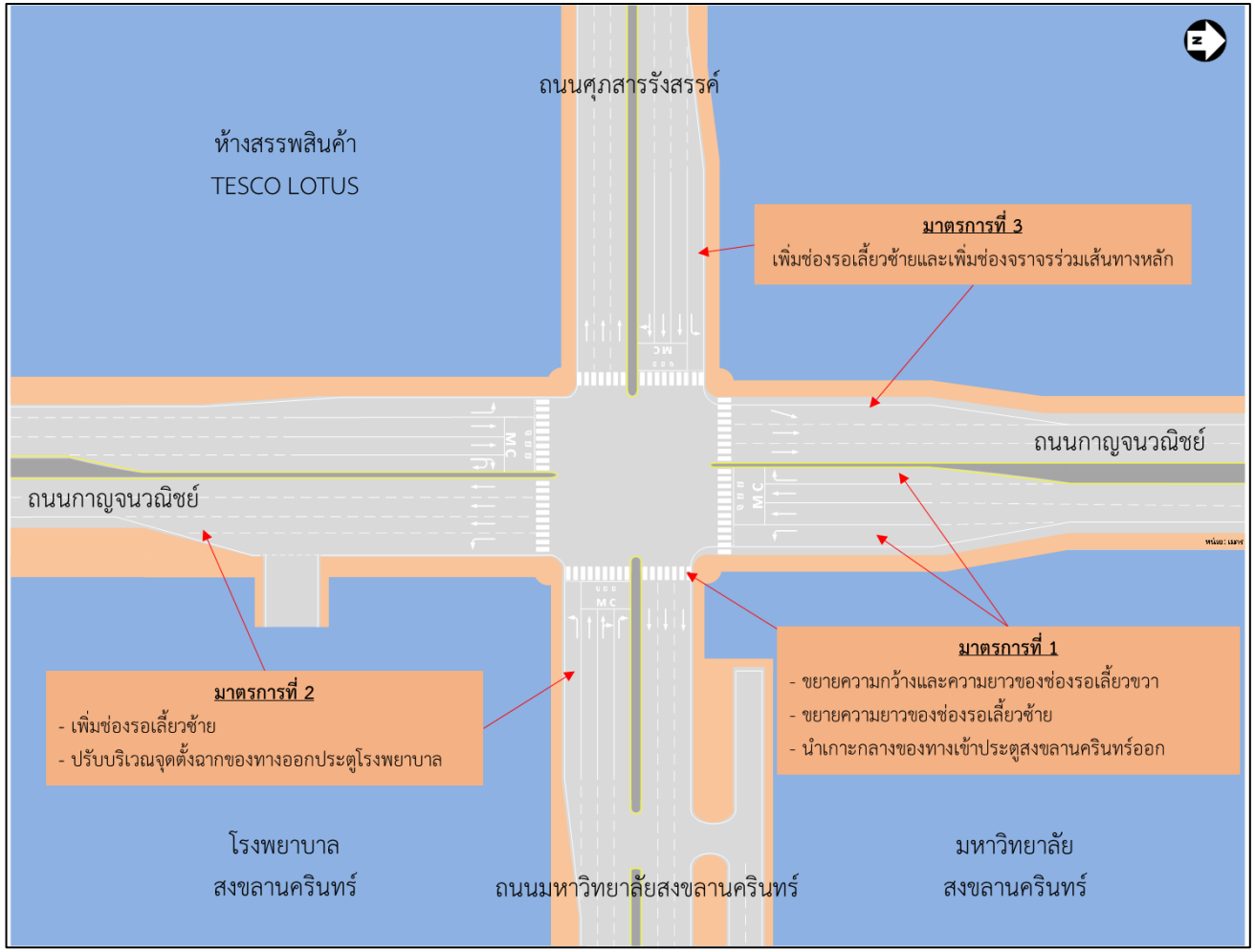
การรวมทุกมาตรการ ตั้งแต่มาตรการที่ 1 ถึงมาตรการที่ 3 เพื่อตรวจสอบว่าประสิทธิภาพสูงสุดในการเดินทางผ่านทางแยกมีความปลอดภัยหรือไม่

ผู้วิจัยได้เขียนรูปภาพเปรียบเทียบลักษณะกายภาพบริเวณทางแยกก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง โดยปัญหาการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ในปัจจุบันแสดงดังรูปที่ 5-9 ส่วนมาตรการที่นำเสนอเพื่อจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์แสดงดังรูปที่ 5-10



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 5-9 ปัญหาการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ในปัจจุบัน

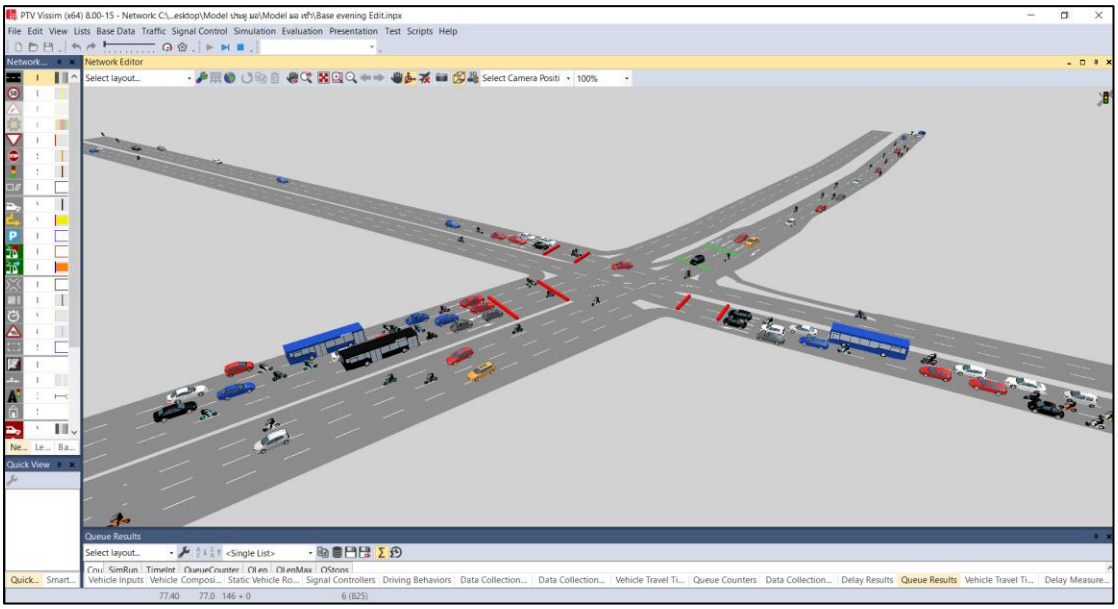


ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 5-10 มาตรการที่เสนอเพื่อจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

5.3 ผลการพัฒนาแบบจำลองและการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

งานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม VISSIM ในการวิเคราะห์สภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ โดยพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน (แบบจำลองฐาน) และได้นำข้อมูลจากการสำรวจข้อมูลภาคสนาม ประกอบด้วย ลักษณะทางกายภาพ ปริมาณยานพาหนะ สัดส่วนยานพาหนะ สัดส่วนการเคลื่อนที่แต่ละทิศทางของยานพาหนะ ความเร็วของยานพาหนะ รวมถึงพฤติกรรมในการขับขี่ มาประกอบในการสร้างโครงข่ายแบบจำลองเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพจริงมากที่สุด



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 5-11 แบบจำลองสภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ในปัจจุบัน

5.3.1 ผลการปรับเทียบแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

การปรับเทียบแบบจำลอง ผู้วิจัยได้ปรับเทียบปริมาณการจราจรในแบบจำลองให้มีความใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด สำหรับการศึกษานี้ได้นำข้อมูลปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าที่สำรวจได้จากภาคสนามเป็นข้อมูลสำหรับการปรับเทียบแบบจำลอง โดยเปรียบเทียบผลต่างระหว่างปริมาณจราจรที่ได้จากแบบจำลองกับปริมาณจราจรที่ได้จากการสำรวจข้อมูลภาคสนาม หากผลจากการเปรียบเทียบแบบจำลองมี ค่า GEH ไม่เกิน 5 ถือว่าแบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลภาคสนาม นอกจากนี้ยังใช้เกณฑ์ปรับเทียบของ Wisconsin DOT ผลการปรับเทียบแบบจำลองแสดงในตารางที่ 5-3 และตารางที่ 5-4 ตามลำดับ

ตารางที่ 5-3 ผลการปรับเทียบแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ GEH

ถนน	ทิศทางการจราจร	ปริมาณจราจรจาก		ความแตกต่าง		GEH	ผลการปรับเทียบแบบจำลอง
		การสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	แบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)	คัน/ชั่วโมง	ร้อยละ		
กาญจนวณิชย์ (ทิศเหนือ)	เลี้ยวซ้าย	727	711	16	2%	0.60	ผ่าน
	ทางตรง	1593	1572	21	1%	0.53	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	393	362	31	9%	1.60	ผ่าน
สงขลานครินทร์	เลี้ยวซ้าย	123	120	3	3%	0.27	ผ่าน
	ทางตรง	269	245	24	10%	1.50	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	409	375	34	9%	1.72	ผ่าน
กาญจนวณิชย์ (ทิศใต้)	เลี้ยวซ้าย	217	206	11	5%	0.76	ผ่าน
	ทางตรง	1391	1375	16	1%	0.43	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	477	452	25	6%	1.16	ผ่าน
	กลับรถ	364	341	23	7%	1.23	ผ่าน
ศุภสารรังสรรค์	เลี้ยวซ้าย	145	123	22	18%	1.90	ผ่าน
	ทางตรง	642	643	1	0%	0.04	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	229	200	29	15๔	1.98	ผ่าน
เฉลี่ย				20	7%	1.05	ผ่าน

ที่มา: ผู้วิจัย

ตารางที่ 5-4 ผลการปรับเทียบแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ Wisconsin DOT

ถนน	ทิศทางการจราจร	ปริมาณจราจรจาก		ความแตกต่าง (คัน/ชั่วโมง)	หลักเกณฑ์ (คัน/ชั่วโมง)	เกณฑ์ประเมิน	% ความแตกต่าง	ผลการปรับเทียบแบบจำลอง
		การสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	แบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)					
กาญจนวณิชย์ (ทิศเหนือ)	เลี้ยวซ้าย	727	711	16	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	2.20%	ผ่าน
	ทางตรง	1593	1572	21	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	1.32%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	393	362	31	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	7.89%	ผ่าน
สงขลานครินทร์	เลี้ยวซ้าย	123	120	3	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	2.44%	ผ่าน
	ทางตรง	269	245	24	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	8.92%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	409	375	34	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	8.31%	ผ่าน
กาญจนวณิชย์ (ทิศใต้)	เลี้ยวซ้าย	217	206	11	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	5.07%	ผ่าน
	ทางตรง	1391	1375	16	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	1.15%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	477	452	25	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	5.24%	ผ่าน
	กลับรถ	364	341	23	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	6.32%	ผ่าน
ศุภสารรังสรรค์	เลี้ยวซ้าย	145	123	22	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	15.17%	ผ่าน
	ทางตรง	642	643	1	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	0.16%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	229	200	29	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	12.66%	ผ่าน
เฉลี่ย							5.91%	ผ่าน

ที่มา: ผู้วิจัย

จากตารางที่ 5-3 พบว่า แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 7 และค่า GEH เฉลี่ยอยู่ที่ 1.50 ส่วนเกณฑ์ปรับเทียบ Wisconsin DOT (ตารางที่ 5-4) มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 5.91 กล่าวคือ แบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลภาคสนามและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เมื่อเทียบกับข้อมูลปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า

5.3.2 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

หลังจากปรับเทียบแบบจำลองแล้ว ต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองอีกครั้ง โดยเปลี่ยนข้อมูลปริมาณจราจรในเวลาเร่งด่วนเช้าเป็นปริมาณจราจรในเวลาเร่งด่วนเย็น และตรวจสอบว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับสถานการณ์จริง ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองดังแสดงในตารางที่ 5-5 และตารางที่ 5-6

จากตารางที่ 5-5 สรุปได้ว่า ผลที่ได้จากแบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 4 และค่า GEH เฉลี่ยอยู่ที่ 0.78 ส่วนเกณฑ์ปรับเทียบ Wisconsin DOT (ตารางที่ 5-6) มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 4.14 กล่าวคือ แบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลภาคสนามและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เมื่อเทียบกับข้อมูลปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

ตารางที่ 5-5 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ GEH

ถนน	ทิศทางการจราจร	ปริมาณจราจรจาก		ความแตกต่าง		GEH	ผลการตรวจสอบแบบจำลอง
		การสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	แบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)	คัน/ชั่วโมง	ร้อยละ		
กาญจนวณิชย์ (ทิศเหนือ)	เลี้ยวซ้าย	297	280	17	6%	1.00	ผ่าน
	ทางตรง	1386	1377	9	1%	0.24	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	381	362	19	5%	0.99	ผ่าน
สงขลานครินทร์	เลี้ยวซ้าย	245	237	8	3%	0.52	ผ่าน
	ทางตรง	732	716	16	2%	0.59	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	791	780	11	1%	0.39	ผ่าน
กาญจนวณิชย์ (ทิศใต้)	เลี้ยวซ้าย	235	206	29	14%	1.95	ผ่าน
	ทางตรง	1318	1375	57	4%	1.55	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	299	288	11	4%	0.64	ผ่าน
	กลับรถ	207	201	6	3%	0.42	ผ่าน
ศุภสารรังสรรค์	เลี้ยวซ้าย	165	155	10	6%	0.79	ผ่าน
	ทางตรง	458	460	2	0%	0.09	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	256	241	15	6%	0.95	ผ่าน
เฉลี่ย				16	4%	0.78	ผ่าน

ที่มา: ผู้วิจัย

ตารางที่ 5-6 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ Wisconsin DOT

ถนน	ทิศทางการจราจร	ปริมาณจราจรจาก		ความแตกต่าง (คัน/ชั่วโมง)	หลักเกณฑ์ (คัน/ชั่วโมง)	เกณฑ์ประเมิน	% ความแตกต่าง	ผลการปรับเทียบแบบจำลอง
		การสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	แบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)					
กาญจนวณิชย์ (ทิศเหนือ)	เลี้ยวซ้าย	297	280	17	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	5.72%	ผ่าน
	ทางตรง	1386	1377	9	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	0.65%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	381	362	19	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	4.99%	ผ่าน
สงขลานครินทร์	เลี้ยวซ้าย	245	237	8	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	3.27%	ผ่าน
	ทางตรง	732	716	16	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	2.1%9	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	791	780	11	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	1.39%	ผ่าน
กาญจนวณิชย์ (ทิศใต้)	เลี้ยวซ้าย	235	206	29	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	12.34%	ผ่าน
	ทางตรง	1318	1375	57	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	4.32%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	299	288	11	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	3.68%	ผ่าน
	กลับรถ	207	201	6	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	2.90%	ผ่าน
ศุภสารรังสรรค์	เลี้ยวซ้าย	165	155	10	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	6.06%	ผ่าน
	ทางตรง	458	460	2	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	0.44%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	256	241	15	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	5.86%	ผ่าน
เฉลี่ย							4.14%	ผ่าน

ที่มา: ผู้วิจัย

5.3.3 ผลการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

การวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ ได้แบ่งออกเป็น 5 แบบจำลอง ประกอบด้วย

1) แบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน (แบบจำลองฐาน)

แบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน คือ แบบจำลองที่คล้ายคลึงกับสภาพการจราจรในปัจจุบันมากที่สุด เพื่อเป็นแบบจำลองฐานในการวิเคราะห์หาคุณลักษณะของการจราจรในสภาพปัจจุบัน

2) แบบจำลองมาตรการที่ 1 การขยายช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาของถนนกาญจนวณิชย์ฝั่งทางทิศเหนือ

แบบจำลองมาตรการที่ 1 ได้ขยายความกว้างของช่องจราจรสำหรับรถเลี้ยวขวาให้มีขนาด 3.00 เมตร (จากความกว้างเดิม 2.00 เมตร) เพิ่มความยาวเป็น 50 เมตร และเพิ่มความยาวของช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้ายเพื่อเข้าประตูมหาวิทยาลัยฯ เป็น 50 เมตร อีกทั้งลดขนาดเกาะตรงทางเข้าประตูสงขลานครินทร์เพื่อเพิ่มขนาดช่องจราจรในการเลี้ยวเข้ามหาวิทยาลัยฯ ให้สอดคล้องกับปริมาณรถในชั่วโมงเร่งด่วนและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางผ่านทางแยก

3) แบบจำลองมาตรการที่ 2 การเพิ่มช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้ายของถนนประตูมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

แบบจำลองมาตรการที่ 2 ได้เพิ่มช่องจราจรบนถนนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ฝั่งขาออกสำหรับรอเลี้ยวซ้ายเพื่อออกจากมหาวิทยาลัย โดยมีระยะความกว้าง 3.00 เมตร ความยาว 50 เมตร เพื่อให้รถทางตรงและเลี้ยวขวามีช่องจราจรเพิ่มขึ้น 1 ช่อง ช่วยลดปัญหาแถวคอยที่สะสมมากในชั่วโมงเร่งด่วน และควรปรับบริเวณจุดตั้งฉากของทางออกประตูโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ให้มีช่องเบี่ยงเพื่อให้รถที่ออกจากโรงพยาบาลเลี้ยวซ้ายเข้าเส้นทางหลังบนถนนกาญจนวณิชย์ได้อย่างปลอดภัย

4) แบบจำลองมาตรการที่ 3 การเพิ่มช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้ายของถนนศุภสารรังสรรค์

แบบจำลองมาตรการที่ 3 ได้เพิ่มช่องจราจรบนถนนศุภสารรังสรรค์สำหรับรอเลี้ยวซ้าย โดยมีความกว้าง 3.00 เมตร และมีความยาว 50 เมตร และเพิ่มช่องจราจรร่วมเส้นทางหลักบนถนนกาญจนวณิชย์ มีระยะความยาว 50 เมตร กว้าง 3.00 เมตร เพื่อให้รถที่เลี้ยวซ้ายจากถนนศุภสารรังสรรค์ได้ร่วมกับกระแสจราจรหลักบนถนนกาญจนวณิชย์ และปรับปรุงช่องหยุดรอสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ ให้มีความยาว 6 เมตร เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและจัดระเบียบในการหยุดรอของรถจักรยานยนต์บริเวณทางแยกเพื่อให้คลอดคล้องกับปริมาณรถในชั่วโมงเร่งด่วนและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางผ่านทางแยก

5) แบบจำลองมาตรการที่ 4 การรวมทุกมาตรการ

แบบจำลองมาตรการที่ 4 คือการรวมทุกมาตรการตั้งแต่มาตรการที่ 1-3

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจราจรโดยพิจารณาถนนแต่ละสายบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ แบ่งออกเป็น 4 สายหลัก ประกอบด้วย 1) ถนนกาญจนวณิชย์จากทิศเหนือ 2) ถนนสงขลานครินทร์ 3) ถนนกาญจนวณิชย์จากทิศใต้ และ 4) ถนนศุภสารรังสรรค์ ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 5-7

จากตารางที่ 5-7 พบว่า มาตรการที่ 1 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรบนถนนกาญ-จนวณิชย์จากทิศเหนือได้ ซึ่งการขยายช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวา ทำให้การสัญจรของยานพาหนะที่ต้องการเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาบนถนนกาญจนวณิชย์ทางทิศเหนือมีความคล่องตัวมากขึ้น ส่วนมาตรการที่ 2 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรบนถนนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ได้ ซึ่งการเพิ่มช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้าย ทำให้การสัญจรของยานพาหนะทุกทิศทางบนถนนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์มีความคล่องตัวมากขึ้น ส่วนมาตรการที่ 3 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรบนถนนศุภสารรังสรรค์ได้ ซึ่งการเพิ่มช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้าย ทำให้การสัญจรของยานพาหนะในทิศทางตรงและเลี้ยวซ้ายบนถนนศุภสารรังสรรค์มีความคล่องตัวมากขึ้น ส่วนการรวมทุกมาตรการสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรของถนนแต่ละสายได้มากที่สุด ซึ่งการรวมทุกมาตรการเข้าด้วยกัน ทำให้ยานพาหนะที่สัญจรบนถนนแต่ละสายมีความคล่องตัวรวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ได้มากที่สุด

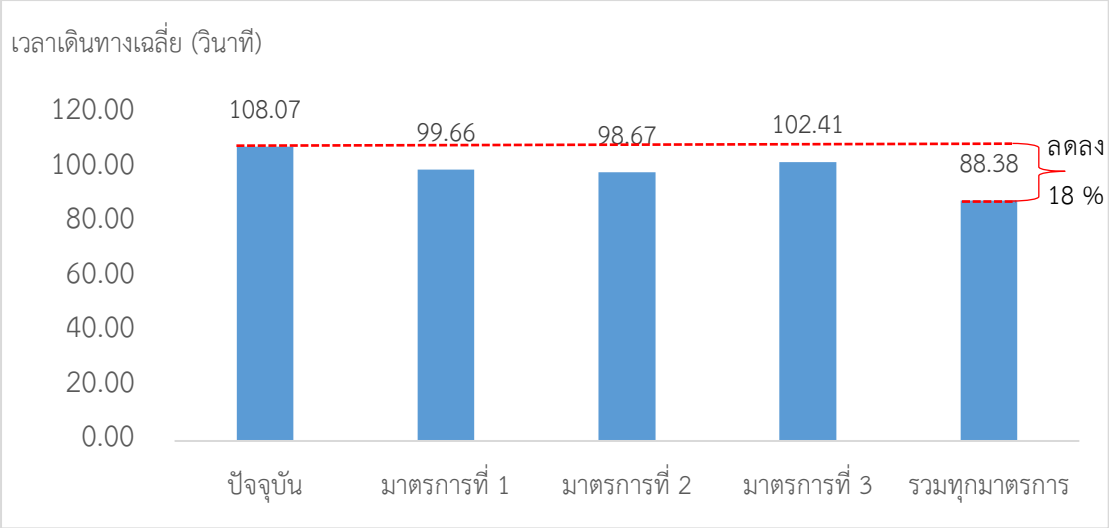
ตารางที่ 5-7 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพโดยพิจารณาถนนแต่ละสายบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

มาตรการ	ถนน	เวลาในการเดินทาง (วินาที)	ความแตกต่าง		ความล่าช้า (วินาที/คัน)	ความแตกต่าง		ความยาวแถวคอย (เมตร)	ความแตกต่าง	
			วินาที	ร้อยละ		วินาที/คัน	ร้อยละ		วินาที/คัน	ร้อยละ
ปัจจุบัน	กาญจนวณิชย์ ทิศเหนือ	69.23	-	-	52.33	-	-	179.75	-	-
	สงขลานครินทร์	105.10	-	-	89.53	-	-	264.87	-	-
	กาญจนวณิชย์ ทิศใต้	78.81	-	-	57.41	-	-	176.60	-	-
	ศุภสารรังสรรค์	119.88	-	-	105.29	-	-	257.53	-	-
มาตรการที่ 1	กาญจนวณิชย์ ทิศเหนือ	66.94	2.29	3.31	50.12	2.22	4.24	164.33	15.42	8.58
	สงขลานครินทร์	98.36	6.73	6.41	77.65	11.88	13.27	263.90	0.97	0.37
	กาญจนวณิชย์ ทิศใต้	74.90	3.90	4.96	56.10	1.31	2.28	168.22	8.38	4.75
	ศุภสารรังสรรค์	110.25	9.63	8.04	78.17	27.12	25.76	255.05	2.48	0.96
มาตรการที่ 2	กาญจนวณิชย์ ทิศเหนือ	66.42	2.81	4.05	50.61	1.73	3.30	173.66	6.09	3.39
	สงขลานครินทร์	89.95	15.15	14.42	74.80	14.72	16.44	260.86	4.01	1.52
	กาญจนวณิชย์ ทิศใต้	64.45	14.36	18.22	50.26	7.15	12.46	169.36	7.24	4.10
	ศุภสารรังสรรค์	104.54	15.35	12.80	89.98	15.32	14.55	255.50	2.03	0.79

ตารางที่ 5-7 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์โดยพิจารณาถนนแต่ละสาย (ต่อ)

มาตรการ	ถนน	เวลาในการเดินทาง (วินาที)	ความแตกต่าง		ความล่าช้า (วินาที/คัน)	ความแตกต่าง		ความยาวแถวคอย (เมตร)	ความแตกต่าง	
			วินาที	ร้อยละ		วินาที/คัน	ร้อยละ		วินาที/คัน	ร้อยละ
มาตรการที่ 3	กาญจนวณิชย์ ทิศเหนือ	59.32	9.91	14.32	44.10	8.23	15.73	173.21	6.54	3.64
	สงขลานครินทร์	98.68	6.42	6.11	83.10	6.43	7.18	263.67	1.20	0.45
	กาญจนวณิชย์ ทิศใต้	66.03	12.77	16.21	51.88	5.54	9.64	170.09	6.51	3.69
	ศุภสารรังสรรค์	90.43	29.46	24.57	76.02	29.27	27.80	211.64	45.89	17.82
รวมทุกมาตรการ	กาญจนวณิชย์ ทิศเหนือ	56.68	12.55	18.13	46.87	5.47	10.44	151.81	27.94	15.54
	สงขลานครินทร์	90.13	14.96	14.24	78.27	11.25	12.57	259.58	5.29	2.00
	กาญจนวณิชย์ ทิศใต้	42.74	36.06	45.76	32.76	24.65	42.93	158.31	18.29	10.36
	ศุภสารรังสรรค์	99.50	20.39	17.01	87.46	17.83	16.93	145.98	111.56	43.32

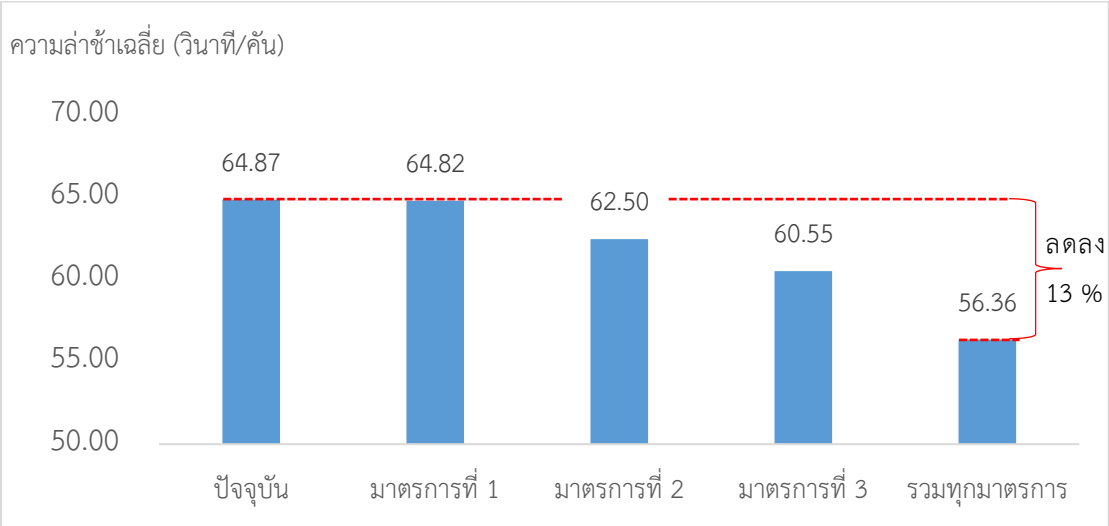
ในส่วนของผลจากการวิเคราะห์แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคของภาพรวมบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ สามารถสรุปผลตัวชี้วัด ประกอบด้วยเวลาในการเดินทาง ความล่าช้า และความยาวแถวคอย และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบแต่ละมาตรการ ดังแสดงในรูปที่ 5-12 ถึงรูปที่ 5-14 ตามลำดับ



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 5-12 การเปรียบเทียบเวลาเดินทางเฉลี่ย

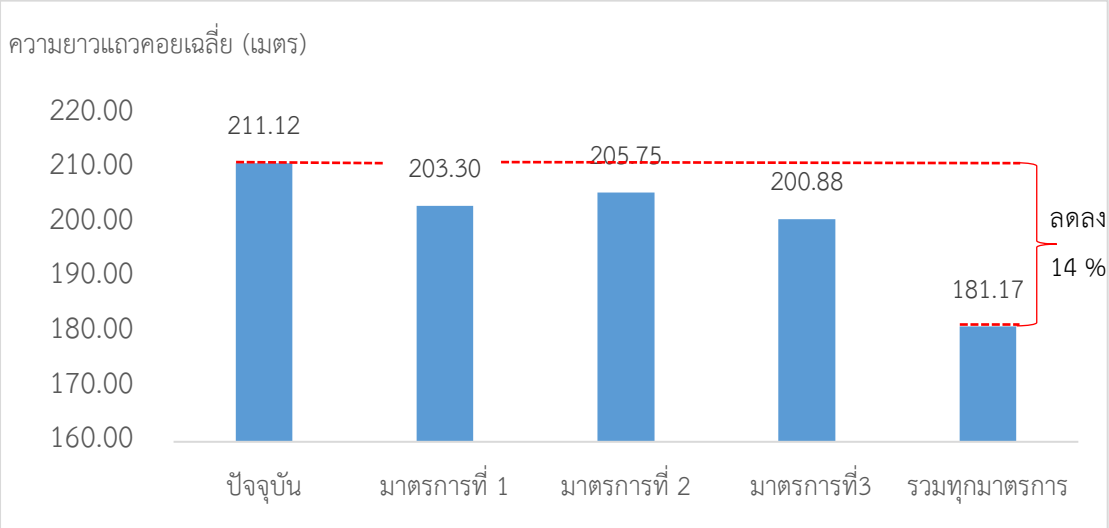
จากรูปที่ 5-12 พบว่า ทุกมาตรการที่นำเสนอสามารถลดเวลาเดินทางเฉลี่ยของบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ได้ โดยเฉพาะการรวมทุกมาตรการสามารถลดเวลาในการเดินทางเฉลี่ยบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ได้มากที่สุดถึงร้อยละ 18



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 5-13 การเปรียบเทียบความล่าช้าเฉลี่ย

จากรูปที่ 5-13 พบว่า ทุกมาตรการที่นำเสนอสามารถลดความล่าช้าเฉลี่ยของบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ได้ โดยเฉพาะการรวมทุกมาตรการสามารถลดความล่าช้าเฉลี่ยบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ได้มากที่สุดถึงร้อยละ 13



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 5-14 การเปรียบเทียบความยาวแถวคอยเฉลี่ย

จากรูปที่ 5-14 พบว่า ทุกมาตรการที่นำเสนอสามารถลดความยาวแถวคอยเฉลี่ยของบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ได้ โดยเฉพาะการรวมทุกมาตรการสามารถลดความยาวแถวคอยเฉลี่ยบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ได้มากที่สุดถึงร้อยละ 14

เมื่อพิจารณาทุกดัชนีตัวชี้วัดดังตารางที่ 5-8 พบว่า ทุกมาตรการสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางผ่านบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ได้ โดยเปรียบเทียบจากตัวชี้วัดความล่าช้า เวลาในการเดินทางและความยาวแถวคอย เมื่อเทียบกับแบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบันและมาตรการในการจัดการจราจรที่ได้เสนอ พบว่า การรวมทุกมาตรการ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางผ่านบริเวณทางแยกได้ดีที่สุดจากทุกดัชนีตัวชี้วัด

จากการวิเคราะห์การจัดการจราจรของทางแยกประตูสงขลานครินทร์ สรุปได้ว่า ทุกมาตรการสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางผ่านบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์จากสภาพการจราจรในปัจจุบัน เปรียบเทียบจากตัวชี้วัด ความล่าช้า เวลาในการเดินทางและความยาวแถวคอย โดยมาตรการที่ 1 ได้ขยายช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาของถนนกาญจนวณิชย์ฝั่งทางทิศเหนือ สามารถลดเวลาในการเดินทางลงได้ 8% ลดความล่าช้าลงได้ 0.08% และลดความยาวแถวคอยลงได้ 4% ส่วนมาตรการที่ 2 ซึ่งเป็นการเพิ่มช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายของถนนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สามารถลดเวลาในการเดินทางลงได้ 9% ลดความล่าช้าลงได้ 4% และ

ลดความยาวแถวคอยลงได้ 3% สำหรับมาตรการที่ 3 ได้เพิ่มช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้ายของถนนศุภสารรังสรรค์ สามารถลดเวลาในการเดินทางลงได้ 5% ลดความล่าช้าลงได้ 7% และลดความยาวแถวคอยลงได้ 5% ส่วนมาตรการที่ 4 การรวมทุกมาตรการ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการเดินทางผ่านทางแยกได้ดีที่สุด โดยสามารถลดเวลาในการเดินทางลงได้ 18% ลดความล่าช้าลงได้ 13% และลดความยาวแถวคอยลงได้ 14% ดังนั้นการรวมทุกมาตรการ มีความเหมาะสมที่สุดในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

ตารางที่ 5-8 ตัวชี้วัดความแตกต่างของแบบจำลองแต่ละมาตรการในการจัดการจราจรระดับจุลภาคบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

แบบจำลอง	เวลาในการเดินทางเฉลี่ย (วินาที)	ความแตกต่าง		ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที/คัน)	ความแตกต่าง		ความยาวแถวคอยเฉลี่ย (เมตร)	ความแตกต่าง	
		วินาที	ร้อยละ		วินาที/คัน	ร้อยละ		เมตร	ร้อยละ
1. สภาพปัจจุบัน	108.07	-	-	64.87	-	-	211.12	-	-
2. มาตรการที่ 1	99.66	8.41	8%	64.82	0.05	0.08%	203.3	7.82	4%
3. มาตรการที่ 2	98.67	9.4	9%	62.5	2.37	4%	205.75	5.37	3%
4. มาตรการที่ 3	102.41	5.66	5%	60.55	4.32	7%	200.88	10.24	5%
5.การรวมทุกมาตรการ	88.38	19.69	18%	56.36	8.51	13%	181.17	29.95	14%

ที่มา: ผู้วิจัย

5.4 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์จากการดำเนินมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

ผลจากการวิเคราะห์มาตรการการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ แต่ละมาตรการสามารถลดปัญหาการจราจรลงได้ แต่ในทางปฏิบัติแล้ว หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของทางแยกอาจมีข้อจำกัดด้านงบประมาณ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้วิเคราะห์ต้นทุน ผลประโยชน์รวมทั้งวิเคราะห์หาสัดส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนของแต่ละมาตรการที่ได้นำเสนอ โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.4.1 การวิเคราะห์ต้นทุน

การวิเคราะห์ต้นทุนเป็นการประมาณค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงในแต่ละมาตรการของการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ที่ได้นำเสนอ โดยคำนวณเนื้องานของแต่ละมาตรการ (รายละเอียดนำเสนอในภาคผนวก ง.) และอ้างอิงราคากลางจาก สำนักกรมทางหลวงชนบทที่ 12 จังหวัดสงขลา พ.ศ. 2561 เพื่ออ้างอิงราคาในการก่อสร้าง ผลจากการประมาณต้นทุนของแต่ละมาตรการแสดงดังตารางที่ 5-9

ตารางที่ 5-9 ต้นทุนการปรับปรุงบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ของแต่ละมาตรการจำแนกตามประเภทงาน

ประเภทงาน	มาตรการที่ 1	มาตรการที่ 2	มาตรการที่ 3	รวมทุกมาตรการ
1. งานรื้อถอนต่างๆ	24,139	25,175	29,484	78,798
2. งานคันหิน	31,478	31,500	31,500	94,478
3. งานทางเท้า	20,143	-	72,513	92,656
4. งานถนนคอนกรีต	340,500	257,912	485,664	1,084,076
5. งานเครื่องหมายจราจร	76,419	80,737	126,074	283,230
รวม	492,678	395,323	745,236	1,633,237

ที่มา: ผู้วิจัย *หน่วยเป็นบาท*

5.4.2 การวิเคราะห์ผลประโยชน์

การคำนวณผลประโยชน์จากมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ของแต่ละมาตรการ ผู้วิจัยได้พิจารณาผลประโยชน์จากเวลาในการเดินทางและความล่าช้าที่ลดลง โดยเปรียบเทียบค่าปัจจุบันกับค่าหลังดำเนินการในแต่ละมาตรการ ซึ่งเขียนความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 4-1 และในงานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ค่าจากผลการศึกษาของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย (2557) ซึ่งได้ศึกษามูลค่าของเวลาในการเดินทางและมูลค่าของเวลาในการรอรถในพื้นที่ของจังหวัดสงขลา รายละเอียดสรุปดังตารางที่ 4-10

5.4.3 การวิเคราะห์หาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน

การวิเคราะห์หาอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนแต่ละปี สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4-2 และผลที่ได้แต่ละมาตรการแสดงดังตารางที่ 5-10

จากตารางที่ 5-10 พบว่า อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนแต่ละปีของมาตรการที่ 2 มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับที่ 1 โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 2.93 รองลงมาคือ การรวมทุกมาตรการ โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 1.82 และมาตรการที่ 3 มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับที่ 3 โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 1.53 ส่วนมาตรการที่ 1 มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับสุดท้าย โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 1.46

จากการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ สรุปได้ว่า อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนแต่ละปี จากมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ มาตรการที่ 2 มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับที่ 1 อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาดูผลประโยชน์จากการปรับปรุงแล้ว การรวมทุกมาตรการให้ผลประโยชน์มากที่สุด ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้ ต้นทุนมีผลต่อการเลือกลำดับในการปรับปรุง เนื่องจากการรวมทุกมาตรการ ใช้งบประมาณในการปรับปรุงค่อนข้างสูง ดังนั้น การปรับปรุงการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์นั้น หน่วยงานที่รับผิดชอบในการปรับปรุงที่อาจมีข้อจำกัดด้านงบประมาณสามารถเลือกลำดับการปรับปรุงตามที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ข้างต้น แต่หากหน่วยงานไม่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ อาจเลือกตามลำดับของผลประโยชน์ที่ได้รับในแต่ละมาตรการ เพื่อปรับปรุงการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ 5-10 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนจากมาตรการการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

มาตรการในการจัดการจราจร	ประโยชน์จากเวลาในการเดินทางเฉลี่ยที่ลดลง (วินาที/คัน)	ประโยชน์จากความล่าช้าเฉลี่ยที่ลดลง (วินาที/คัน)	ผลประโยชน์จากเวลาในการเดินทางและความล่าช้าที่ลดลง (บาท/ปี)	ต้นทุนค่าก่อสร้าง		สัดส่วนผลประโยชน์ต่อทุน	ความเหมาะสมของการลงทุน
				ตลอด 5 ปี (บาท)	เฉลี่ยต่อปี (บาท/ปี)		
สภาพปัจจุบัน	-	-	-	-	-	-	
มาตรการที่ 1	8.41	0.05	199,706	492,678	136,855	1.46	4
มาตรการที่ 2	9.4	2.37	322,066	395,323	109,812	2.93	1
มาตรการที่ 3	5.66	4.32	317,501	745,236	207,010	1.53	3
การรวมทุกมาตรการ	19.69	8.51	826,081	1,633,237	453,677	1.82	2

ที่มา: ผู้วิจัย

บทที่ 6
ผลการศึกษาการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

บทนี้นำเสนอผลการศึกษาการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 ส่วนหลักประกอบด้วย ผลการศึกษาสภาพการจราจรบริเวณทางแยก ปัญหาการจราจรและมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยก ผลการพัฒนาแบบจำลองและการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยก รวมทั้งผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์จากการดำเนินมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยก โดยมีรายละเอียดแต่ละส่วนดังนี้

6.1 ผลการศึกษาสภาพการจราจรและข้อมูลทั่วไปบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

ผู้วิจัยได้ศึกษา ลักษณะทางกายภาพบริเวณประตูศรีทรัพย์ ปริมาณจราจรบริเวณทางแยก สัดส่วนยานพาหนะ ความเร็วของยานพาหนะที่ผ่านทางแยกประตูศรีทรัพย์ และจังหวะสัญญาณไฟจราจร โดยมีผลการศึกษาดังนี้

6.1.1 ลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

บริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ มีลักษณะเป็น 3 แยก (ดังรูปที่ 6-1) โดยมีถนนศรีทรัพย์ตัดกับถนนปุณณกัณฑ์ มีการควบคุมการจราจรบริเวณทางแยกด้วยสัญญาณไฟจราจร แบบ 3 จังหวะ มีปริมาณการจราจรสูงสุดในชั่วโมงเร่งด่วน 2,851 PCU/ชั่วโมง และมีรอบสัญญาณไฟจราจรเท่ากับ 128 วินาที (ข้อมูลสำรวจเมื่อวันจันทร์ที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2560)

ถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันตกมี 4 ช่องจราจร แบ่งเป็น 2 ช่องมุ่งหน้าทิศตะวันออก และ 2 ช่องมุ่งหน้าทิศตะวันตก โดยช่องจราจรที่มุ่งหน้าทิศตะวันออก ประกอบด้วยช่องเลี้ยวซ้าย (เมื่อปลอดภัย) เข้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และสามารถใช้เป็นทางตรงได้ (รอสัญญาณไฟจราจร) กว้าง 4.00 เมตร และมีช่องจราจรสำหรับทางตรงเฉพาะ 1 ช่องจราจร กว้าง 3.00 เมตร ในส่วนของช่องจราจรที่มุ่งหน้าทิศตะวันตก ประกอบด้วย ทางตรง 2 ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.00 เมตร และ 4.00 เมตร ตามลำดับ ผิวจราจรบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันตกเป็นแบบแอสฟัลต์คอนกรีตทั้งหมด มีเส้นสีแบ่งทิศทางการจราจร และมีทางเท้ากว้าง 3.00 เมตร ตลอดสองข้างทาง

ถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันออกมี 4 ช่องจราจร แบ่งเป็น 2 ช่องมุ่งหน้าทิศตะวันออก และ 2 ช่องมุ่งหน้าทิศตะวันตก โดยช่องจราจรที่มุ่งหน้าทิศตะวันออก ประกอบด้วยช่องทางตรง กว้าง 4.00 เมตร และ 3.00 เมตร ตามลำดับ ในส่วนของช่องจราจรที่มุ่งหน้าทิศตะวันตก ประกอบด้วย ช่องเลี้ยวขวาเข้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 1 ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.00 เมตร และช่องจราจรทางตรง กว้าง 4.00 เมตร ผิวจราจรบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันออกเป็นแบบ

แอสฟัลต์คอนกรีตทั้งหมด มีเส้นสีแบ่งทิศทางการจราจร และมีทางเท้ากว้าง 3.00 เมตร ตลอดสองข้างทาง

ถนนศรีทรัพย์ มีช่องจราจร 6 ช่องจราจร โดยแบ่งเป็นทิศทางเข้ามหาวิทยาลัยฯ 3 ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.00 เมตร ในส่วนของขาออกมหาวิทยาลัยมี 3 ช่องจราจร เป็นช่องจราจรสำหรับรถเลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันตก 2 ช่อง กว้างช่องละ 3.00 เมตร และมีช่องสำหรับรถเลี้ยวซ้ายเข้าสู่ถนนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันออก 1 ช่อง กว้าง 3.00 เมตร รวมทั้งมีเกาะกลางคอนกรีตกว้าง 1.00 เมตร เป็นตัวแบ่งทิศทางการจราจร ผิวจราจรบนถนนศรีทรัพย์เป็นแบบถนนคอนกรีตทั้งหมด

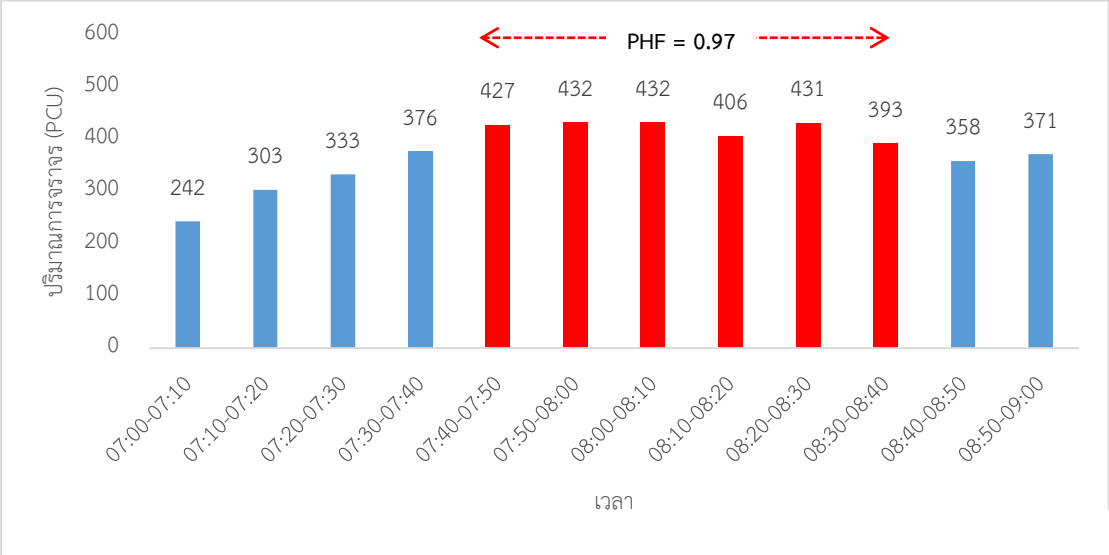
ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 6-1 บริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

6.1.2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

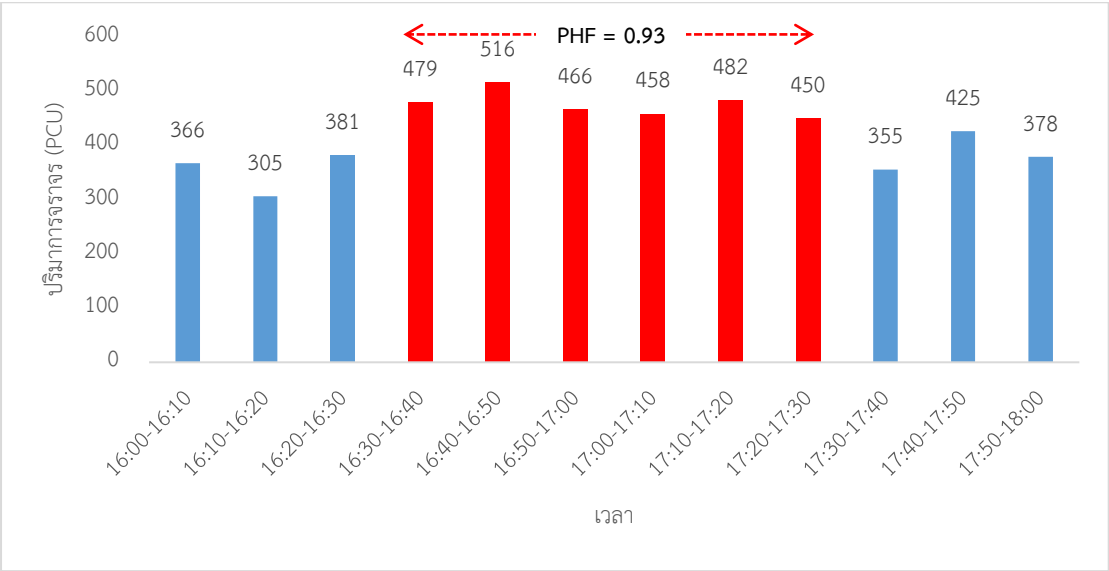
จากผลการสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ของวันจันทร์ที่ 20 เมษายน พ.ศ.2560 ช่วงเร่งด่วนเช้า 07:00-09:00 น. (ดังรูปที่ 6-2) มีปริมาณการจราจรสูงสุดในชั่วโมงเร่งด่วน 07:40-8:40 น. เท่ากับ 2,521 PCU คำนวณได้ค่า PHF เท่ากับ 0.97 และช่วงเร่งด่วน

เย็น 16:00-18:00 น. มีปริมาณการจราจรสูงสุดในชั่วโมงเร่งด่วน 16:30-17:30 น. เท่ากับ 2,851 PCU คำนวณได้ค่า PHF เท่ากับ 0.93 (ดังรูปที่ 6-3) ในส่วนของปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทางของชั่วโมงเร่งด่วนเช้าแสดงในรูปที่ 6-4 และปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทางของชั่วโมงเร่งด่วนเย็นแสดงในรูปที่ 6-5



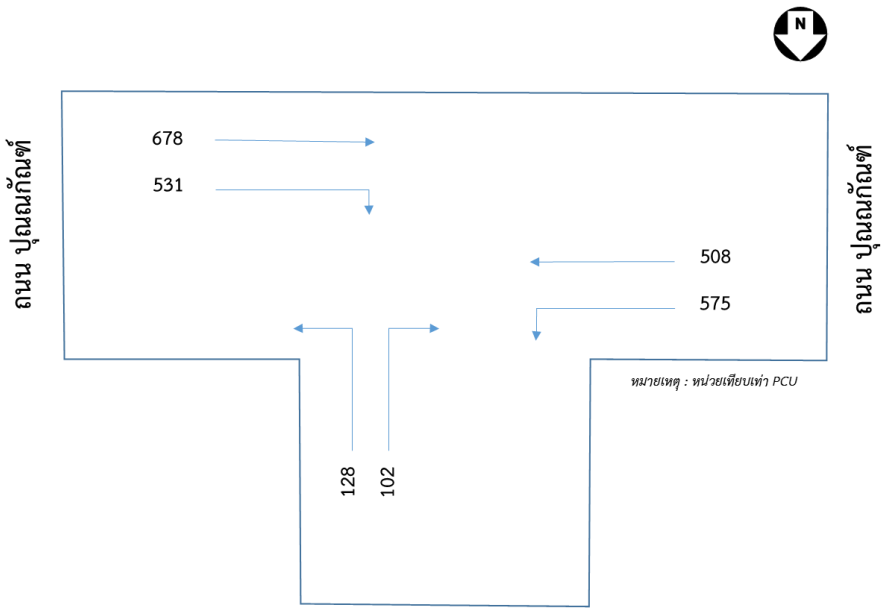
ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 6-2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ช่วงเร่งด่วนเช้า



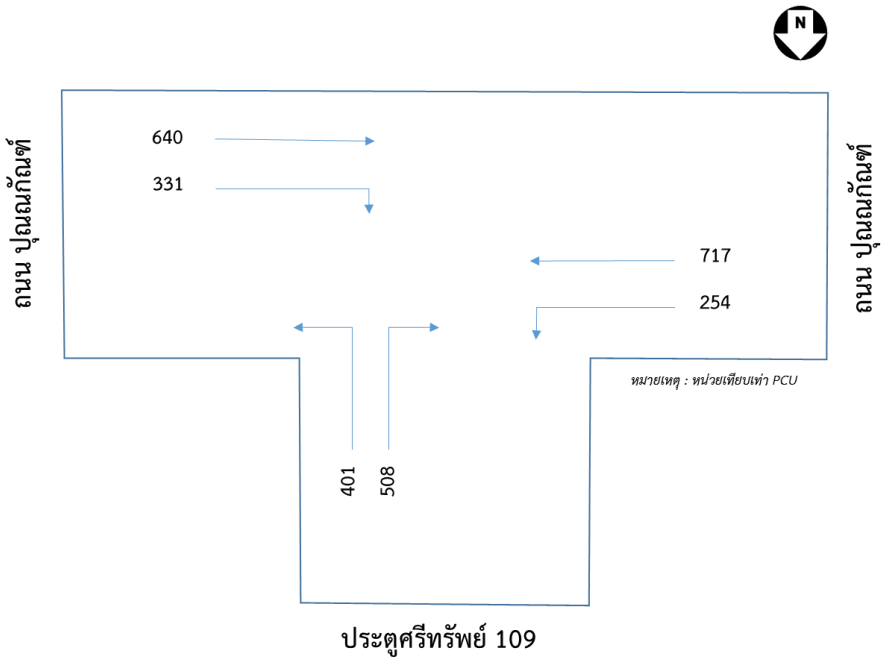
ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 6-3 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ช่วงเร่งด่วนเย็น



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 6-4 ปริมาณการจราจรที่ผ่านทางแยกประตูศรีทรัพย์ในแต่ละทิศทางของชั่วโมงเร่งด่วนเช้า

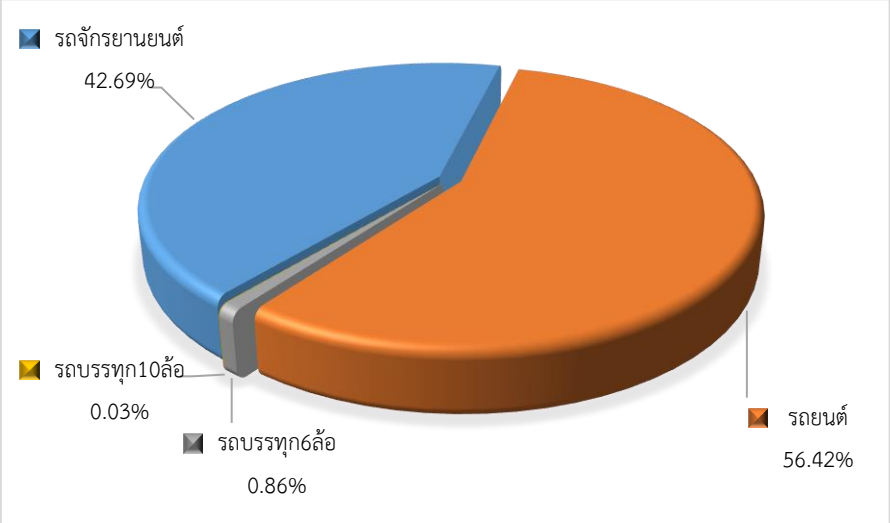


ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 6-5 ปริมาณการจราจรที่ผ่านทางแยกประตูศรีทรัพย์ในแต่ละทิศทางของชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

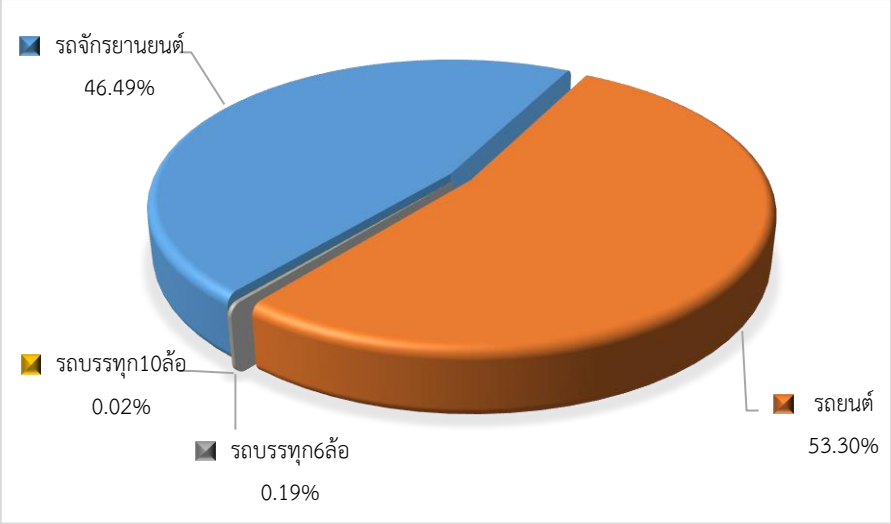
6.1.3 สัดส่วนยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีทรัพย์

ข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ ได้ถูกนำมาคำนวณสัดส่วนของยานพาหนะแต่ละประเภทที่ผ่านบริเวณทางแยก โดยแบ่งยานพาหนะออกเป็น 4 ประเภทหลัก คือ รถจักรยานยนต์ รถยนต์ รถบรรทุก 6 ล้อ และรถบรรทุก 10 ล้อ เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ต้องนำเข้าในแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ผลการคำนวณสัดส่วนของยานพาหนะในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น ได้แสดงดังรูปที่ 6-6 และรูปที่ 6-7 ตามลำดับ



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 6-6 สัดส่วนยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีทรัพย์ในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า



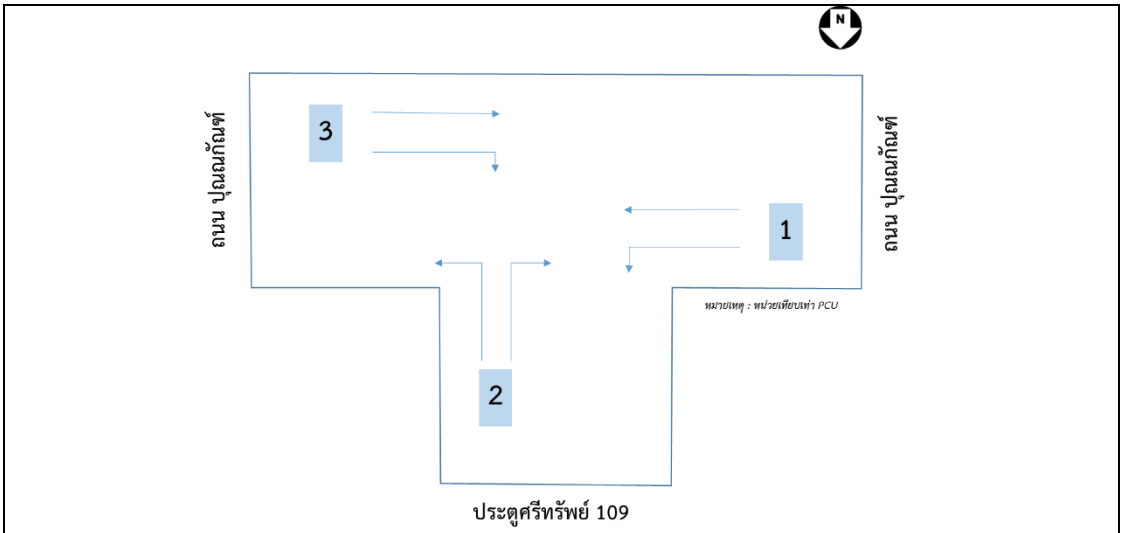
ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 6-7 สัดส่วนยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีทรัพย์ในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

6.1.4 ความเร็วของยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีทรัพย์

งานวิจัยนี้ได้สำรวจความเร็วของยานพาหนะทุกทิศทางที่ผ่านทางแยกประตูศรีทรัพย์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการกำหนดค่าความเร็วของยานพาหนะในแต่ละทิศทางของกระแสจราจรในแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค โดยข้อมูลความเร็วที่ได้จากการสำรวจได้ถูกนำมาคำนวณหาค่าความถี่สะสมและเขียนกราฟการกระจายตัวของความเร็ว (ดังแสดงในภาคผนวก ข.) กราฟดังกล่าวจะทำให้ทราบค่าความเร็วเปอร์เซ็นไทล์ที่ 85 ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเร็วส่วนใหญ่ของยานพาหนะแต่ละประเภทที่สัญจรผ่านแต่ละทิศทางของบริเวณทางแยกนั้น ผลการสำรวจความเร็วของยานพาหนะในแต่ละทิศทางของบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ ดังแสดงในตารางที่ 6-1

ตารางที่ 6-1 ความเร็วเปอร์เซ็นไทล์ที่ 85 ของยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกประตูศรีทรัพย์

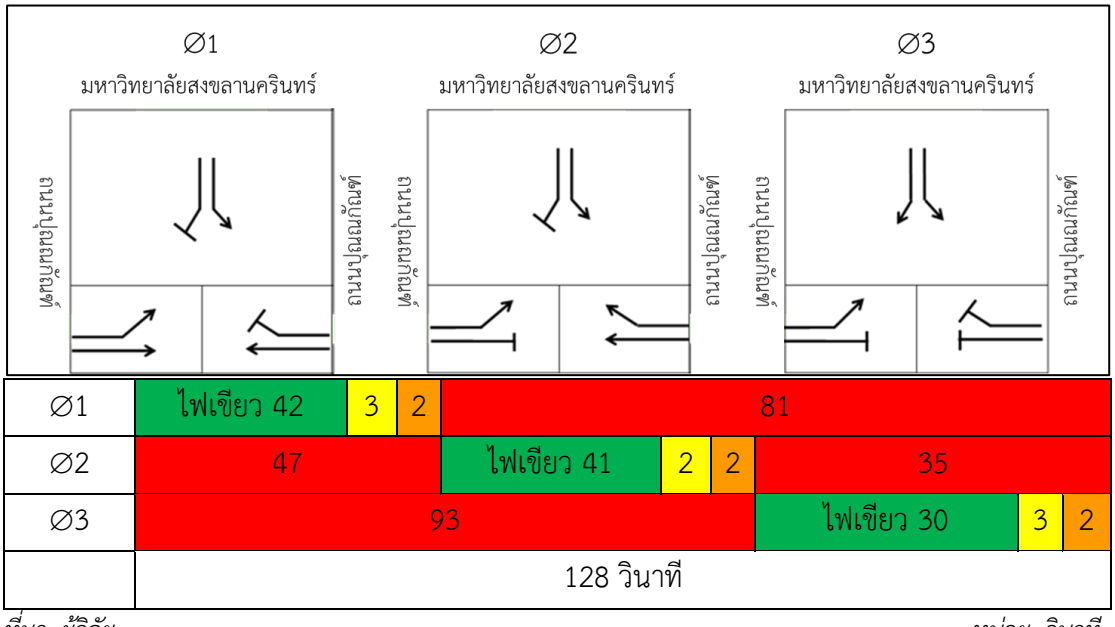


ประเภทยานพาหนะ	ทิศทาง 1			ทิศทาง 2		ทิศทาง 3		
	เลี้ยวซ้าย	ทางตรง	กลับรถ	เลี้ยวซ้าย	เลี้ยวขวา	ทางตรง	เลี้ยวขวา	กลับรถ
รถจักรยานยนต์	17.2	49.8		15.6	13.7	53.6	16.1	
รถยนต์	15.4	54.3		14.4	14.0	50.7	15.5	
รถบรรทุก 6 ล้อ	-	37.7		-	-	38.5	-	
รถบรรทุก 10 ล้อ	-	34.3		-	-	38.2	-	

ที่มา: ผู้วิจัย *หน่วย: กิโลเมตร/ชั่วโมง*

6.1.5 จังหวะสัญญาณไฟจราจรของทางแยกประตูศรีทรัพย์

จากการสำรวจจังหวะสัญญาณไฟจราจรในแต่ละทิศทางของทางแยกประตูศรีทรัพย์ พบว่า มีการควบคุมสัญญาณไฟจราจรเป็นแบบ 3 จังหวะ และมีรอบสัญญาณไฟจราจรรวม 128 วินาที ส่วนเวลาของสัญญาณไฟจราจรในแต่ละทิศทางแสดงดังรูปที่ 6-8



ที่มา: ผู้วิจัย *หน่วย: วินาที*

รูปที่ 6-8 สัญญาณไฟจราจรควบคุมทางแยกประตูศรีทรัพย์

6.2 ปัญหาการจราจรและมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

จากผลการสำรวจบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ ทำให้ทราบถึงปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาการจราจรติดขัดและประเด็นความไม่ปลอดภัย โดยสามารถสรุปได้ในตารางที่ 6-2

ตารางที่ 6-2 ประเด็นปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	ประเด็นปัญหา
1		การจอดรถใกล้ทางแยกบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันตกกีดขวางรถที่ต้องการเลี้ยวซ้ายเข้าประตูศรีทรัพย์จนเกิดการจราจรติดขัด
2		จำนวนช่องจราจรบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันตกไม่สัมพันธ์กับปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ทำให้มีความยาวแถวคอยมาก
3		รถที่เลี้ยวซ้ายออกจากประตูศรีทรัพย์ ไม่มีช่องจราจรเพื่อเข้าร่วมกระแสทิศทางจราจรหลัก ทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยบริเวณทางแยกและเกิดปัญหาแถวคอยบนถนนศรีทรัพย์

ที่มา: ผู้วิจัย

ตารางที่ 6-2 ประเด็นปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ (ต่อ)

ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	ประเด็นปัญหา
4		การจอดรถใกล้ทางแยกบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันออก ทำให้เกิดความไม่คล่องตัวในการสัญจร
5		การจัดการจราจรบริเวณกลางทางแยก ไม่มีการจัดการช่องทางตรงตลอดเมื่อปลอดภัยแบ่งแยกกระแสจราจรจากทิศทางอื่นอย่างชัดเจน และไม่มีช่องหยุดรอสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ อาจก่อให้เกิดอันตรายได้
6		การจอดรถบริเวณหน้าร้านค้าสะดวกซื้อบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันออก ทำให้เกิดความไม่คล่องตัวในการสัญจรและอาจเกิดอุบัติเหตุได้

ที่มา: ผู้วิจัย

ผลจากการสำรวจปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ จากตารางที่ 6-2 สามารถสรุปปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรังได้ 4 ประเด็นหลัก ดังนี้

ปัญหาที่ 1 ไม่มีช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้ายและปัญหาการจอดรถใกล้บริเวณทางแยก

การจอดรถใกล้บริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์บนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันตก ทำให้รถที่ต้องการเลี้ยวซ้ายเข้าทางประตูศรีทรัพย์ เกิดการติดขัด เสียพื้นที่ช่องจราจรสำหรับเลี้ยวซ้าย และช่องจราจรไม่สัมพันธ์กับปริมาณจราจรในช่วงโมงเร่งด่วน ทำให้มีความยาวแถวคอยมากเกิดไป

ปัญหาที่ 2 ไม่มีช่องจราจรสำหรับเข้าร่วมกระแสจราจรหลัก

รถที่เลี้ยวซ้ายออกจากประตูศรีทรัพย์ ไม่มีช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวเพื่อเข้ากระแสทิศทางจราจรหลัก ทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยบริเวณทางแยก การจอดรถใกล้บริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์บนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันออก พื้นที่ของฟุตบาทที่มีขนาดใหญ่เกินไป กินพื้นที่ช่องจราจร ทำให้เกิดความไม่คล่องตัวในการสัญจร

ปัญหาที่ 3 ไม่มีเส้นการจัดการจราจรสำหรับรถทางตรงผ่านตลอดบริเวณทางแยก

การจัดการจราจรบริเวณตรงการทางแยกประตูศรีทรัพย์ ที่ไม่มีช่องทางสำหรับรถทางตรงผ่านตลอดเมื่อปลอดภัยแยกจากรถทิศทางอื่นอย่างชัดเจน ทำให้เกิดความไม่คล่องตัวในการสัญจรและส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการเดินทางผ่านทางแยก รวมทั้งอาจเกิดอุบัติเหตุจากในลักษณะชนท้ายได้

ปัญหาที่ 4 ไม่มีช่องหยุดรอสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์

ปริมาณของรถจักรยานยนต์กับพื้นที่หยุดรอสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ไม่สัมพันธ์กัน ทำให้เกิดความไม่เป็นระเบียบของกระแสจราจรและอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุในลักษณะชนท้ายหรือการชนด้านข้างได้

จากสภาพปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบต่อการจราจร นำมาสู่การเสนอมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ ซึ่งอ้างอิงแนวทางการปรับปรุงจากทฤษฎีการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกที่สรุปในหัวข้อที่ 2.4 ประกอบด้วย 4 มาตรการ ดังนี้

มาตรการที่ 1 การเพิ่มช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันตก

การเพิ่มช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันตก โดยใช้มาตรการห้ามจอดรถใกล้บริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ และเพิ่มช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้ายเฉพาะ 1 ช่อง โดยมีระยะความยาว 50 เมตร กว้าง 3.50 เมตร เพื่อลดความยาวแถวคอยของรถทิศทางตรงที่ปัจจุบันมีช่องจราจรทิศทางตรงเพียง 1 ช่อง เมื่อปรับปรุงจะมีช่องจราจรสำหรับเลี้ยวซ้าย 1 ช่อง

จราจร และทิศทางตรง 2 ช่องจราจร เพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณรถในชั่วโมงเร่งด่วนและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางผ่านทางแยก

มาตรการที่ 2 การเพิ่มช่องจราจรร่วมเส้นทางหลักบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันออก

การเพิ่มช่องจราจรร่วมเส้นทางหลักบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันออก โดยการใช้มาตรการห้ามจอดรถใกล้บริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ และเพิ่มช่องจราจรร่วมเส้นทางหลักสำหรับรถที่เลี้ยวซ้ายจากถนนศรีทรัพย์ได้เข้าร่วมกับกระแสจราจรหลักบนถนนปุณณกัณฑ์ โดยมีระยะความยาว 50 เมตร กว้าง 3.5 เมตร เพื่อเพิ่มความปลอดภัยของรถที่เลี้ยวซ้ายและช่วยเพิ่มความคล่องตัวของรถที่วิ่งผ่านบนกระแสทิศทางหลักของถนนปุณณกัณฑ์

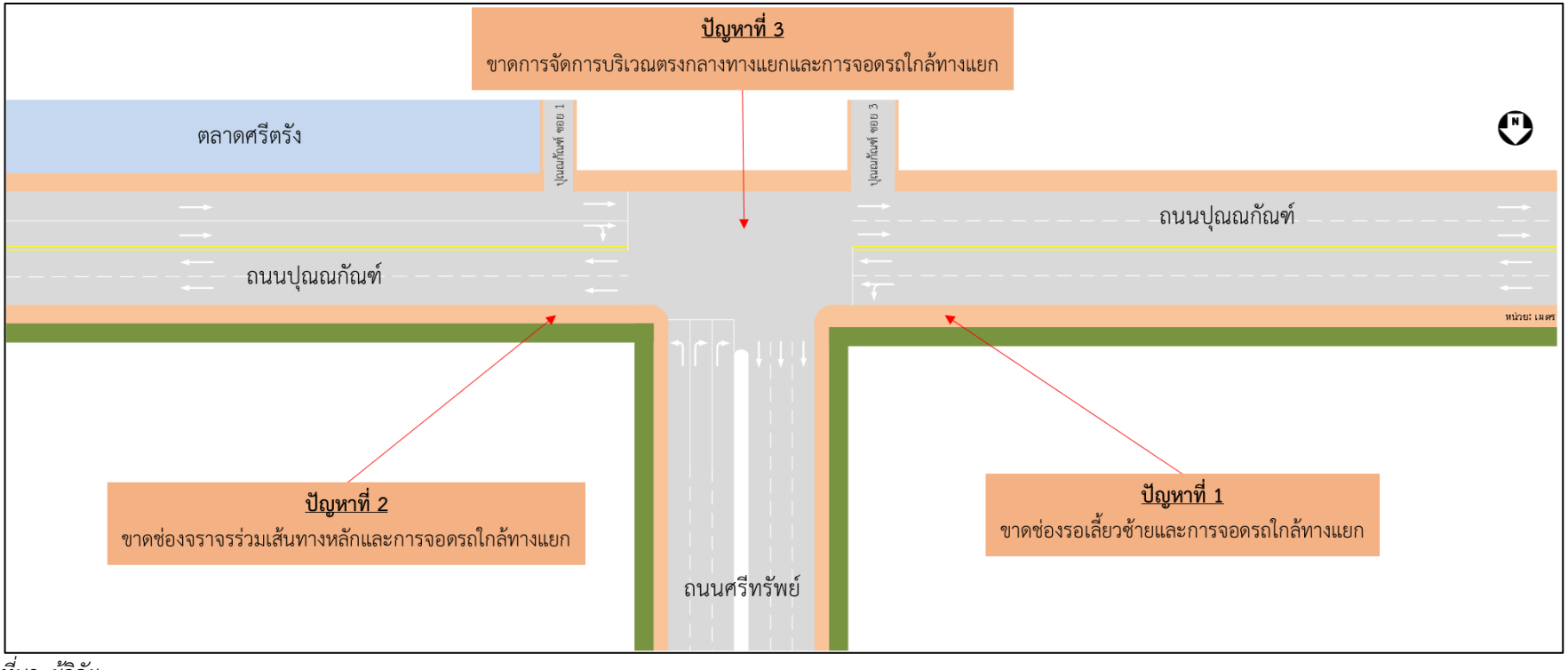
มาตรการที่ 3 การติดตั้งเสาจราจรล้มลุกตามแนวช่องทางตรงผ่านตลอดเมื่อปลอดภัย

การติดตั้งเสาจราจรล้มลุกตามแนวช่องทางตรงผ่านตลอดเมื่อปลอดภัย โดยระบุทิศทางกระแสจราจรให้ชัดเจน รถที่วิ่งในทิศทางตรงของถนนปุณณกัณฑ์ สามารถตรงไปได้เมื่อปลอดภัย แต่ต้องมีเสาจราจรล้มลุกกั้นแนวการเดินรถ และเพิ่มช่องหยุดรอสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ ระยะความยาว 6 เมตร เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและจัดระเบียบในการหยุดรอสัญญาณไฟจราจรของรถจักรยานยนต์

มาตรการที่ 4 การรวมทุกมาตรการ

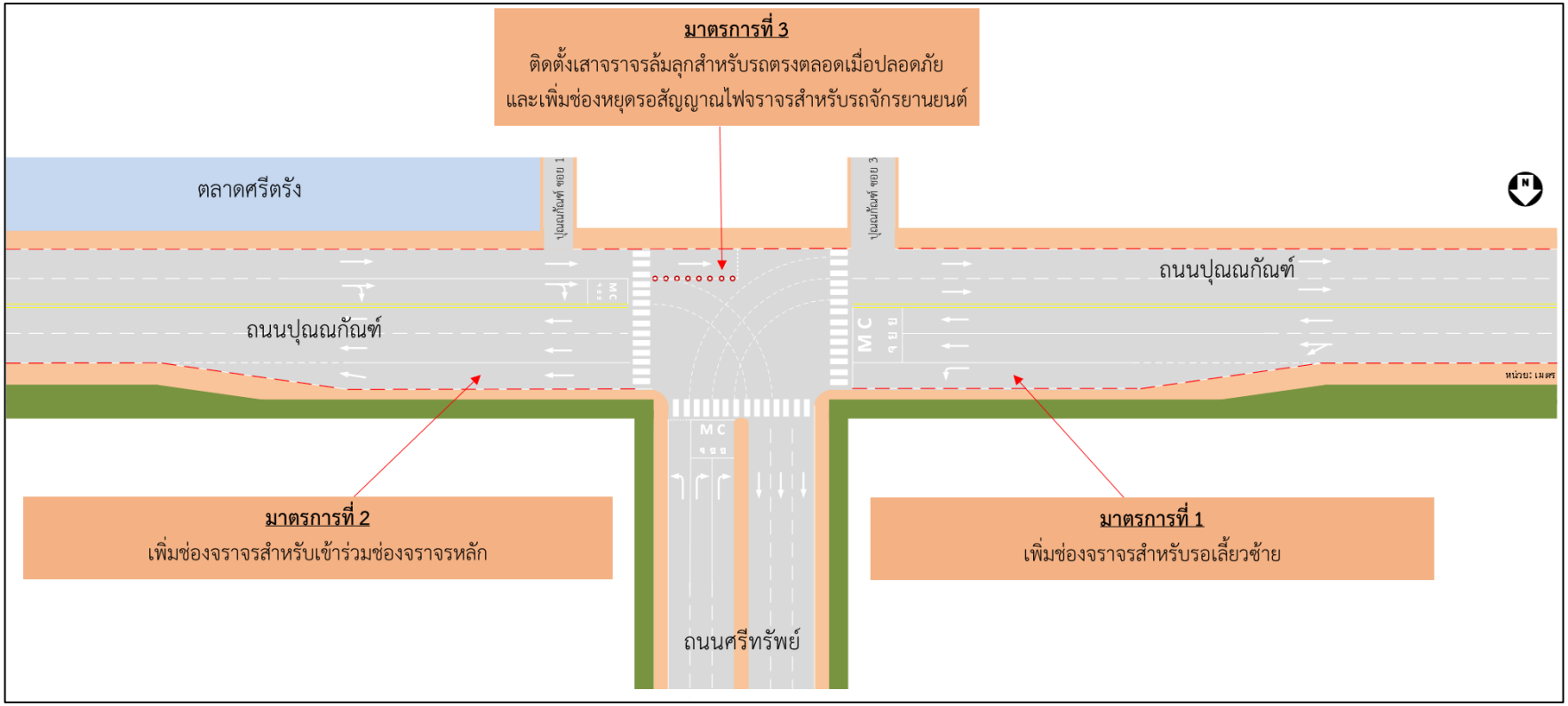
การรวมทุกมาตรการ ตั้งแต่มาตรการที่ 1 ถึงมาตรการที่ 3 เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพสูงสุดในการเดินทางผ่านทางแยกมีความปลอดภัยหรือไม่

ผู้วิจัยได้เขียนรูปภาพเปรียบเทียบลักษณะกายภาพบริเวณทางแยกก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง โดยปัญหาการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ในปัจจุบันแสดงดังรูปที่ 6-9 ส่วนมาตรการที่นำเสนอเพื่อจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์แสดงดังรูปที่ 6-10



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 6-9 ปัญหาการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ในปัจจุบัน

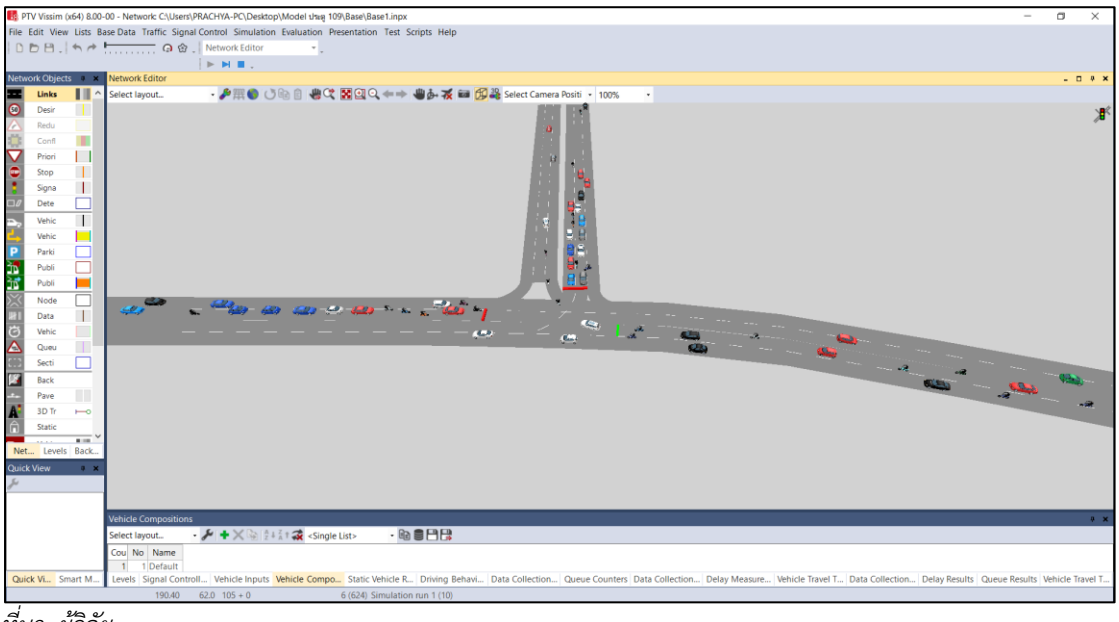


ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 6-10 มาตรการที่เสนอเพื่อจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

6.3 ผลการพัฒนาแบบจำลองและการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

งานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม VISSIM ในการวิเคราะห์สภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ โดยพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน (แบบจำลองฐาน) และได้นำข้อมูลจากการสำรวจข้อมูลภาคสนาม ประกอบด้วย ลักษณะทางกายภาพ ปริมาณยานพาหนะ สัดส่วนยานพาหนะ สัดส่วนการเคลื่อนที่แต่ละทิศทางของยานพาหนะ ความเร็วของยานพาหนะ รวมถึงพฤติกรรมในการขับขี่ มาประกอบในการสร้างโครงข่ายแบบจำลองเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพจริงมากที่สุด



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 6-11 แบบจำลองสภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ในปัจจุบัน

6.3.1 ผลการปรับเทียบแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

การปรับเทียบแบบจำลอง ผู้วิจัยได้ปรับเทียบปริมาณการจราจรในแบบจำลองให้มีความใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด สำหรับการศึกษานี้ได้นำข้อมูลปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าที่สำรวจได้จากภาคสนาม เป็นข้อมูลสำหรับการปรับเทียบแบบจำลอง โดยเปรียบเทียบผลต่างระหว่างปริมาณจราจรที่ได้จากแบบจำลองกับปริมาณจราจรที่ได้จากการสำรวจข้อมูลภาคสนาม หากผลจากการเปรียบเทียบแบบจำลองมี ค่า GEH ไม่เกิน 5 ถือว่าแบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลภาคสนาม นอกจากนี้ยังใช้เกณฑ์ปรับเทียบของ Wisconsin DOT ผลการปรับเทียบแบบจำลองแสดงในตารางที่ 6-3 และตารางที่ 6-4 ตามลำดับ

ตารางที่ 6-3 ผลการปรับเทียบแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ GEH

ถนน	ทิศทางการจราจร	ปริมาณจราจรจาก		ความแตกต่าง		GEH	ผลการปรับเทียบแบบจำลอง
		การสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	แบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)	คัน/ชั่วโมง	ร้อยละ		
ปุณณกัณฑ์ ฝั่งตะวันออก	ทางตรง	865	825	40	5%	1.38	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	787	750	37	5%	1.33	ผ่าน
ศรีทรัพย์	เลี้ยวซ้าย	208	238	30	13%	2.01	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	136	149	13	9%	1.09	ผ่าน
ปุณณกัณฑ์ ฝั่งตะวันออก	เลี้ยวซ้าย	790	849	59	7%	2.06	ผ่าน
	ทางตรง	697	728	31	4%	1.16	ผ่าน
เฉลี่ย				35	7%	1.13	ผ่าน

ที่มา: ผู้วิจัย

ตารางที่ 6-4 ผลการปรับเทียบแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ Wisconsin DOT

ถนน	ทิศทางการจราจร	ปริมาณจราจรจาก		ความแตกต่าง (คัน/ชั่วโมง)	หลักเกณฑ์ (คัน/ชั่วโมง)	เกณฑ์ประเมิน	% ความแตกต่าง	ผลการปรับเทียบแบบจำลอง
		การสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	แบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)					
ปุณณกัณฑ์	ทางตรง	865	825	40	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	4.62%	ผ่าน
ฝั่งตะวันออก	เลี้ยวขวา	787	750	37	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	4.70%	ผ่าน
ศรีทรัพย์	เลี้ยวซ้าย	208	238	30	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	14.42%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	136	149	13	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	9.56%	ผ่าน
ปุณณกัณฑ์	เลี้ยวซ้าย	790	849	59	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	7.47%	ผ่าน
ฝั่งตะวันออก	ทางตรง	697	728	31	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	4.45%	ผ่าน
			เฉลี่ย				7.53%	ผ่าน

จากตารางที่ 6-3 พบว่า แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 7 และค่า GEH เฉลี่ยอยู่ที่ 1.13 ส่วนเกณฑ์ปรับเทียบ Wisconsin DOT (ตารางที่ 6-4) มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 7.53 กล่าวคือ แบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลภาคสนามและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เมื่อเทียบกับข้อมูลปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า

6.3.2 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

หลังจากปรับเทียบแบบจำลองแล้ว ต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองอีกครั้ง โดยเปลี่ยนข้อมูลปริมาณจราจรในเวลาเร่งด่วนเช้าเป็นปริมาณจราจรในเวลาเร่งด่วนเย็น และตรวจสอบว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับสถานการณ์จริง ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองดังแสดงในตารางที่ 6-5 และตารางที่ 6-6

จากตารางที่ 6-5 พบว่า ผลที่ได้จากแบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 8 และค่า GEH เฉลี่ยอยู่ที่ 1.39 ส่วนเกณฑ์ปรับเทียบ Wisconsin DOT (ตารางที่ 6-6) มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 7.66 กล่าวคือ แบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลภาคสนามและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เมื่อเทียบกับข้อมูลปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

ตารางที่ 6-5 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ GEH

ถนน	ทิศทางการจราจร	ปริมาณจราจรจาก		ความแตกต่าง		GEH	ผลการตรวจสอบแบบจำลอง
		การสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	แบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)	คัน/ชั่วโมง	ร้อยละ		
ปุณณกัณฑ์ ฝั่งตะวันออก	ทางตรง	971	1039	68	7%	2.14	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	462	488	26	5%	1.19	ผ่าน
ศรีทรัพย์	เลี้ยวซ้าย	575	605	30	5%	1.24	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	755	801	46	6%	1.65	ผ่าน
ปุณณกัณฑ์ ฝั่งตะวันออก	เลี้ยวซ้าย	382	309	73	24%	3.93	ผ่าน
	ทางตรง	981	952	29	3%	0.93	ผ่าน
เฉลี่ย				45	8%	1.39	ผ่าน

ที่มา: ผู้วิจัย

ตารางที่ 6-6 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ ตามเกณฑ์ปรับเทียบของ Wisconsin DOT

ถนน	ทิศทางการจราจร	ปริมาณจราจรจาก		ความแตกต่าง (คัน/ชั่วโมง)	หลักเกณฑ์ (คัน/ชั่วโมง)	เกณฑ์ประเมิน	% ความแตกต่าง	ผลการปรับเทียบแบบจำลอง
		การสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	แบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)					
ปุณณกัณฑ์	ทางตรง	971	1039	68	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	7.00%	ผ่าน
ฝั่งตะวันออก	เลี้ยวขวา	462	488	26	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	5.63%	ผ่าน
ศรีทรัพย์	เลี้ยวซ้าย	575	605	30	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	5.22%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	755	801	46	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	6.09%	ผ่าน
ปุณณกัณฑ์	เลี้ยวซ้าย	382	309	73	Flow < 700	น้อยกว่า 100 คัน	19.11%	ผ่าน
ฝั่งตะวันออก	ทางตรง	981	952	29	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	2.96%	ผ่าน
เฉลี่ย							7.66%	ผ่าน

6.3.3 ผลการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

การวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ ได้แบ่งออกเป็น 5 แบบจำลอง ประกอบด้วย

1) แบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน

แบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน คือ แบบจำลองที่คล้ายคลึงกับสภาพการจราจรในปัจจุบันมากที่สุด เพื่อเป็นแบบจำลองฐานในการวิเคราะห์หาคุณลักษณะของการจราจรในสภาพปัจจุบัน

2) แบบจำลองมาตรการที่ 1 การเพิ่มช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันตก

แบบจำลองมาตรการที่ 1 ได้เพิ่มช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันตก โดยใช้มาตรการห้ามจอดรถใกล้บริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ และเพิ่มช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้ายเฉพาะ 1 ช่องจราจร โดยมีระยะความยาว 50 เมตร กว้าง 3.50 เมตร เพื่อลดความยาวแถวคอยของรถในทิศทางตรงที่ปัจจุบันมีช่องจราจรในทิศทางตรง 1 ช่องจราจร เมื่อปรับปรุงใหม่จะมีช่องจราจรสำหรับเลี้ยวซ้าย 1 ช่องจราจร และทิศทางตรง 2 ช่องจราจร

3) แบบจำลองมาตรการที่ 2 การเพิ่มช่องจราจรร่วมเส้นทางหลักบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันออก

แบบจำลองมาตรการที่ 2 ได้เพิ่มช่องจราจรร่วมเส้นทางหลักบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันออก โดยการใช้มาตรการห้ามจอดรถใกล้บริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ และเพิ่มช่องจราจรร่วมเส้นทางหลัก เพื่อให้รถที่เลี้ยวซ้ายจากถนนศรีทรัพย์ได้เข้าร่วมกับกระแสจราจรหลักบนถนนปุณณกัณฑ์ โดยมีระยะความยาว 50 เมตร กว้าง 3.5 เมตร เพื่อเพิ่มความปลอดภัยของรถที่เลี้ยวซ้ายและช่วยเพิ่มความคล่องตัวของรถที่วิ่งผ่านบนกระแสทิศทางหลักของถนนปุณณกัณฑ์

4) แบบจำลองมาตรการที่ 3 การติดตั้งเสาจราจรล้มลุกตามแนวช่องทางตรงผ่านตลอดเมื่อปลอดภัย

การติดตั้งเสาจราจรล้มลุกตามแนวช่องทางตรงผ่านตลอดเมื่อปลอดภัย โดยระบุทิศทางกระแสจราจรให้ชัดเจน รถที่วิ่งในทิศทางตรงของถนนปุณณกัณฑ์ สามารถตรงไปได้เมื่อปลอดภัย และติดตั้งเสาจราจรล้มลุกกั้นแนวการเดินรถ และเพิ่มช่องหยุดรอสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ ระยะความยาว 6 เมตร เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและจัดระเบียบในการหยุดรอสัญญาณไฟจราจรของรถจักรยานยนต์

5) แบบจำลองมาตรการที่ 4 การรวมทุกมาตรการเข้าด้วยกัน

แบบจำลองมาตรการที่ 4 คือการรวมทุกมาตรการตั้งแต่มาตรการที่ 1-3

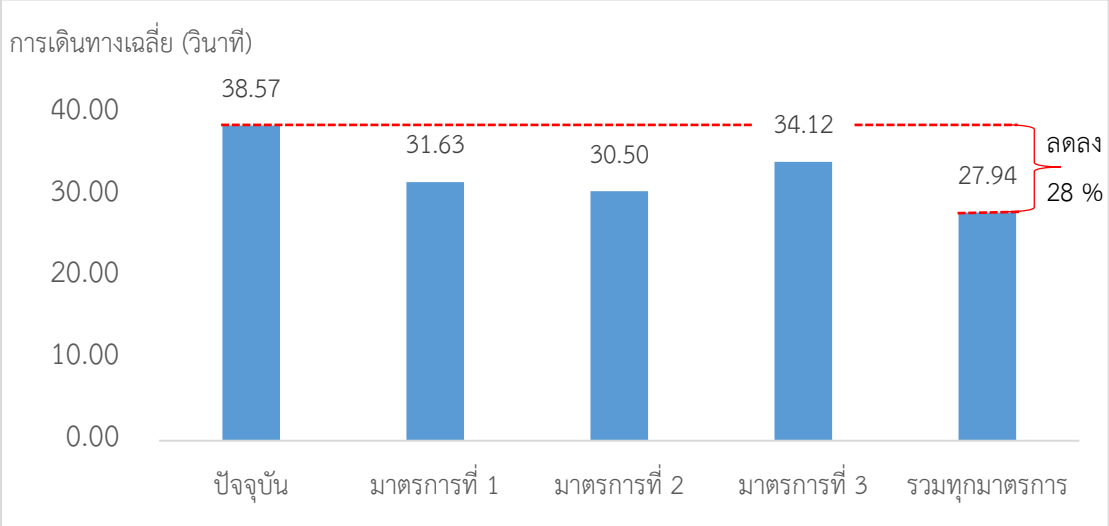
ผลจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจราจรโดยพิจารณาถนนแต่ละสายบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ แบ่งออกเป็น 3 สายหลัก ประกอบด้วย 1) ถนนปุณณกัณฑ์จากทิศตะวันตก 2) ถนนศรีทรัพย์ และ 3) ถนนปุณณกัณฑ์จากทิศตะวันออก ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 6-7

จากตารางที่ 6-7 พบว่า มาตรการที่ 1 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรบนถนนปุณณกัณฑ์ทิศตะวันออกได้ ซึ่งจากการเพิ่มช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันตกและใช้มาตรการห้ามจอดใกล้บริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ ทำให้ยานพาหนะในกระแสทิศทางตรงและเลี้ยวซ้ายมีความคล่องตัวมากขึ้น ส่วนมาตรการที่ 2 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรบนถนนปุณณกัณฑ์ทิศตะวันออกและถนนศรีทรัพย์ได้ ซึ่งจากการเพิ่มช่องจราจรร่วมเส้นทางหลักบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันออกและใช้มาตรการห้ามจอดใกล้บริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ ทำให้ยานพาหนะที่เลี้ยวซ้ายออกจากถนนศรีทรัพย์มีความคล่องตัวมากขึ้นและไม่ไปขัดกับจังหวะของยานพาหนะที่สัญจรอยู่บนกระแสทิศทางหลักของถนนปุณณกัณฑ์ ส่วนมาตรการที่ 3 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรบนถนนปุณณกัณฑ์ทิศตะวันตกได้ ซึ่งจากการติดตั้งเสาจราจรล้มลุกตามแนวช่องทางตรงผ่านตลอดเมื่อปลอดภัย สามารถแบ่งการจราจรของกระแสทิศทางตรงได้อย่างชัดเจนและการใช้มาตรการห้ามจอดใกล้บริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ ทำให้ยานพาหนะในกระแสทิศทางตรงมีความคล่องตัวมากขึ้น ส่วนการรวมทุกมาตรการ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรของถนนแต่ละสายบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ได้มากที่สุด ซึ่งการรวมทุกมาตรการเข้าด้วยกัน ทำให้ยานพาหนะที่สัญจรบนถนนแต่ละสายมีความคล่องตัวรวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ได้มากที่สุด

ตารางที่ 6-7 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพโดยพิจารณาถนนแต่ละสายบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

มาตรการ	ถนน	เวลาในการเดินทาง (วินาที)	ความแตกต่าง		ความล่าช้า (วินาที/คัน)	ความแตกต่าง		ความยาวแถวคอย (เมตร)	ความแตกต่าง	
			วินาที	ร้อยละ		วินาที/คัน	ร้อยละ		วินาที/คัน	ร้อยละ
ปัจจุบัน	ปุณณกัณฑ์ ทิศตะวันตก	26.55	-	-	17.16	-	-	35.55	-	-
	ถนนศรีทรัพย์	44.04	-	-	34.56	-	-	49.77	-	-
	ปุณณกัณฑ์ ทิศตะวันออก	48.54	-	-	38.06	-	-	394.29	-	-
มาตรการที่ 1	ปุณณกัณฑ์ ทิศตะวันตก	20.99	5.56	20.95	13.14	4.02	23.44	34.86	0.69	1.95
	ถนนศรีทรัพย์	42.05	1.99	4.52	32.99	1.57	4.54	47.57	2.20	4.42
	ปุณณกัณฑ์ ทิศตะวันออก	32.60	15.94	32.85	23.48	14.58	38.31	31.50	362.80	92.01
มาตรการที่ 2	ปุณณกัณฑ์ ทิศตะวันตก	19.56	6.99	26.34	11.69	5.47	31.89	28.44	7.12	20.02
	ถนนศรีทรัพย์	40.22	3.82	8.67	31.22	3.34	9.66	46.74	3.02	6.08
	ปุณณกัณฑ์ ทิศตะวันออก	32.71	15.83	32.62	23.11	14.95	39.28	29.96	364.34	92.40
มาตรการที่ 3	ปุณณกัณฑ์ ทิศตะวันตก	24.46	2.09	7.88	15.09	2.07	12.08	29.34	6.21	17.48
	ถนนศรีทรัพย์	35.80	8.23	18.70	26.34	8.22	23.78	34.20	15.57	31.28
	ปุณณกัณฑ์ ทิศตะวันออก	45.56	2.98	6.14	35.06	3.00	7.88	389.51	4.78	1.21
รวมทุกมาตรการ	ปุณณกัณฑ์ ทิศตะวันตก	19.88	6.68	25.14	10.41	6.75	39.33	26.75	8.80	24.76
	ถนนศรีทรัพย์	33.64	10.39	23.60	22.56	11.99	34.71	28.18	21.59	43.38
	ปุณณกัณฑ์ ทิศตะวันออก	30.97	17.57	36.19	21.00	17.06	44.82	31.18	363.12	92.09

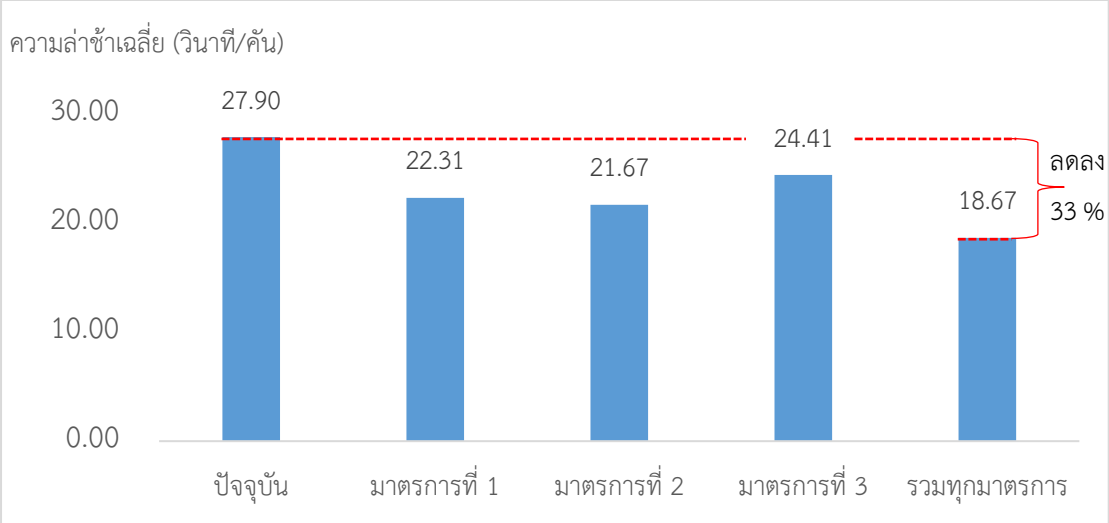
ในส่วนผลจากการวิเคราะห์แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคภาพรวมบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ สามารถสรุปผลตัวชี้วัด ประกอบด้วยเวลาในการเดินทาง ความล่าช้าและความยาวแถวคอย และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบแต่ละมาตรการ ดังแสดงในรูปที่ 6-12 ถึงรูปที่ 6-14 ตามลำดับ



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 6-12 การเปรียบเทียบเวลาเดินทางเฉลี่ย

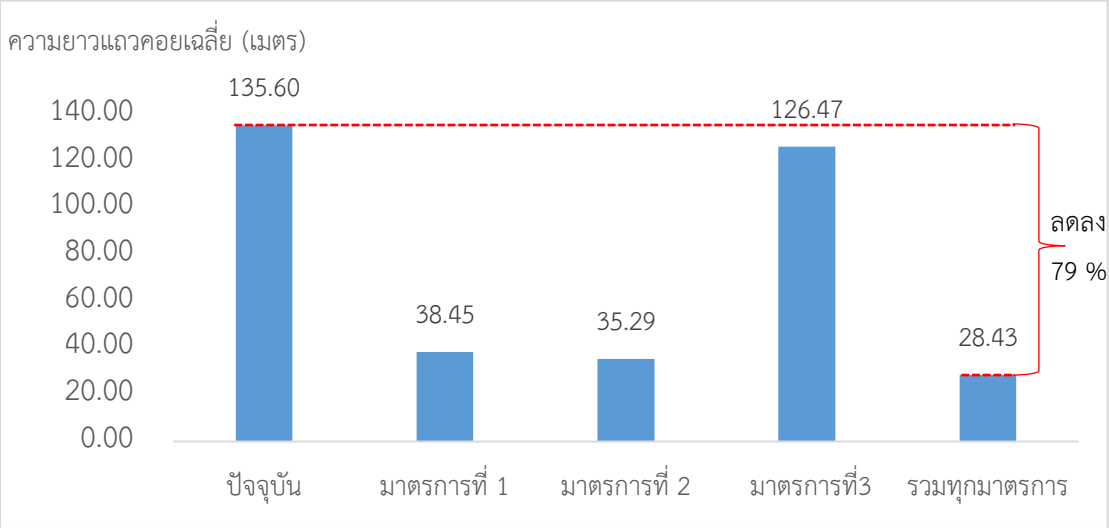
จากรูปที่ 6-12 พบว่า ทุกมาตรการที่นำเสนอสามารถลดเวลาเดินทางเฉลี่ยของบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ลงได้ โดยเฉพาะการรวมทุกมาตรการสามารถลดเวลาเดินทางเฉลี่ยบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ได้มากที่สุดถึงร้อยละ 28



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 6-13 การเปรียบเทียบความล่าช้าเฉลี่ย

จากรูปที่ 6-13 พบว่า ทุกมาตรการที่นำเสนอสามารถลดความล่าช้าเฉลี่ยของบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ลงได้ โดยเฉพาะการรวมทุกมาตรการสามารถลดความล่าช้าเฉลี่ยบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ได้มากที่สุดถึงร้อยละ 33



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 6-14 การเปรียบเทียบความยาวแถวคอยเฉลี่ย

จากรูปที่ 6-14 พบว่า ทุกมาตรการที่นำเสนอสามารถลดความยาวแถวคอยเฉลี่ยของบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ลงได้ โดยเฉพาะการรวมทุกมาตรการสามารถลดความยาวแถวคอยเฉลี่ยบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ได้มากที่สุดถึงร้อยละ 79

เมื่อพิจารณาทุกดัชนีตัวชี้วัดดังตารางที่ 6-8 พบว่า ทุกมาตรการสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางผ่านบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ได้ โดยเปรียบเทียบจากตัวชี้วัด ความล่าช้า เวลาในการเดินทางและความยาวแถวคอย เมื่อเทียบกับแบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบันและมาตรการในการจัดการจราจรที่ได้เสนอ พบว่า เมื่อรวมมาตรการทุกมาตรการเข้าด้วยกันสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางผ่านบริเวณทางแยกได้ดีที่สุดจากทุกดัชนีตัวชี้วัด

จากการวิเคราะห์การจัดการจราจรของทางแยกประตูศรีทรัพย์ สรุปได้ว่า ทุกมาตรการสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางผ่านบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์จากสภาพการจราจรในปัจจุบัน เปรียบเทียบจากตัวชี้วัด ความล่าช้า เวลาในการเดินทางและความยาวแถวคอย โดยมาตรการที่ 1 ได้เพิ่มช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายของถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันตก สามารถลดเวลาในการเดินทางลงได้ 18% ลดความล่าช้าลงได้ 20% และลดความยาวแถวคอยลงได้ 72% ส่วนมาตรการที่ 2 ได้เพิ่มช่องจราจรร่วมเส้นทางหลักบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันออก สามารถลดเวลาในการเดินทางลงได้ 21% ลดความล่าช้าลงได้ 22% และลดความยาวแถวคอยลงได้ 74% สำหรับ

มาตรการที่ 3 ได้ติดตั้งเสาจราจรล้มลุกตามแนวช่องทางตรงผ่านตลอดเมื่อปลอดภัย สามารถลดเวลาในการเดินทางลงได้ 12% ลดความล่าช้าลงได้ 13% และลดความยาวแถวคอยลงได้ 7% ส่วนมาตรการที่ 4 การรวมทุกมาตรการ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการเดินทางผ่านทางแยกได้ดีที่สุด โดยสามารถลดเวลาในการเดินทางลงได้ 28% ลดความล่าช้าลงได้ 33% และลดความยาวแถวคอยลงได้ 79% ดังนั้นการรวมมาตรการทุกมาตรการ มีความเหมาะสมที่สุดในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

ตารางที่ 6-8 ตัวชี้วัดความแตกต่างของแบบจำลองแต่ละมาตรการในการจัดการจราจรระดับจุลภาคบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

แบบจำลอง	เวลาในการเดินทางเฉลี่ย (วินาที)	ความแตกต่าง		ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที/คัน)	ความแตกต่าง		ความยาวแถวคอยเฉลี่ย (เมตร)	ความแตกต่าง	
		วินาที	ร้อยละ		วินาที/คัน	ร้อยละ		เมตร	ร้อยละ
1. สภาพปัจจุบัน	38.57	-	-	27.9	-	-	135.6	-	-
2. มาตรการที่ 1	31.63	6.94	18%	22.31	5.59	20%	38.45	97.15	72%
3. มาตรการที่ 2	30.5	8.07	21%	21.67	6.23	22%	35.29	100.31	74%
4. มาตรการที่ 3	34.12	4.45	12%	24.41	3.49	13%	126.47	9.13	7%
5. การรวมทุกมาตรการ	27.94	10.63	28%	18.67	9.23	33%	28.43	107.17	79%

ที่มา: ผู้วิจัย

6.4 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์จากการดำเนินมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

ผลจากการวิเคราะห์มาตรการการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ แต่ละมาตรการสามารถลดปัญหาการจราจรลงได้ แต่ในทางปฏิบัติแล้ว หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของทางแยกอาจมีข้อจำกัดด้านงบประมาณ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้วิเคราะห์ต้นทุน ผลประโยชน์รวมทั้งวิเคราะห์หาสัดส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนของแต่ละมาตรการที่ได้นำเสนอ โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.4.1 การวิเคราะห์ต้นทุน

การวิเคราะห์ต้นทุนเป็นการประมาณค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงในแต่ละมาตรการของการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ที่ได้นำเสนอ โดยคำนวณเนื้องานของแต่ละมาตรการ (รายละเอียดนำเสนอในภาคผนวก ง.) และอ้างอิงราคากลางจาก สำนักกรมทางหลวงชนบทที่ 12 จังหวัดสงขลา พ.ศ. 2561 เพื่ออ้างอิงราคาในการก่อสร้าง ผลจากการประมาณต้นทุนของแต่ละมาตรการ แสดงดังตารางที่ 6-9

ตารางที่ 6-9 ต้นทุนการปรับปรุงบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ของแต่ละมาตรการจำแนกตามประเภทงาน

ประเภทงาน	มาตรการที่ 1	มาตรการที่ 2	มาตรการที่ 3	รวมทุกมาตรการ
1. งานรื้อถอนต่างๆ	18,827	18,893	-	37,720
2. งานคันหิน	28,890	28,856	23,650	81,396
3. งานทางเท้า	74,815	74,815	-	149,630
4. งานแอสฟัลต์คอนกรีต	125,576	125,576	-	251,152
5. งานเครื่องหมายจราจร	220,691	220,691	108,216	549,598
รวม	468,799	468,831	131,866	1,069,496

ที่มา: ผู้วิจัย *หน่วยเป็นบาท*

6.4.2 การวิเคราะห์ผลประโยชน์

การคำนวณผลประโยชน์จากมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ของแต่ละมาตรการ ผู้วิจัยได้พิจารณาผลประโยชน์จากเวลาในการเดินทางและความล่าช้าที่ลดลง โดยเปรียบเทียบค่าปัจจุบันกับค่าหลังดำเนินการในแต่ละมาตรการ ซึ่งเขียนความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 4-1 และในงานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ค่าจากผลการศึกษาของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

(2557) ซึ่งได้ศึกษามูลค่าของเวลาในการเดินทางและมูลค่าของเวลาในการรอรถในพื้นที่ของจังหวัดสงขลา รายละเอียดสรุปดังตารางที่ 4-10

6.4.3 การวิเคราะห์หาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน

ในการวิเคราะห์หาอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนแต่ละปี สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4-2 และผลที่ได้แต่ละมาตรการแสดงดังตารางที่ 6-10

จากตารางที่ 6-10 พบว่า อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนแต่ละปีของมาตรการที่ 3 มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับที่ 1 โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 4.09 รองลงมาคือ มาตรการที่ 2 โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 2.07 และมาตรการที่ 1 มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับที่ 3 โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 1.82 ส่วนการรวมทุกมาตรการ มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับสุดท้าย โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 1.28

จากการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ สรุปได้ว่า อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนแต่ละปี จากมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ มาตรการที่ 3 มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับที่ 1 อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาดูผลประโยชน์จากการปรับปรุงแล้ว การรวมทุกมาตรการให้ผลประโยชน์มากที่สุด ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้ ต้นทุนมีผลต่อการเลือกลำดับในการปรับปรุง เนื่องจากการรวมทุกมาตรการ ใช้งบประมาณในการปรับปรุงค่อนข้างสูง ดังนั้น การปรับปรุงการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์นั้น หน่วยงานที่รับผิดชอบในการปรับปรุงที่อาจมีข้อจำกัดด้านงบประมาณ สามารถเลือกลำดับการปรับปรุงตามที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ข้างต้น แต่หากหน่วยงานไม่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ อาจเลือกตามลำดับของผลประโยชน์ที่ได้รับในแต่ละมาตรการ เพื่อปรับปรุงการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

ตารางที่ 6-10 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนจากมาตรการการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

มาตรการในการจัดการจราจร	ประโยชน์จากเวลาในการเดินทางเฉลี่ยที่ลดลง (วินาที/คัน)	ประโยชน์จากความล่าช้าเฉลี่ยที่ลดลง (วินาที/คัน)	ผลประโยชน์จากเวลาในการเดินทางและความล่าช้าที่ลดลง (บาท/ปี)	ต้นทุนค่าก่อสร้าง		สัดส่วนผลประโยชน์ต่อทุน	ความเหมาะสมของการลงทุน
				ตลอด 5 ปี (บาท)	เฉลี่ยต่อปี (บาท/ปี)		
สภาพปัจจุบัน	-	-	-	-	-	-	
มาตรการที่ 1	6.94	5.59	237,571	468,799	130,222	1.82	3
มาตรการที่ 2	8.07	6.23	269,423	468,831	130,231	2.07	2
มาตรการที่ 3	4.45	3.49	149,947	131,866	36,630	4.09	1
การรวมทุกมาตรการ	10.63	9.23	380,772	1,069,496	297,082	1.28	4

ที่มา: ผู้วิจัย

บทที่ 7
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการศึกษา

ผู้วิจัยได้สรุปผลการศึกษา การปรับปรุงการจัดการจราจรบริเวณทางแยกในเขตเมืองหาดใหญ่ กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 3 ประตู ได้ดังนี้

7.1.1 ภาพรวมของผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ เป็นการปรับปรุงการจัดการจราจรบริเวณทางแยกในเขตเมืองหาดใหญ่ ทั้ง 3 ทางแยกนี้ เป็นตัวอย่างของทางแยกในเขตเมืองหาดใหญ่และเสนอมาตรการปรับปรุงเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาสภาพการจราจรและเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรบริเวณทางแยกที่มีลักษณะใกล้เคียงกันในเขตเมือง

ทางแยกประตูศรีตรัง เป็นทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร มีถนนสายรองตัดกับถนนสายหลักที่มียานพาหนะวิ่งผ่านจำนวนมาก ดังนั้นควรมีการจัดการบริเวณกลางทางแยก เช่น การสร้างเกาะแบ่งช่องจราจร เพื่อให้รถสายรองที่มีปริมาณจราจรน้อยกว่า ซึ่งต้องตัดผ่านการจราจรบนถนนสายหลักมีความปลอดภัยมากขึ้นและไม่ส่งผลกระทบต่อกระแสจราจรบนถนนสายหลักและจุดกลับรถไม่ควรอยู่ตรงบริเวณทางแยก เนื่องจากจะทำให้เกิดการสะสมของยานพาหนะกลางทางแยก และการเพิ่มช่องรอเลี้ยวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการสัญจรบนถนนสายหลักได้

ทางแยกประตูสงขลานครินทร์ เป็นทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร โดยถนนแต่ละทิศทางมีปริมาณจราจรใกล้เคียงกัน ดังนั้นจะต้องจัดช่องจราจรให้เหมาะสมกับปริมาณของยานพาหนะในแต่ละทิศทาง เช่น ปริมาณของยานพาหนะในทิศทางตรงและเลี้ยวขวาอยู่ระหว่าง 300 - 600 คัน/ชั่วโมง จากถนนเดิมที่มี 3 ช่องจราจร ควรปรับให้เป็น 4 ช่องจราจร โดยมีช่องเลี้ยวซ้าย 1 ช่อง ทางตรง 1 ช่อง ทางตรงร่วมกับเลี้ยวขวา 1 ช่อง และเลี้ยวขวาเฉพาะ 1 ช่อง และการเพิ่มช่องรอเลี้ยวและช่องเร่งความเร็วบริเวณทางแยก สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรบริเวณทางแยกและเพิ่มความปลอดภัยให้ดีขึ้น ส่วนการจัดช่องหยุดรอสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ ทำให้รถจักรยานยนต์ที่จอดรอสัญญาณไฟจราจรมีความเป็นระเบียบ

ทางแยกประตูศรีทรัพย์ เป็นทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร มีถนนสายรองตัดกับถนนสายหลักที่มียานพาหนะวิ่งผ่านจำนวนมาก และบริเวณทางแยกอยู่ใกล้กับพื้นที่ตลาดศรีตรัง ซึ่งมียานพาหนะที่จอดใกล้กับบริเวณทางแยก ทำให้เกิดการจราจรติดขัด จึงไม่ควรจอดยานพาหนะใกล้กับบริเวณทางแยกอย่างน้อย 50 เมตร และควรเพิ่มช่องรอเลี้ยว ช่องจราจรร่วมบริเวณทางแยกบนถนนสายหลัก และการจัดการบริเวณกลางทางแยก ให้ยานพาหนะสามารถตรงได้อย่างปลอดภัย เช่น

การติดตั้งเสาล้มลุก จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรบริเวณทางแยกและเพิ่มความปลอดภัยให้ดีขึ้น ในส่วนการจัดช่องหยุดรอสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ จะทำให้รถจักรยานยนต์ที่หยุดรอสัญญาณไฟจราจรมีความเป็นระเบียบมากขึ้น

7.1.2 ผลการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

ผลจากการเสนอมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง เมื่อเทียบกับแบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน สามารถสรุปผลได้ดังนี้ 1) มาตรการย้ายจุดกลับรถบนถนนกาญจนวณิชย์ด้านทิศเหนือ สามารถลดเวลาในการเดินทาง 31% ลดความล่าช้า 23% และลดความยาวแถวคอย 42% 2) มาตรการเพิ่มช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้ายเข้ามหาวิทยาลัยฯ สามารถลดเวลาในการเดินทาง 29% ลดความล่าช้า 28% และลดความยาวแถวคอย 26% 3) การจัดการพื้นที่ขัดแย้งบริเวณกลางทางแยก สามารถลดเวลาในการเดินทาง 21% ลดความล่าช้า 10% และลดความยาวแถวคอย 37% และ 4) การรวมทุกมาตรการ สามารถลดเวลาในการเดินทาง 49% ลดความล่าช้า 62% และลดความยาวแถวคอย 86%

จากทุกมาตรการที่ได้นำเสนอ พบว่า ทุกมาตรการสามารถลดค่าตัวชี้วัดทั้ง 3 ลงได้ โดยเฉพาะการรวมทุกมาตรการ สามารถลดค่าทุกตัวชี้วัดได้มากที่สุด แต่เมื่อวิเคราะห์อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนจากมาตรการจัดการจราจรแต่ละมาตรการ เพื่อเลือกมาตรการปรับปรุงที่มีความคุ้มค่า กลับพบว่า มาตรการที่ 1 การย้ายจุดกลับรถบนถนนกาญจนวณิชย์ด้านทิศเหนือ มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับที่ 1 โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 5.22 รองลงมาคือ มาตรการที่ 2 การเพิ่มช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้ายเข้ามหาวิทยาลัย มีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 2.39 และการรวมทุกมาตรการ มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับที่ 3 โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 2.23 ส่วนมาตรการที่ 3 การจัดการพื้นที่ขัดแย้งบริเวณกลางทางแยก มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับสุดท้าย โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 2.06

7.1.3 ผลการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

ผลจากการเสนอมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ เมื่อเทียบกับแบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน สามารถสรุปผลได้ดังนี้ 1) มาตรการขยายช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาบนถนนกาญจนวณิชย์ฝั่งทางทิศเหนือ สามารถลดเวลาในการเดินทาง 8% ลดความล่าช้า 0.08% และลดความยาวแถวคอย 4% 2) มาตรการเพิ่มช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้ายบนถนนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สามารถลดเวลาในการเดินทาง 9% ลดความล่าช้า 4% และลดความยาวแถวคอย 3% 3) มาตรการเพิ่มช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้ายบนถนนศุภสารรังสรรค์ สามารถลดเวลาในการเดินทาง 5% ลดความล่าช้า 7% และลดความยาวแถวคอย 5% และ 4) การรวมทุกมาตรการ สามารถลดเวลาในการเดินทาง 18% ลดความล่าช้า 13% และลดความยาวแถวคอย 14%

จากทุกมาตรการที่ได้นำเสนอ พบว่า ทุกมาตรการสามารถลดค่าตัวชี้วัดทั้ง 3 ลงได้ โดยเฉพาะการรวมทุกมาตรการ สามารถลดค่าทุกตัวชี้วัดได้มากที่สุด แต่เมื่อวิเคราะห์อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนจากมาตรการจัดการจราจรแต่ละมาตรการ เพื่อเลือกมาตรการปรับปรุงที่มีความคุ้มค่า กลับพบว่า มาตรการที่ 2 การเพิ่มช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้ายบนถนนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับที่ 1 โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 2.93 รองลงมาคือ การรวมทุกมาตรการ โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 1.82 และมาตรการที่ 3 การเพิ่มช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวซ้ายของถนนศุภสารรังสรรค์ มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับที่ 3 โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 1.53 ส่วนมาตรการที่ 1 มาตรการขยายช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาบนถนนกาญจนวณิชย์ฝั่งทางทิศเหนือ มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับสุดท้าย โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 1.46

7.1.4 ผลการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

ผลจากการเสนอมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ เมื่อเทียบกับแบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน สามารถสรุปผลได้ดังนี้ 1) มาตรการเพิ่มช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันตก สามารถลดเวลาในการเดินทาง 18% ลดความล่าช้า 20% และลดความยาวแถวคอย 72% 2) มาตรการเพิ่มช่องจราจรร่วมเส้นทางหลักบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันออก สามารถลดเวลาในการเดินทาง 21% ลดความล่าช้า 22% และลดความยาวแถวคอย 74% 3) มาตรการติดตั้งเสาจราจรล้มลุกตามแนวช่องทางตรงผ่านตลอดเมื่อปลอดภัย สามารถลดเวลาในการเดินทาง 12% ลดความล่าช้า 13% และลดความยาวแถวคอย 7% และ 4)

การรวมทุกมาตรการ สามารถลดเวลาในการเดินทาง 28% ลดความล่าช้า 33% และลดความยาวแถวคอย 79%

จากทุกมาตรการที่ได้นำเสนอ พบว่า ทุกมาตรการสามารถลดค่าตัวชี้วัดทั้ง 3 ลงได้ โดยเฉพาะการรวมทุกมาตรการ สามารถลดค่าทุกตัวชี้วัดได้มากที่สุด แต่เมื่อวิเคราะห์อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนจากมาตรการจัดการจราจรแต่ละมาตรการ เพื่อเลือกมาตรการปรับปรุงที่มีความคุ้มค่า กลับพบว่า มาตรการที่ 3 การติดตั้งเสาจราจรล้มลุกตามแนวช่องทางตรงผ่านตลอดเมื่อปลอดภัย มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับที่ 1 โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนเท่ากับ 4.09 รองลงมาคือ มาตรการที่ 2 การเพิ่มช่องจราจรร่วมเส้นทางหลักบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันออก มีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 2.07 และมาตรการที่ 1 การเพิ่มช่องจราจรรอเลี้ยวซ้ายบนถนนปุณณกัณฑ์ฝั่งทิศตะวันตก มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับที่ 3 โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน เท่ากับ 1.82 ส่วนการรวมทุกมาตรการ มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับสุดท้าย โดยมีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนแต่ละปี เท่ากับ 1.28

7.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยครั้งนี้ เป็นการนำเสนอมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกเข้าออกหลักของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยเน้นการปรับปรุงลักษณะกายภาพบริเวณทางแยกเท่านั้น งานวิจัยในอนาคตควรมีการศึกษาเพิ่มเติมใน 2 ประเด็นหลักดังนี้

7.2.1 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

ข้อเสนอแนะในการพัฒนาแบบจำลองฯ มีข้อเสนอดังนี้

1) การเพิ่มองค์ประกอบของตัวแทนยานพาหนะในแบบจำลองให้ครอบคลุมกับลักษณะของยานพาหนะในประเทศไทย เช่น รถบรรทุกประเภท 6 ล้อและ 10 ล้อ รวมทั้งลักษณะของตัวรถ ลักษณะของหัวลากจูง และความยาวของยานพาหนะ

2) การปรับพฤติกรรมในการขับขี่ของยานพาหนะในแบบจำลอง ควรเพิ่มพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ ให้มีความใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด

7.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต มีดังนี้

1) ควรพิจารณาหามาตรการเพิ่มเติมที่สามารถแก้ไขปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกได้ เช่น การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร การปิดเกาะกลางถนน เป็นต้น

2) ควรพิจารณาผลกระทบของบริเวณแยกใกล้เคียงหลังมีการปรับปรุงบริเวณทางแยกนั้น ๆ และควรศึกษาโครงข่ายเพิ่มเติมในลักษณะของความต่อเนื่องของการจราจรบริเวณทางแยกหลังจากมีการปรับปรุง

3) ควรเพิ่มเติมการพิจารณามาตรการในการปรับปรุงสัญญาณไฟจราจร เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร และหารูปแบบจังหวะรวมทั้งช่วงเวลาของสัญญาณไฟจราจรที่สอดคล้องกับปริมาณจราจรทั้งระบบมากที่สุด

4) ควรประยุกต์ใช้ Surrogate Safety Assessment Model ในการวิเคราะห์ความปลอดภัยของบริเวณทางแยกเพิ่มเติม

บรรณานุกรม

กลุ่มสถิติสารสนเทศ สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง. (2559). รายงานปริมาณการเดินทางบนทางหลวง ปี 2559

กรมทางหลวงชนบท (2551ก). คู่มือปรับปรุงกายภาพทางหลวงท้องถิ่นในเขตเมือง ปี 2551

กรมทางหลวงชนบท (2551ข). คู่มือและมาตรฐานความปลอดภัยในการจัดการจราจรบนทางหลวงชนบท ปี 2551

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย. (2557). โครงการศึกษาความเป็นไปได้สำรวจและออกแบบเบื้องต้นทางพิเศษเพื่อพัฒนาระบบโลจิสติกส์ระหว่างประเทศ. รายงายฉบับสมบรูณ์, มิถุนายน 2557.

จิรพัฒน์ โชติกไกร (2549). วิศวกรรมการทาง / จิรพัฒน์ โชติกไกร. กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2549

ชัยวัฒน์ ใหญ่บก. (2558). การปรับปรุงการจราจรบริเวณสี่ทางแยกบนถนนกาญจนวนิชย์ในเมืองหาดใหญ่. วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ทวี วิชัยเมธาวี. (2546). การพัฒนาวิธีควบคุมสัญญาณไฟจราจรในสภาพอิ่มตัว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร. ประเทศไทย.

พลศรี ประเสริฐพรรณ, และสุพรชัย อุทัยนฤมล. (2556). การวิเคราะห์ความแปรผันของตัวแปรด้านจราจร ที่เกิดจากสัดส่วนของประเภทพาหนะในพื้นที่กิจกรรมขนาดใหญ่ โดยใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค. เอกสารการประชุมวิชาวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18. หน้าที่ TRD 338- TRD 344. เชียงใหม่. ประเทศไทย.

ปิยวัฒน์ ทองเกรียว, และลัดดา ตันวาณิชกุล. (2556). การพัฒนาแบบจำลองระดับจุลภาคเพื่อหาความจุและระดับการให้บริการของถนน กรณีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น. เอกสารการประชุมวิชาวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18. หน้าที่ TRD 259- TRD 264. เชียงใหม่. ประเทศไทย.

ปรเมศวร์ เหลือเทพ. (2559). วิศวกรรมจราจร. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมขนส่ง. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ปวีร์ คูวิบูลย์. (2560). การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการออกแบบทางแยกแบบกลับรถที่เกาะกลางบนทางหลวงหมายเลข 121 จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วราศักดิ์ ปะสังติโย. (2556). การวิเคราะห์มาตรการจัดการจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ที่ทางแยกสัญญาณไฟจราจร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. ประเทศไทย.

สมิทธิ์ อักขิโสภา, และจำรัส พิทักษ์ศฤงคาร. (2556). การศึกษาเพื่อปรับปรุงจุดตัดทางรถไฟ โดยใช้ระบบอาณัติสัญญาณไฟอัตโนมัติและใช้แบบจำลองระดับจุลภาค กรณีศึกษาป้ายหยุดรถไฟพระจอมเกล้า, เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18. วันที่ 8-10 พฤษภาคม 2556. หน้าที่ TRP-137 - TRP-141. เชียงใหม่. ประเทศไทย.

สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2551). วิศวกรรมจราจร. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมขนส่ง. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุวิช เพชรชมพูพันธ์ และ จำรัส พิทักษ์ศฤงคาร. (2556). การวิเคราะห์ความจุบนถนนสายหลักโดยแบบจำลองระดับจุลภาค กรณีศึกษาช่วงถนนอ่อนนุช – ลาดกระบัง, เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18: 8-10 พฤษภาคม 2556. หน้าที่ TRP-142 - TRP-149. เชียงใหม่. ประเทศไทย.

เสกสรร บุญฉวี. (2553). การวิเคราะห์ระยะห่างที่เหมาะสมของทางแยกแบบกระแสจราจรไหลต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. ประเทศไทย.

สำนักวิศวกรรมการผังเมือง กรมโยธาธิการและผังเมือง (2560) ปริมาณการเดินทางบนทางหลวง ปี 2559

Chen, K., and Yu, L. (2007). Microscopic Traffic-Emission Simulation and Case Study for Evaluation of Traffic Control Strategies. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology. Volume 7, Issue 1, February 2007, Pages 93–99.

Dowling, R., Skabardonis, A., and Alexiadis, V. (2004). Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guideline for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software. CA.: Dowling Associates.

Florida Department of Transportation [FDOT]. (2014). A Reference for Planning and Operation. Traffic Analysis Handbook. Systems Planning Office, Tallahassee, Florida. March 2014.

Highway Capacity Manual [HCM]. (2000). Chapter 7 – Traffic Flow Paremeters. Handbook manuals. Washington D.C., U.S.A.: National Research Council

Krogscheepers, C., and Kacir, K. (2001). Latest Trends in Micro Simulation: An Application of the Paramics Model. 20th South African Transport Conference. South Africa: BKS (Pty) Ltd.

Lin, C.F. (2003). Performance comparison for roundabout simulation under Paramics, vissim and aimsun. USA: Department of civil and environment

Luk, J.Y.K. (2006). The use and application of microsimulation traffic madels. Syney: Austroads.

Matsumoto, W., Fukuda, A., Ishizaka, T., and Hashino, Y. (2014). Study on Effective lane usage including bus exclusive lane for motorcycles. 7th ATRANS Symposium: Young Researcher's Forum. August 22, 2014, Bangkok, Thailand.

Mosseri G., Hall M.A., and Meyer J.J. (2004). VISSIM micro-simulation modeling of complex geometry and traffic control: a case study of ocean parkway, NY. Paper presented at the ITE 2004 Annual Meeting and Exhibit; 2004 August 1-4; Lake Buena Vista (FL), USA.

Oketch, T., and Carrick, M. (2005). Calibration and validation of a micro-simulation model in network analysis. Presentation at the TRB Annual Meeting, 2005.

Pitaksringkarn J., and Pitaksringkarn, L. (2003). The use of micro-simulation modeling in the comprehensive transportation planning process: san diego's experience. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 5(1): 2123-2135.

PTV Planning Transport Verkehr AG [PTV]. (2014). VISSIM 8.00. User Manual, PTV, Karlsruhe.

Ryder, P. (2001). The use and application of micro simulation Traffic models. Sydney: Austroads.

The United Nations (UN) (2015). The Global for Sustainable Development. United Nations Thailand. http://www.un.or.th/globalgoals/th/the-goals/. Accessed 23 January 2018

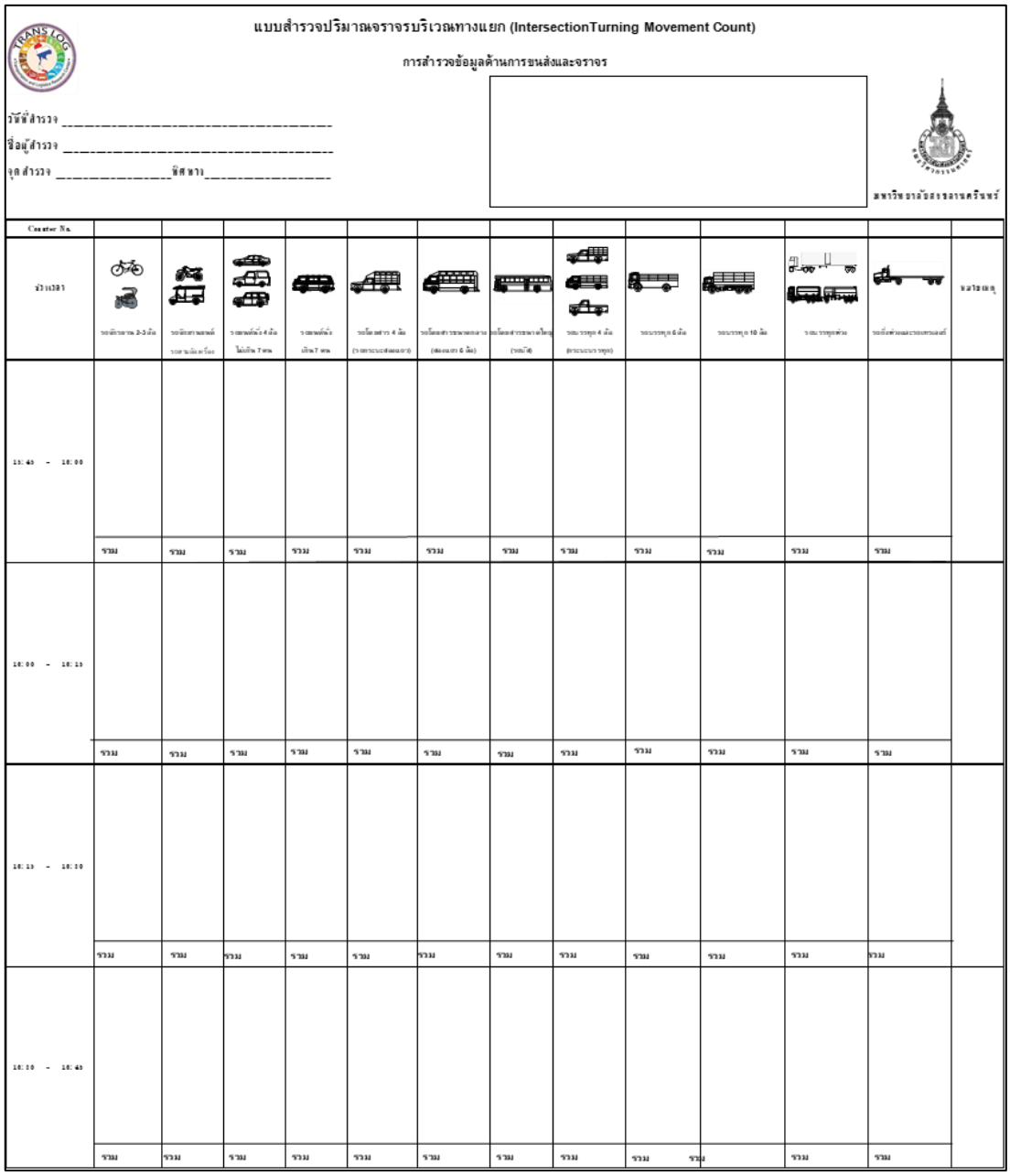
Transport for London [TfL]. (2003). Micro Simulation Modeling Guidance note for TfL. [online]. Available from: http://baseplusworld.com/assets/guides/TfL_jan_2003_guidancenote-microsimulation_.pdf.

Transportation Research Board [TRB]. (2000). Highway Capacity Manual Washington D.C., USA.: National Research Council.

Wisconsin Department of Transportation [Wisconsin DOT]. (2002). Paramics Calibration and Validation Guidelines, Freeway System Operational Assessment, Technical Report 1-33, District 2, Milwaukee, WL. June 2002

ภาคผนวก ก
แบบสำรวจข้อมูลภาคสนาม

ภาคผนวก ก-1 แบบสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก



แบบสำรวจปริมาณจราจรบริเวณทางแยก (IntersectionTurning Movement Count)

การสำรวจข้อมูลด้านการขนส่งและจราจร

วันที่สำรวจ _____

ชื่อผู้สำรวจ _____

จุดสำรวจ _____ทิศทาง_____

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Counter No.													
เวลา	รถจักรยาน 2-3 ล้อ	รถจักรยานยนต์ รถสามล้อเครื่อง	รถยนต์นั่ง 4 ล้อ ไม่เกิน 7 คน	รถยนต์นั่ง เกิน7 คน	รถโดยสาร 4 ล้อ (รถตระเวนส่งของต่าง)	รถโดยสารขนาดกลาง (ต้องเกิน 6 ล้อ)	รถโดยสารขนาดใหญ่ (รถบัส)	รถบรรทุก 4 ล้อ (ตระเวนบรรทุก)	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถบรรทุกพ่วง	รถเครื่องพ่วงและรถกลแลง	จยย.และอื่นๆ
15:45 - 16:00	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	
16:00 - 16:15	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	
16:15 - 16:30	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	
16:30 - 16:45	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	

ภาคผนวก ก-2 แบบสำรวจความเร็วบริเวณทางแยก

ผู้สำรวจ :.. **จุดสำรวจ :**..

วันที่สำรวจ :................**เวลา :**................................ **สภาพอากาศ :**......................................

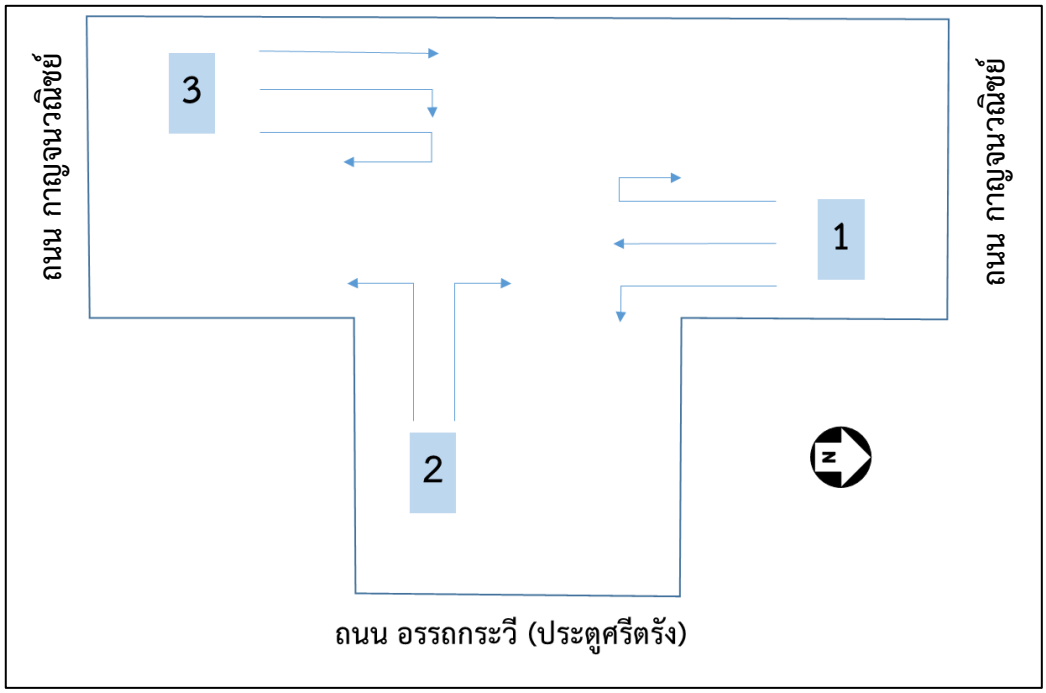
No.	รถจักรยานยนต์ (sec)	รถยนต์ (sec)	รถตุ๊กตุ๊ก (sec)	รถตู้ (sec)	รถสองแถว (sec)	รถบรรทุก 6 ล้อ (sec)	รถบรรทุก 10 ล้อ (sec)	รถประจำทาง (sec)

ภาคผนวก ก-3 แบบสำรวจสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก

<table>
<tr><td colspan="5">จุดสำรวจ .....
ผู้สำรวจ .....</td><td colspan="4">บริเวณทางแยก .....
วันที่สำรวจ .....</td><td colspan="2">แผนที่ประกอบ</td></tr>
<tr><td colspan="9">ภาพเสก็ต
N
W E
S</td><td rowspan="3">รูปแบบสัญญาณไฟจราจร</td><td rowspan="3">☐
☐
☐
☐ อื่นๆ .....</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">A</td><td colspan="2">B</td><td colspan="2">C</td><td colspan="2">D</td><td>ระบบสัญญาณไฟจราจร</td><td>☐ Fixed Time Signal
☐ Actuated Time Signal</td></tr>
<tr><td>Phase No.</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td rowspan="2">ระบบนับถอยหลัง</td><td rowspan="2">☐ มี
สภาพ ☐ ชำรุด ☐ ใช้การได้</td></tr>
<tr><td>Green</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Yellow</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td>เวลาที่เปิดใช้</td><td>..... น.</td></tr>
<tr><td>Red</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td>เวลาที่ปิด</td><td>..... น.</td></tr>
<tr><td>All red</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td rowspan="2">การควบคุมการจราจรด้วยเจ้าหน้าที่ตำรวจ</td><td rowspan="2">☐ ไม่มี ☐ มี
เวลา..... น.</td></tr>
<tr><td>รอบสัญญาณไฟ</td><td colspan="8"></td></tr>
</table>

ภาคผนวก ข
ผลการสำรวจข้อมูลภาคสนาม

ภาคผนวก ข-1 ผลการสำรวจปริมาณและความเร็วของการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง



รูปที่ ข-1 ทิศทางการสำรวจปริมาณการจราจรและความเร็วบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

ตารางที่ ข-0-1 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

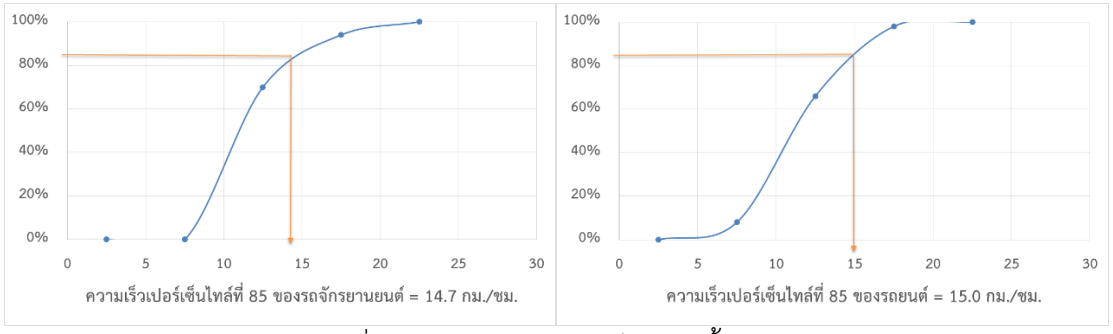
ทิศทาง	เวลา	เลี้ยวซ้าย				ทางตรง				กลับรถ			
		รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6 อ	รถบรรทุก 10 ล้อ
1	08:00-08:15	55	100	-	-	210	220	5	-	3	12	-	-
	08:15-08:30	63	123	-	-	225	239	6	2	5	15	-	-
	08:30-08:45	79	114	-	-	200	267	6	-	2	12	-	-
	08:45-09:00	40	67	-	-	118	280	10	6	1	11	1	-
	09:00-09:15	25	36	-	-	96	240	5	-	6	17	-	-
	09:15-09:30	29	34	-	-	65	235	3	-	10	15	-	-
	09:30-09:45	35	41	-	-	60	229	4	-	5	13	-	-
	09:45-10:00	26	37	-	-	63	222	2	1	4	15	-	-
1	16:00-16:15	26	40	-	-	133	288	7	2	3	18	-	-
	16:15-16:30	25	51	-	-	145	257	-	-	4	10	-	-
	16:30-16:45	32	44	-	-	139	247	2	-	6	18	-	-
	16:45-17:00	29	41	-	-	150	241	-	1	3	12	-	-
	17:00-17:15	31	49	-	-	176	266	2	1	4	12	-	-
	17:15-17:30	31	62	-	-	157	251	1	-	6	13	-	-
	17:30-17:45	32	50	-	-	155	250	2	-	3	10	-	-
	18:45-18:00	26	45	-	-	148	249	1	-	3	8	-	-

ตารางที่ ข-1 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง (ต่อ)

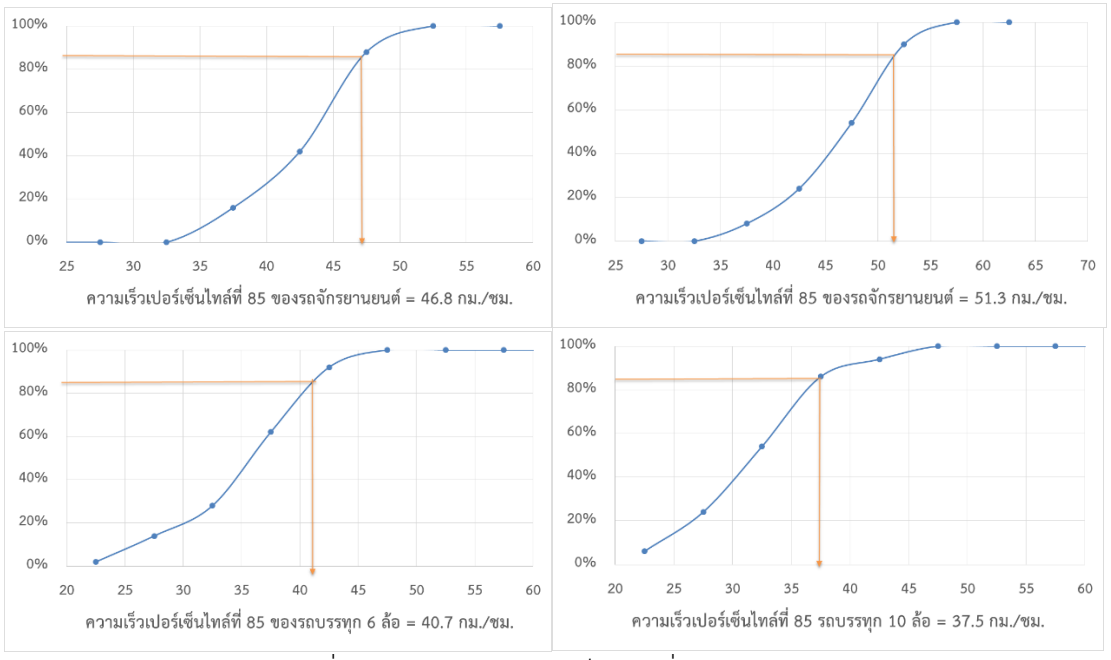
ทิศทาง	เวลา	เลี้ยวซ้าย				เลี้ยวขวา			
		รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก6ล้อ	รถบรรทุก10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก6ล้อ	รถบรรทุก10ล้อ
2	08:00-08:15	9	3	-	-	10	12	-	-
	08:15-08:30	7	5	-	-	17	13	-	-
	08:30-08:45	5	6	-	-	15	15	-	-
	08:45-09:00	2	7	-	-	13	18	-	-
	09:00-09:15	1	8	-	-	5	12	-	-
	09:15-09:30	6	3	-	-	3	6	-	-
	09:30-09:45	4	4	-	-	2	4	-	-
	09:45-10:00	3	4	-	-	4	8	-	-
2	16:00-16:15	4	3	-	-	38	25	-	-
	16:15-16:30	7	3	-	-	53	22	-	-
	16:30-16:45	6	10	-	-	37	37	-	-
	16:45-17:00	6	7	-	-	41	25	-	-
	17:00-17:15	4	3	-	-	30	22	1	-
	17:15-17:30	5	7	-	-	33	26	-	-
	17:30-17:45	1	3	-	-	25	11	-	-
	18:45-18:00	1	4	-	-	30	18	-	-

ตารางที่ ข-1 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง (ต่อ)

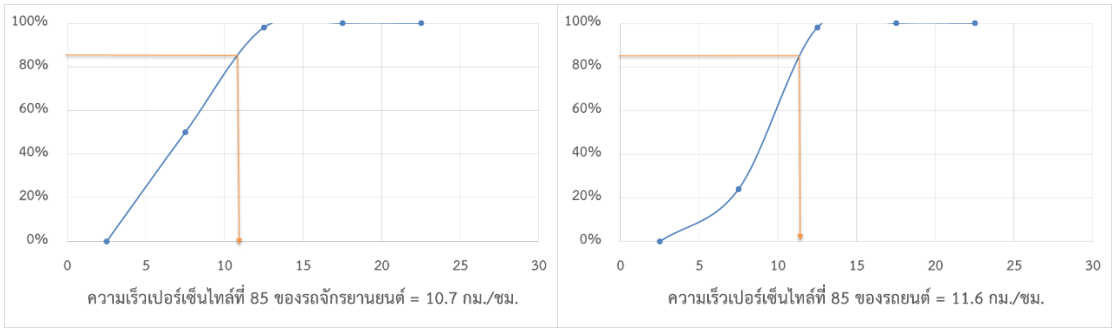
ทิศทาง	เวลา	ทางตรง				เลี้ยวขวา				กลับรถ			
		รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบรรทุก 10 ล้อ
3	08:00-08:15	210	220	3	1	2	3	-	-	1	2	-	-
	08:15-08:30	225	239	3	-	2	5	-	-	1	1	-	-
	08:30-08:45	200	267	7	-	4	5	-	-	-	-	-	-
	08:45-09:00	118	280	6	4	8	5	-	-	-	1	-	-
	09:00-09:15	96	240	11	6	1	2	-	-	1	1	-	-
	09:15-09:30	65	235	5	-	1	1	-	-	1	-	-	-
	09:30-09:45	60	229	2	2	2	1	-	-	-	1	-	-
	09:45-10:00	61	223	2	-	1	2	-	--	-	1	-	-
3	16:00-16:15	203	264	1	5	2	-	-	-	2	1	-	-
	16:15-16:30	239	374	3	6	4	-	-	-	1	-	-	-
	16:30-16:45	228	340	1	2	2	-	-	-	-	-	-	-
	16:45-17:00	233	314	2	2	4	1	-	-	-	-	-	-
	17:00-17:15	215	320	2	2	4	-	-	-	2	-	-	-
	17:15-17:30	197	272	3	4	11	1	-	-	2	1	-	-
	17:30-17:45	193	280	2	2	6	-	-	-	1	-	-	-
	18:45-18:00	190	277	1	2	5	-	-	-	1	1	-	-



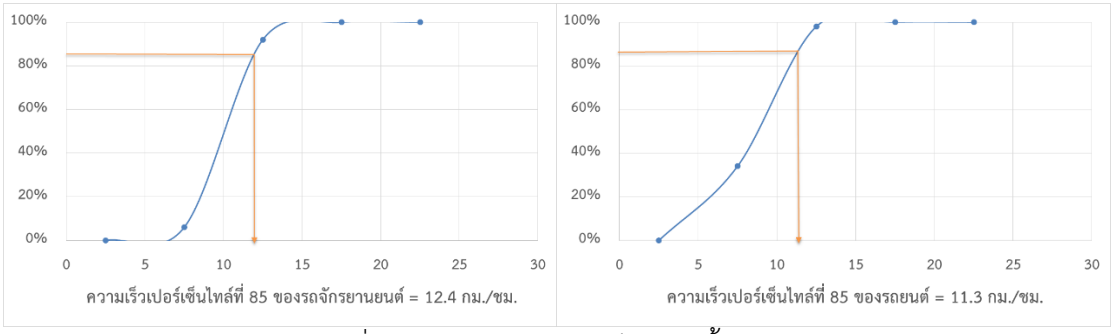
รูปที่ ข-2 ทิศทาง 1 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย



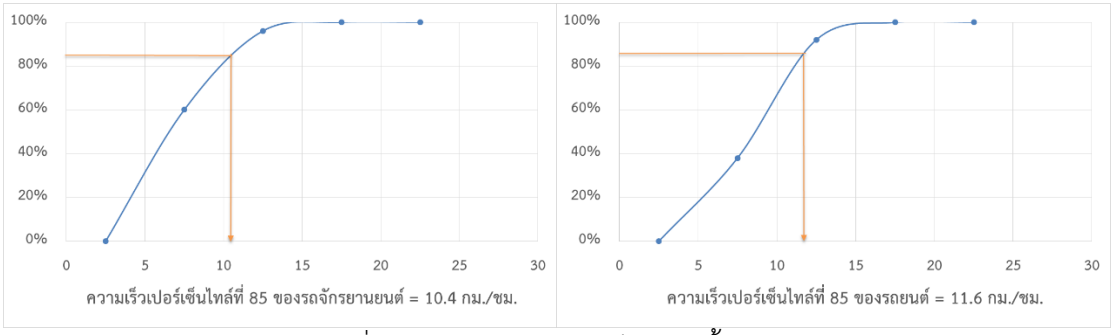
รูปที่ ข-3 ทิศทาง 1 ความเร็วขณะวิ่งผ่านทางแยก



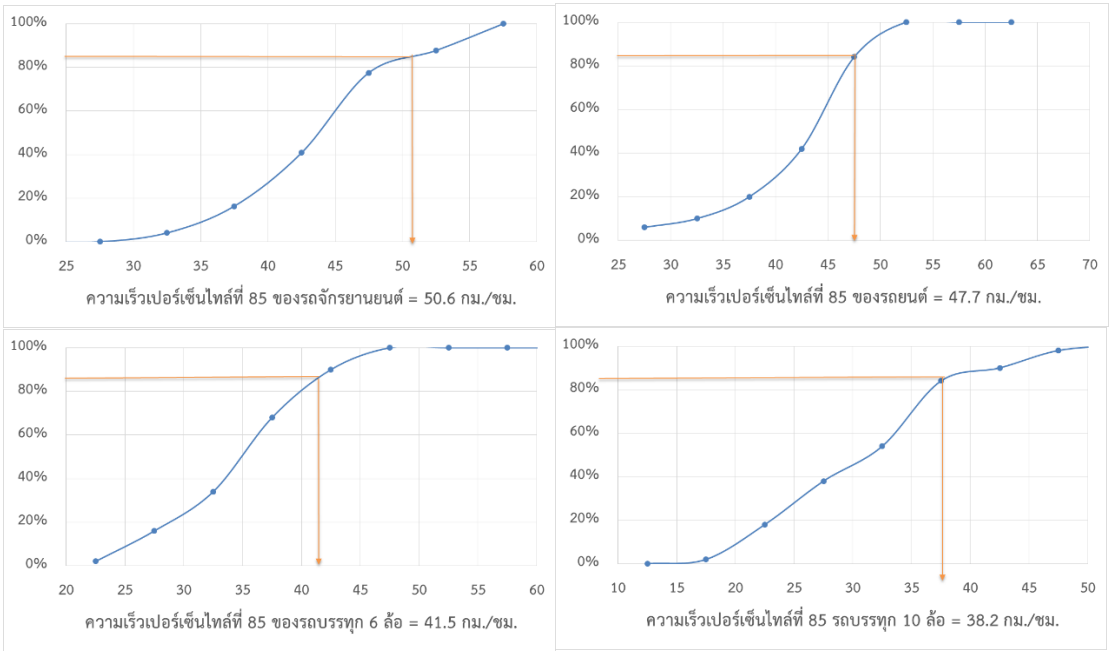
รูปที่ ข-4 ทิศทาง 1 ความเร็วขณะกลับรถ



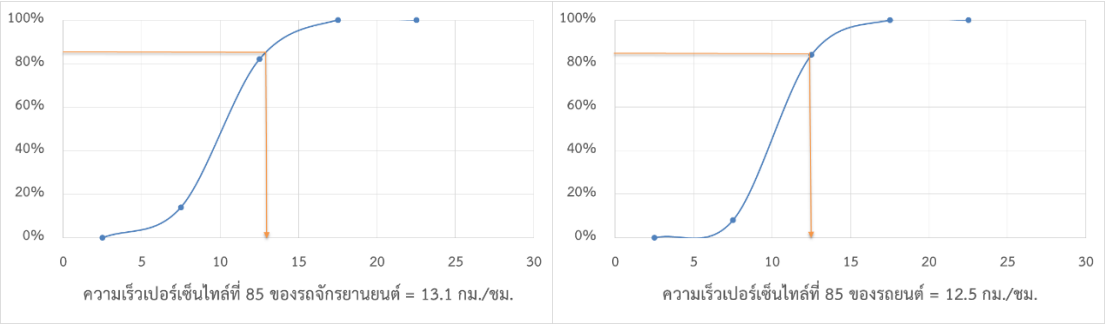
รูปที่ ข-5 ทิศทาง 2 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย



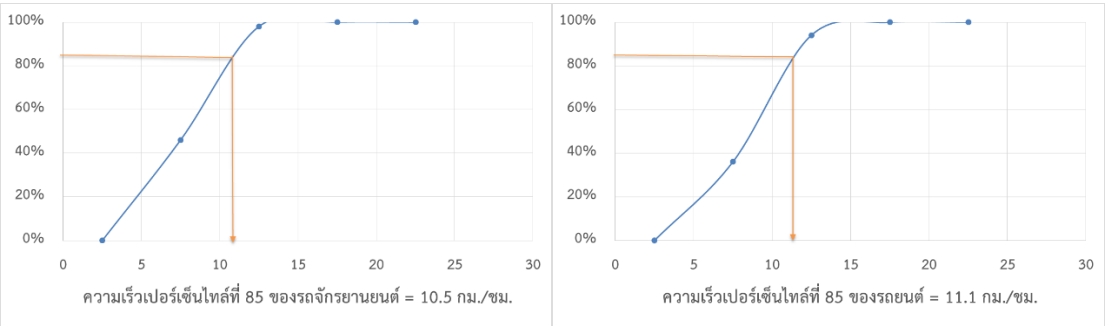
รูปที่ ข-6 ทิศทาง 2 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา



รูปที่ ข-7 ทิศทาง 3 ความเร็วขณะวิ่งผ่านทางแยก

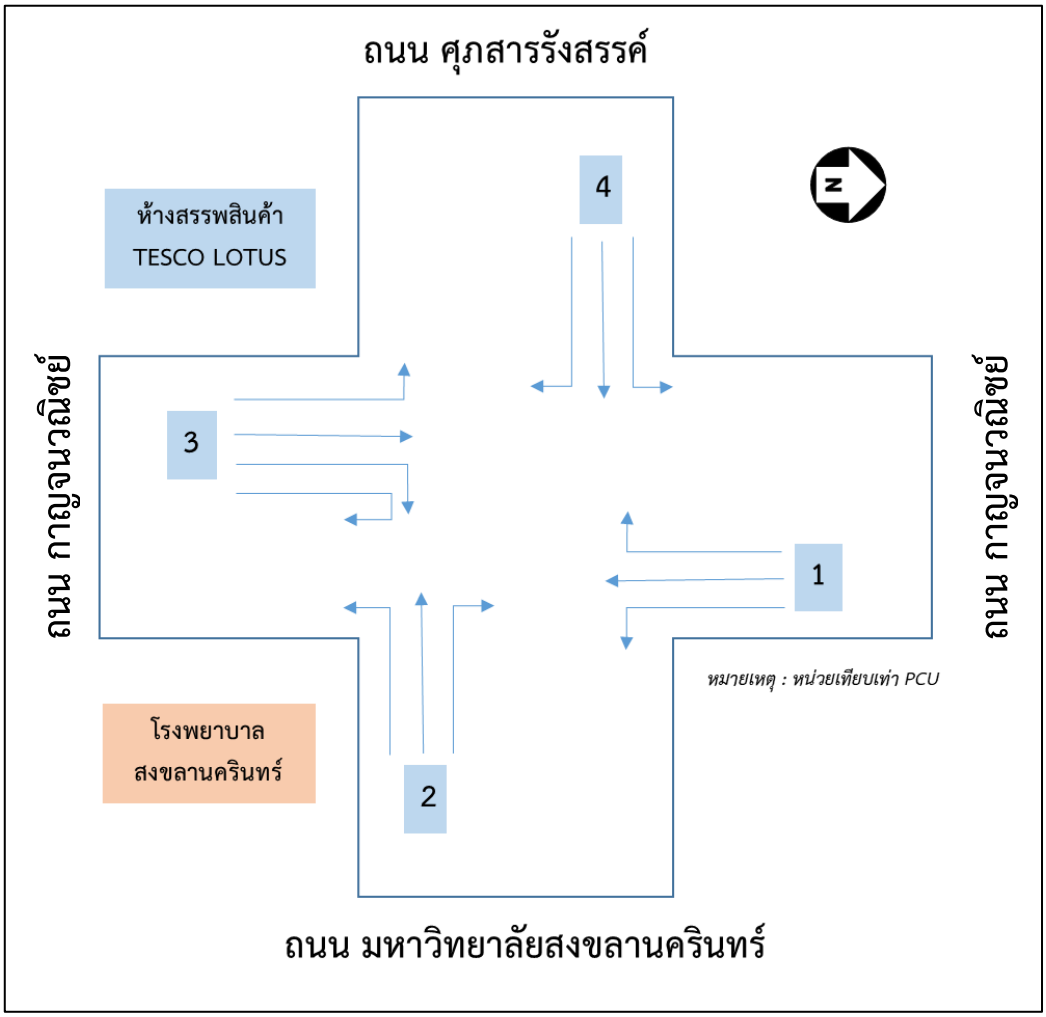


รูปที่ ข-8 ทิศทาง 3 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา



รูปที่ ข-9 ทิศทาง 3 ความเร็วขณะกลับรถ

ภาคผนวก ข-2 ผลการสำรวจปริมาณและความเร็วของการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์



รูปที่ ข-10 ทิศทางการสำรวจปริมาณการจราจรและความเร็วบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

ตารางที่ ข-0-2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์

ทิศทาง	เวลา	เลี้ยวซ้าย				ทางตรง				เลี้ยวขวา			
		รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบรรทุก 10 ล้อ
1	07:00-07:10	17	25	-	-	81	106	2	4	10	8	-	-
	07:10-07:20	36	49	-	-	79	104	1	4	34	51	-	-
	07:20-07:30	44	47	-	-	89	107	2	1	16	20	-	-
	07:30-07:40	59	59	-	-	151	133	5	2	37	61	-	-
	07:40-07:50	50	44	2	-	181	155	6	-	27	39	-	-
	07:50-08:00	58	68	-	-	117	97	5	-	30	26	1	-
	08:00-08:10	74	64	-	-	138	152	4	-	31	41	1	-
	08:10-08:20	52	60	-	-	116	120	8	4	19	43	1	-
	08:20-08:30	56	78	3	-	68	120	8	3	20	15	1	-
	08:30-08:40	47	56	-	-	78	155	7	2	12	50	-	-
	08:40-08:50	35	56	-	-	63	142	8	4	11	22	-	2
	08:50-09:00	53	44	-	-	51	105	8	3	23	23	-	-

ตารางที่ ข-2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ (ต่อ)

ทิศทาง	เวลา	เลี้ยวซ้าย				ทางตรง				เลี้ยวขวา			
		รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบรรทุก 10 ล้อ
1	16:00-16:10	11	29	-	-	100	151	2	-	10	24	-	-
	16:10-16:20	19	23	1	-	41	96	2	-	9	34	-	-
	16:20-16:30	13	28	2	-	75	161	1	-	19	42	-	-
	16:30-16:40	24	26	-	-	103	161	3	-	10	37	-	-
	16:40-16:50	19	36	2	-	77	104	2	-	24	65	-	-
	16:50-17:00	19	27	-	-	108	144	1	-	22	36	1	-
	17:00-17:10	20	32	-	-	76	98	1	-	15	32	1	-
	17:10-17:20	15	33	1	-	118	150	3	-	19	58	-	-
	17:20-17:30	17	19	-	-	86	93	3	1	13	22	-	-
	17:30-17:40	16	26	-	-	99	149	2	-	21	36	-	-
	17:40-17:50	16	28	-	-	104	126	1	2	14	28	-	-
	17:50-18:00	15	43	-	-	134	137	-	1	26	39	-	-

ตารางที่ ข-2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ (ต่อ)

ทิศทาง	เวลา	เลี้ยวซ้าย				ทางตรง				เลี้ยวขวา			
		รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6ล้อ	รถบรรทุก 10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6ล้อ	รถบรรทุก 10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6ล้อ	รถบรรทุก 10ล้อ
2	07:00-07:10	6	10	-	-	16	20	-	-	19	34	1	-
	07:10-07:20	3	6	1	-	9	39	-	-	26	68	1	-
	07:20-07:30	6	16	1	-	11	25	-	-	13	35	2	-
	07:30-07:40	12	7	-	-	11	36	-	-	24	38	1	-
	07:40-07:50	9	12	-	-	12	50	-	-	24	64	-	-
	07:50-08:00	10	7	-	-	20	30	-	-	19	54	-	-
	08:00-08:10	13	9	1	-	18	19	-	-	18	37	-	-
	08:10-08:20	10	8	-	-	11	33	-	-	24	36	-	-
	08:20-08:30	9	16	-	-	13	16	-	-	25	45	-	-
	08:30-08:40	6	7	-	-	10	7	-	-	20	40	1	-
	08:40-08:50	8	17	-	-	34	53	-	-	15	37	-	-
	08:50-09:00	11	13	-	-	26	24	-	-	27	31	-	-

ตารางที่ ข-2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ (ต่อ)

ทิศทาง	เวลา	เลี้ยวซ้าย				ทางตรง				เลี้ยวขวา			
		รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6ล้อ	รถบรรทุก 10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6ล้อ	รถบรรทุก 10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6ล้อ	รถบรรทุก 10ล้อ
2	16:00-16:10	15	9	-	-	52	36	-	-	34	36	-	-
	16:10-16:20	11	13	-	-	57	44	-	-	34	34	-	-
	16:20-16:30	13	22	-	-	38	29	-	-	45	52	-	-
	16:30-16:40	12	22	1	-	87	70	1	-	124	95	-	-
	16:40-16:50	15	24	-	-	93	68	-	-	66	70	-	-
	16:50-17:00	20	35	1	-	77	62	-	-	60	66	-	-
	17:00-17:10	9	23	-	-	67	61	-	-	48	56	1	-
	17:10-17:20	18	30	-	-	34	45	-	-	32	76	-	-
	17:20-17:30	19	32	-	-	56	55	-	-	46	66	-	-
	17:30-17:40	8	29	1	-	42	38	-	-	29	35	-	-
	17:40-17:50	23	24	-	-	37	44	-	-	33	56	-	-
	17:50-18:00	21	27	-	-	68	50	-	-	39	45	-	-

ตารางที่ ข-2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ (ต่อ)

ทิศทาง	เวลา	เลี้ยวซ้าย				ทางตรง				เลี้ยวขวา				กลับรถ	
		รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6ล้อ	รถบรรทุก 10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6ล้อ	รถบรรทุก 10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6ล้อ	รถบรรทุก 10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์
3	07:00-07:10	5	6	1	-	58	90	2	-	19	25	-	-	14	22
	07:10-07:20	20	15	-	-	111	92	4	-	18	28	-	-	10	19
	07:20-07:30	7	11	1	-	58	81	4	-	23	37	-	-	19	24
	07:30-07:40	10	19	-	-	92	87	4	-	20	42	-	-	32	31
	07:40-07:50	19	51	-	-	157	161	5	-	24	42	1	-	34	39
	07:50-08:00	20	20	-	-	142	95	3	-	34	58	-	-	29	35
	08:00-08:10	17	14	-	-	153	125	2	-	41	58	-	-	26	26
	08:10-08:20	14	13	1	-	67	73	-	-	21	46	1	-	45	34
	08:20-08:30	11	8	-	-	91	126	8	-	27	62	-	-	11	22
	08:30-08:40	10	17	-	-	37	92	8	-	20	49	-	-	27	22
	08:40-08:50	8	11	-	1	61	132	8	-	21	48	-	-	19	22
	08:50-09:00	12	15	-	-	57	153	8	-	31	59	-	-	13	25

ตารางที่ ข-2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ (ต่อ)

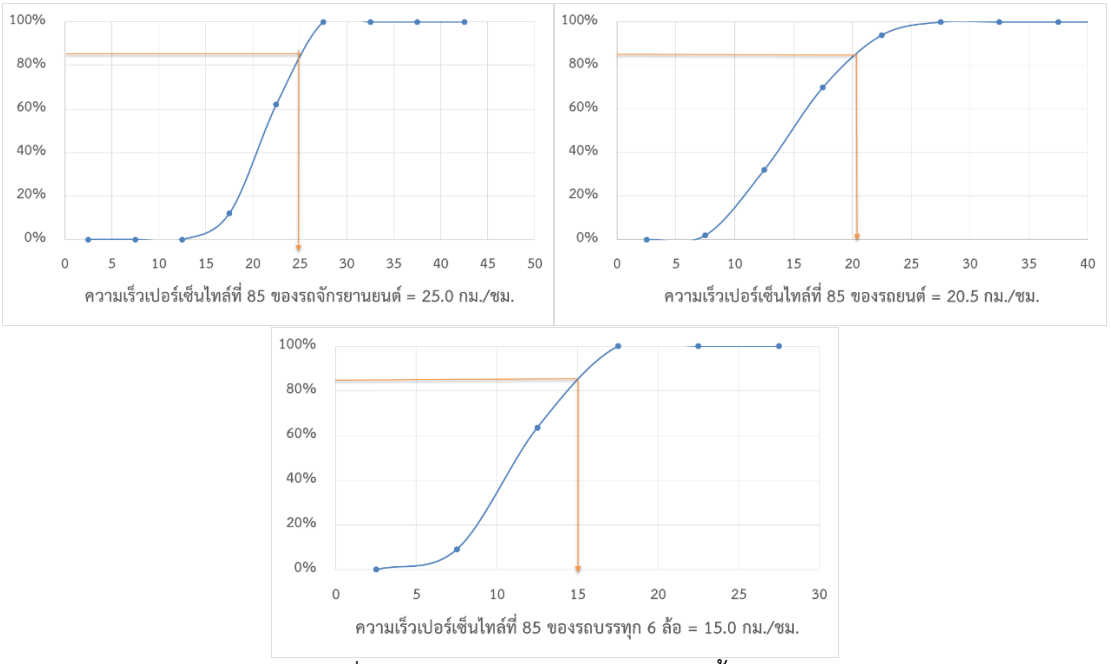
ทิศทาง	เวลา	เลี้ยวซ้าย				ทางตรง				เลี้ยวขวา				กลับรถ	
		รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6ล้อ	รถบรรทุก 10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6ล้อ	รถบรรทุก 10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6ล้อ	รถบรรทุก 10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์
3	16:00-16:10	21	48	-	-	59	124	2	-	12	17	-	-	12	24
	16:10-16:20	14	9	-	-	71	110	8	-	13	31	-	-	12	17
	16:20-16:30	21	18	-	-	77	145	2	-	23	35	-	-	18	21
	16:30-16:40	18	19	-	-	71	106	4	-	24	20	1	-	10	20
	16:40-16:50	21	21	1	-	106	153	4	-	24	31	-	-	21	10
	16:50-17:00	19	21	-	-	65	94	2	-	19	22	-	-	14	18
	17:00-17:10	12	14	-	-	98	135	4	-	19	30	-	-	18	18
	17:10-17:20	25	25	-	-	115	133	3	1	24	27	-	-	21	18
	17:20-17:30	20	24	-	-	73	116	-	-	17	17	-	-	10	7
	17:30-17:40	13	13	-	-	72	111	2	-	24	28	-	-	13	22
	17:40-17:50	21	26	-	-	131	124	2	-	18	24	-	-	16	12
	17:50-18:00	16	10	-	-	80	117	1	-	22	40	-	-	15	14

ตารางที่ ข-2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ (ต่อ)

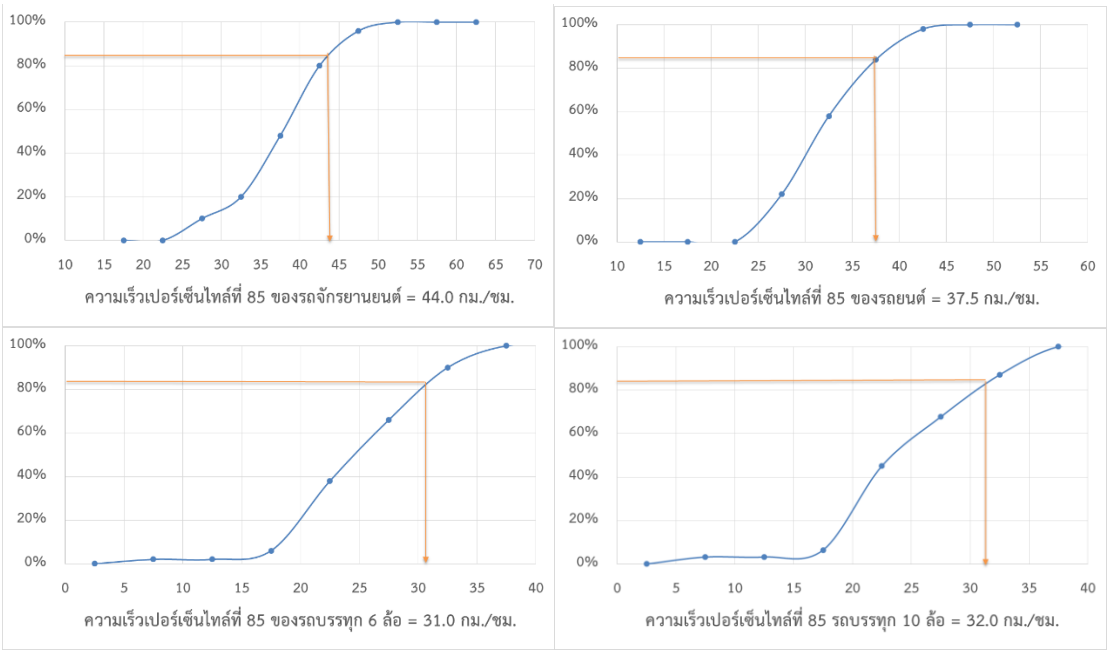
ทิศทาง	เวลา	เลี้ยวซ้าย				ทางตรง				เลี้ยวขวา			
		รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6ล้อ	รถบรรทุก 10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6ล้อ	รถบรรทุก 10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6ล้อ	รถบรรทุก 10ล้อ
4	07:00-07:10	10	12	-	-	15	30	-	-	30	26	-	-
	07:10-07:20	7	22	-	-	18	29	-	-	8	5	-	-
	07:20-07:30	8	19	-	-	25	45	-	-	22	20	-	-
	07:30-07:40	9	16	-	-	29	58	-	-	21	20	-	-
	07:40-07:50	9	16	1	-	49	69	-	-	24	21	-	-
	07:50-08:00	8	12	-	-	57	45	-	-	25	16	-	-
	08:00-08:10	7	13	-	-	56	72	-	-	13	13	-	-
	08:10-08:20	6	16	-	-	60	61	-	-	27	23	-	-
	08:20-08:30	8	23	-	1	34	52	-	-	16	10	-	-
	08:30-08:40	13	17	-	-	66	64	-	-	14	17	1	-
	08:40-08:50	8	13	-	-	60	31	-	-	12	24	-	-
	08:50-09:00	9	7	-	-	46	43	-	-	13	14	-	-

ตารางที่ ข-2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูสงขลานครินทร์ (ต่อ)

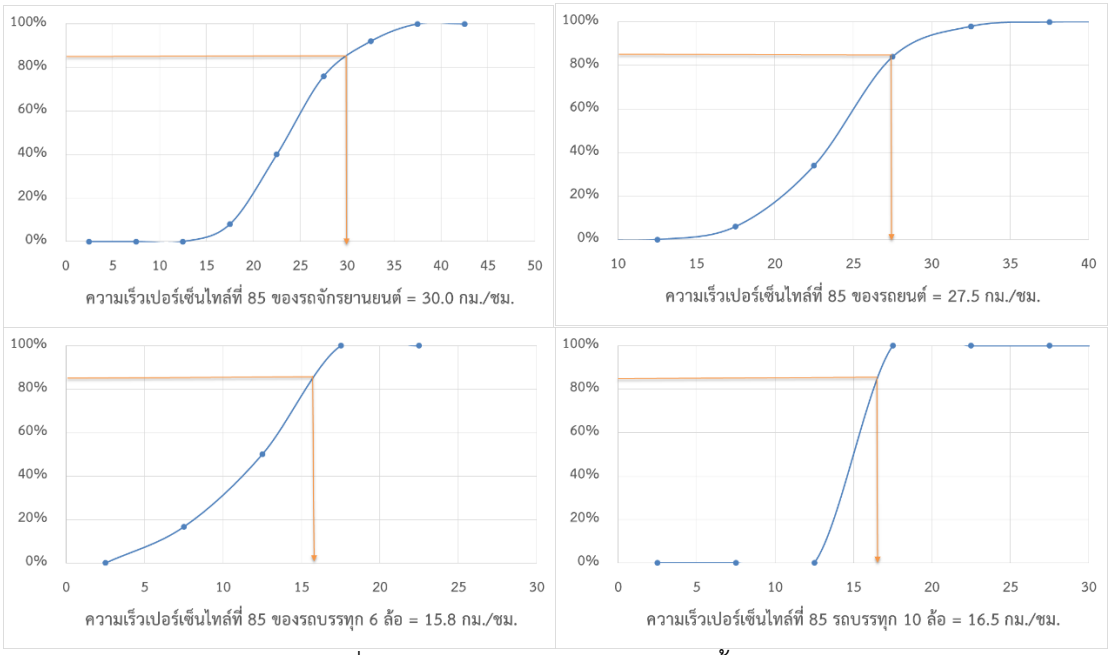
ทิศทาง	เวลา	เลี้ยวซ้าย				ทางตรง				เลี้ยวขวา			
		รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6ล้อ	รถบรรทุก 10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6ล้อ	รถบรรทุก 10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก 6ล้อ	รถบรรทุก 10ล้อ
4	16:00-16:10	4	8	-	-	15	29	-	-	8	7	-	-
	16:10-16:20	11	19	-	-	19	19	-	-	17	17	-	-
	16:20-16:30	9	13	-	-	33	46	-	-	9	12	-	-
	16:30-16:40	11	15	-	-	18	32	-	-	37	17	-	-
	16:40-16:50	13	17	-	-	37	57	-	-	29	22	-	-
	16:50-17:00	7	21	-	-	27	41	-	-	27	14	-	-
	17:00-17:10	17	15	1	-	51	69	-	-	25	22	-	-
	17:10-17:20	11	15	-	-	25	22	-	-	29	13	-	-
	17:20-17:30	14	29	-	1	44	53	1	-	37	20	-	-
	17:30-17:40	6	17	-	-	28	34	-	-	32	20	-	-
	17:40-17:50	10	13	-	-	31	55	-	-	23	18	-	-
	17:50-18:00	13	21	-	-	13	20	-	-	23	22	-	-



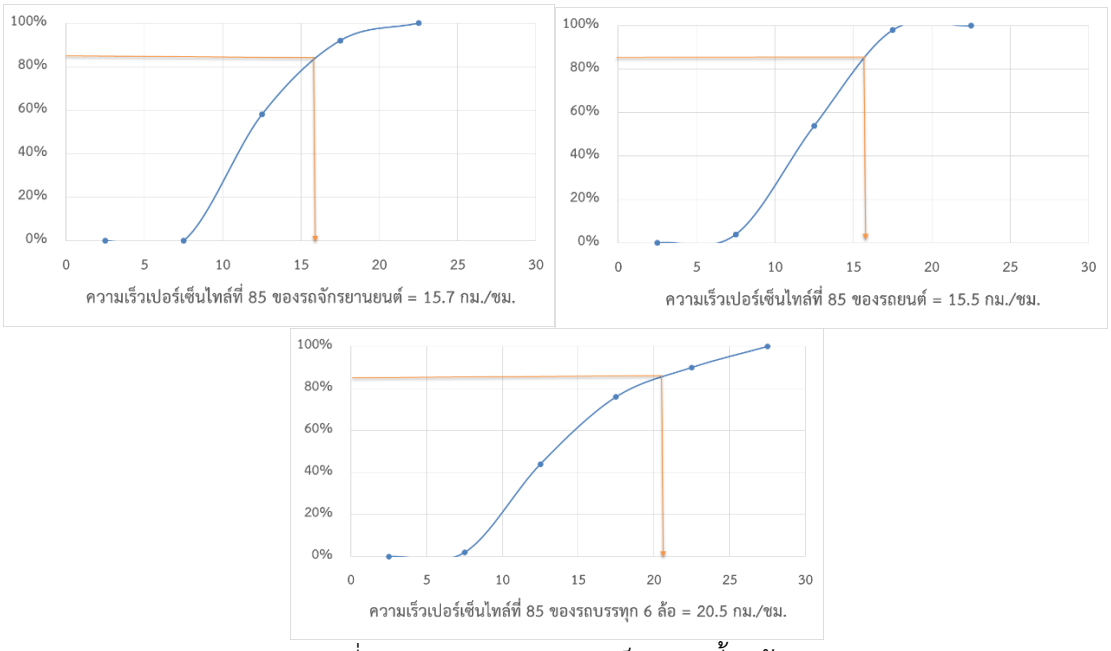
รูปที่ ข-11 ทิศทาง 1 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย



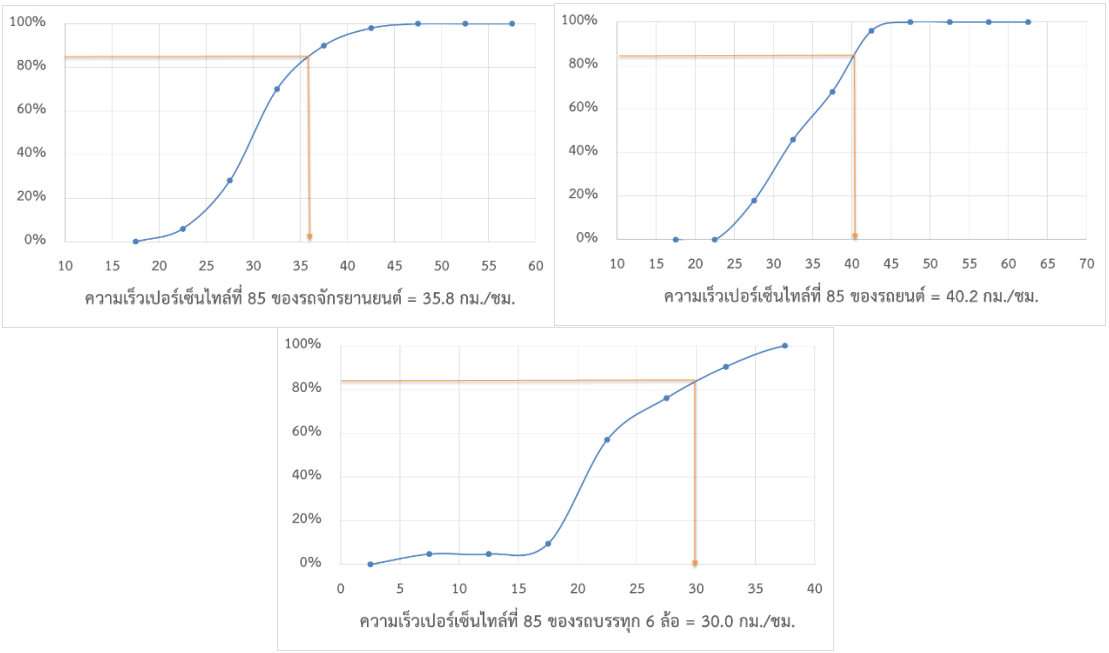
รูปที่ ข-12 ทิศทาง 1 ความเร็วขณะวิ่งผ่านทางแยก



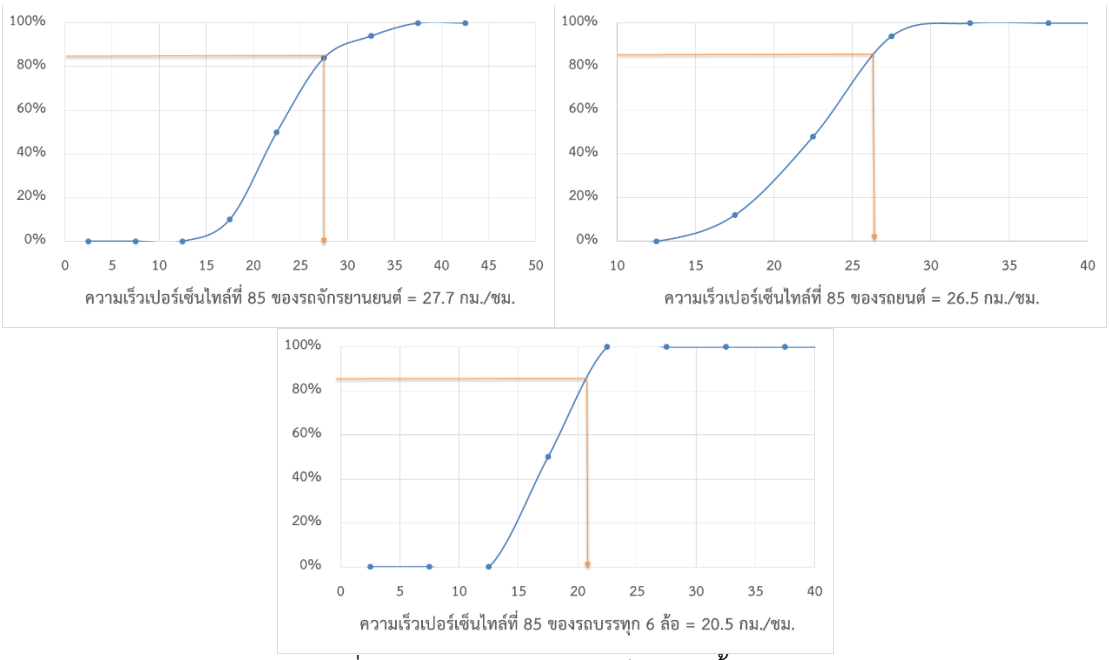
รูปที่ ข-13 ทิศทาง 1 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา



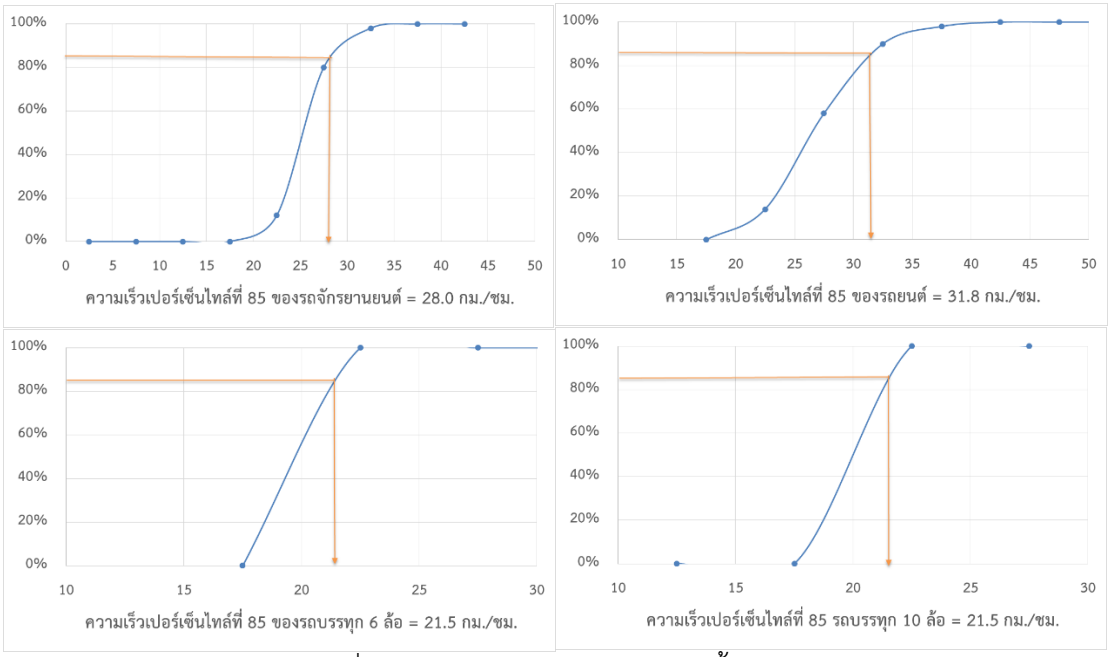
รูปที่ ข-14 ทิศทาง 2 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย



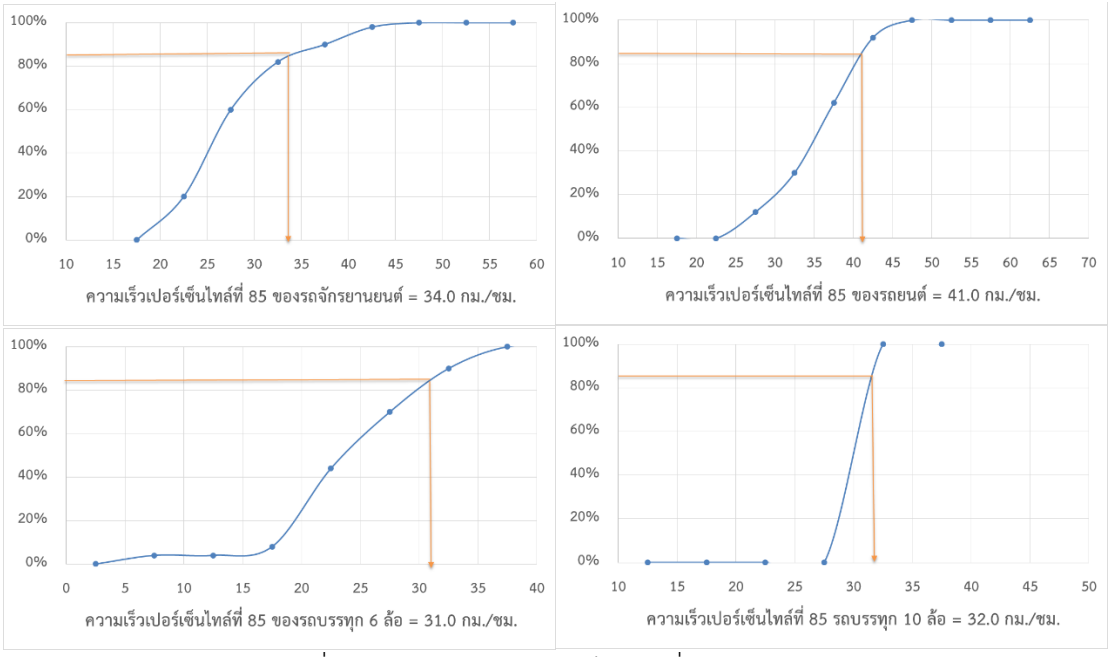
รูปที่ ข-15 ทิศทาง 2 ความเร็วขณะวิ่งผ่านทางแยก



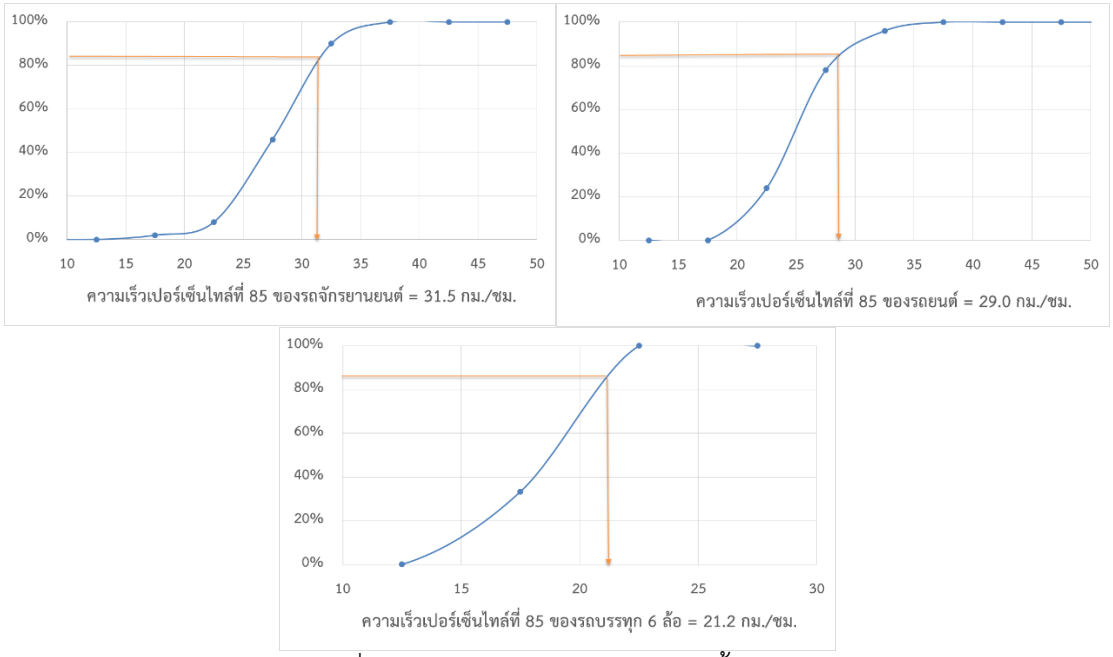
รูปที่ ข-16 ทิศทาง 2 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา



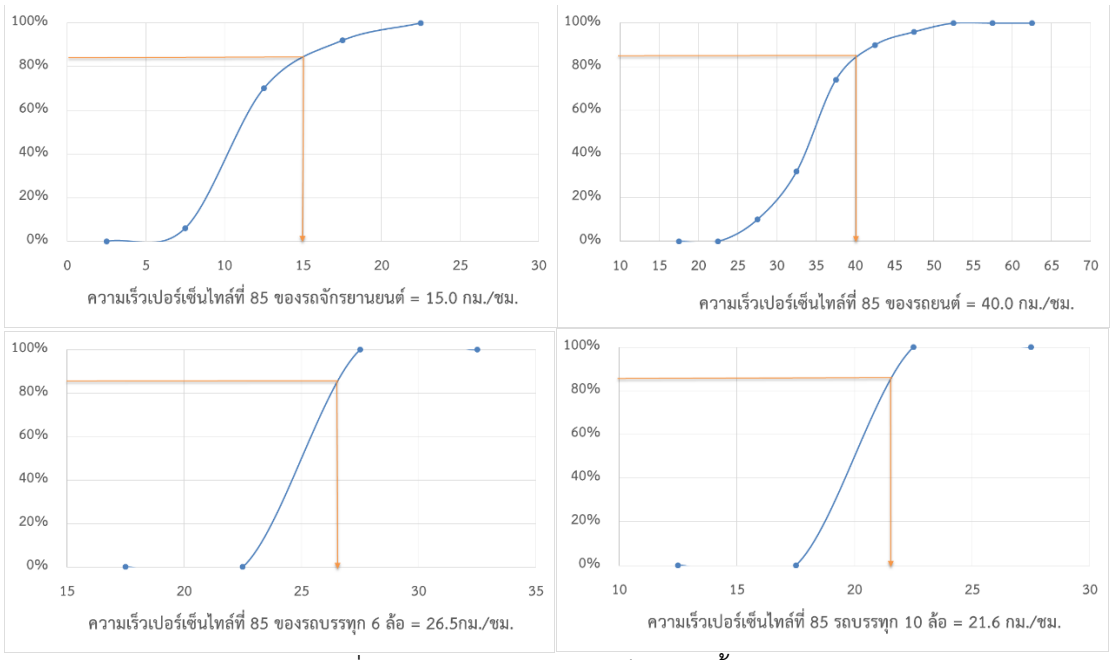
รูปที่ ข-17 ทิศทาง 3 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย



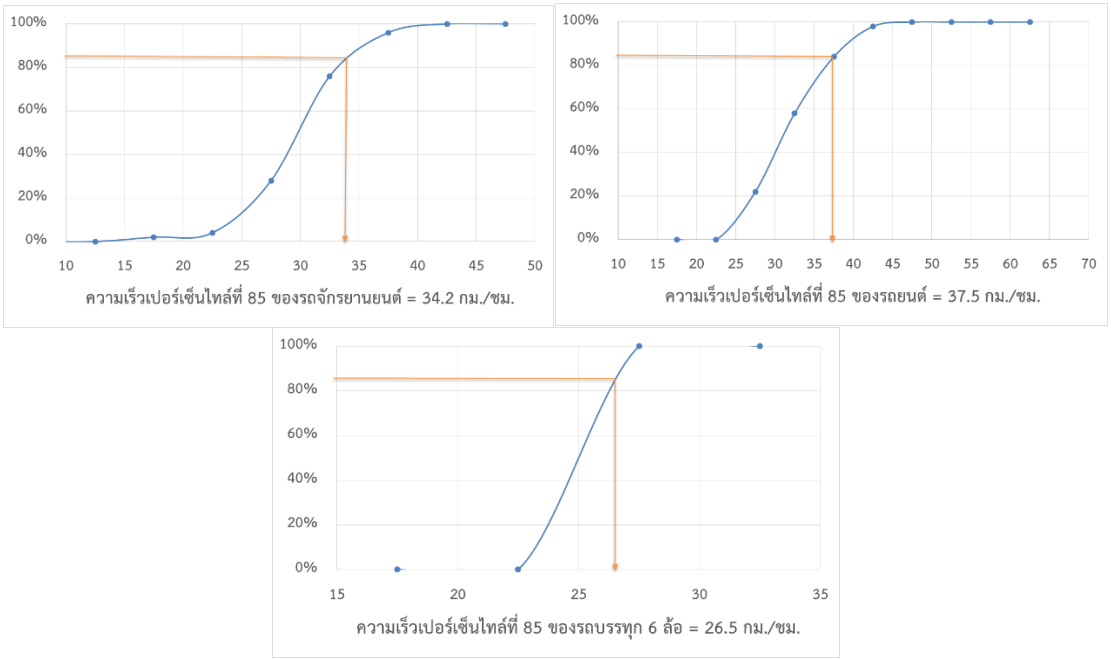
รูปที่ ข-18 ทิศทาง 3 ความเร็วขณะวิ่งผ่านทางแยก



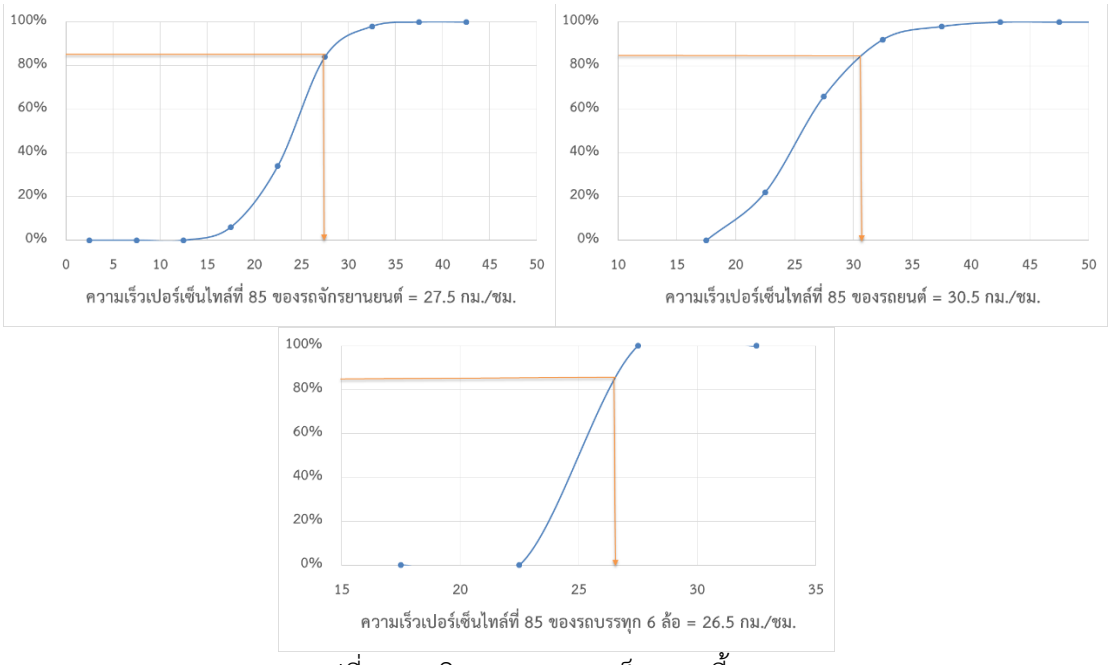
รูปที่ ข-19 ทิศทาง 3 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา



รูปที่ ข-20 ทิศทาง 4 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย

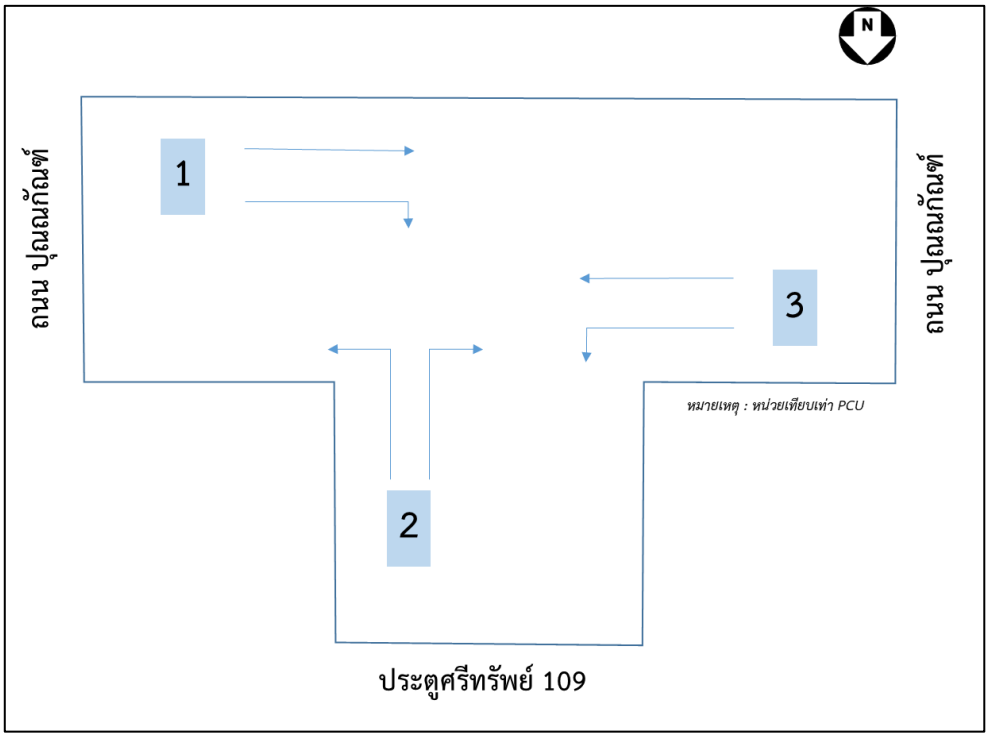


รูปที่ ข-21 ทิศทาง 4 ความเร็วขณะวิ่งผ่านทางแยก



รูปที่ ข-22 ทิศทาง 4 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา

ภาคผนวก ข-3 ผลการสำรวจปริมาณและความเร็วของการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์



รูปที่ ข-23 ทิศทางการสำรวจปริมาณการจราจรและความเร็วบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

ตารางที่ ข-0-3 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์

ทิศทาง	เวลา	ทางตรง				เลี้ยวขวา			
		รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก6ล้อ	รถบรรทุก10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก6ล้อ	รถบรรทุก10ล้อ
1	07:00-07:10	37	55	-	-	21	31	-	-
	07:10-07:20	43	92	3	-	37	51	1	-
	07:20-07:30	35	68	2	-	48	59	-	-
	07:30-07:40	43	76	-	-	69	62	-	-
	07:40-07:50	47	102	3	-	57	52	-	-
	07:50-08:00	52	108	1	-	66	71	-	-
	08:00-08:10	58	91	-	-	85	69	-	-
	08:10-08:20	44	78	-	-	60	64	-	-
	08:20-08:30	51	103	1	-	63	90	-	-
	08:30-08:40	39	85	2	-	51	59	-	-
	08:40-08:50	35	81	-	-	41	69	-	-
	08:50-09:00	57	86	1	-	62	53	-	-

ตารางที่ ข-3 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ (ต่อ)

ทิศทาง	เวลา	ทางตรง				เลี้ยวขวา			
		รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก6ล้อ	รถบรรทุก10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก6ล้อ	รถบรรทุก10ล้อ
1	16:00-16:10	72	80	1	-	34	27	-	-
	16:10-16:20	70	49	-	-	23	26	-	-
	16:20-16:30	58	43	1	-	32	36	-	-
	16:30-16:40	100	85	1	-	28	37	-	-
	16:40-16:50	98	85	2	-	34	41	-	-
	16:50-17:00	95	79	1	-	37	52	-	-
	17:00-17:10	78	71	1	-	19	33	-	-
	17:10-17:20	58	66	-	-	41	51	-	-
	17:20-17:30	75	75	1	-	37	52	-	-
	17:30-17:40	54	47	-	-	19	38	-	-
	17:40-17:50	57	66	1	-	42	46	-	-
	17:50-18:00	83	56	-	-	35	33	-	-

ตารางที่ ข-3 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ (ต่อ)

ทิศทาง	เวลา	เลี้ยวซ้าย				เลี้ยวขวา			
		รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก6ล้อ	รถบรรทุก10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก6ล้อ	รถบรรทุก10ล้อ
2	07:00-07:10	30	24	-	-	10	10	-	-
	07:10-07:20	23	3	-	-	7	20	-	-
	07:20-07:30	21	18	-	-	8	17	-	-
	07:30-07:40	21	18	-	-	9	14	-	-
	07:40-07:50	24	19	-	-	9	14	-	-
	07:50-08:00	25	14	-	-	8	10	-	-
	08:00-08:10	13	11	-	-	7	11	-	-
	08:10-08:20	27	21	-	-	6	14	-	-
	08:20-08:30	17	8	-	-	8	21	-	-
	08:30-08:40	14	15	-	-	13	15	-	-
	08:40-08:50	12	22	-	-	8	11	-	-
	08:50-09:00	13	12	-	-	9	5	-	-

ตารางที่ ข-3 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ (ต่อ)

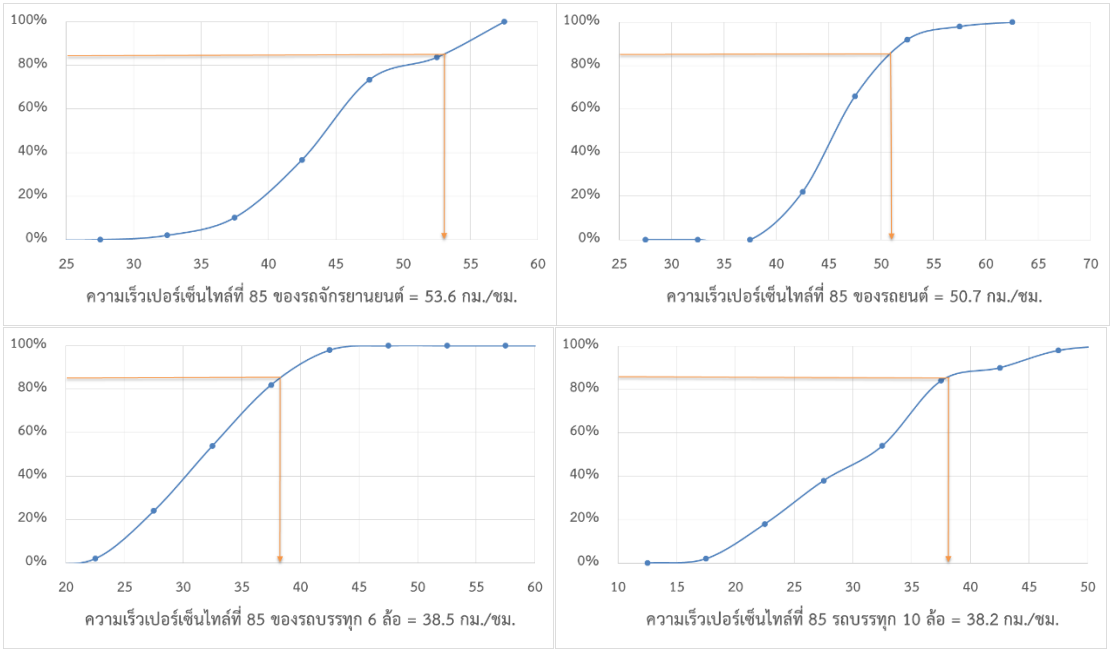
ทิศทาง	เวลา	เลี้ยวซ้าย				เลี้ยวขวา			
		รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก6ล้อ	รถบรรทุก10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก6ล้อ	รถบรรทุก10ล้อ
2	16:00-16:10	12	27	-	-	20	32	-	-
	16:10-16:20	20	47	-	-	33	32	-	-
	16:20-16:30	30	50	-	-	39	54	-	-
	16:30-16:40	49	50	-	-	52	45	-	-
	16:40-16:50	47	60	-	-	63	75	-	-
	16:50-17:00	43	46	-	-	51	51	-	-
	17:00-17:10	34	55	-	-	73	87	-	-
	17:10-17:20	42	67	-	-	51	60	-	-
	17:20-17:30	44	38	-	-	78	69	-	-
	17:30-17:40	47	52	-	-	57	50	-	-
	17:40-17:50	31	42	-	-	51	69	-	-
	17:50-18:00	43	57	-	-	33	38	-	-

ตารางที่ ข-3 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ (ต่อ)

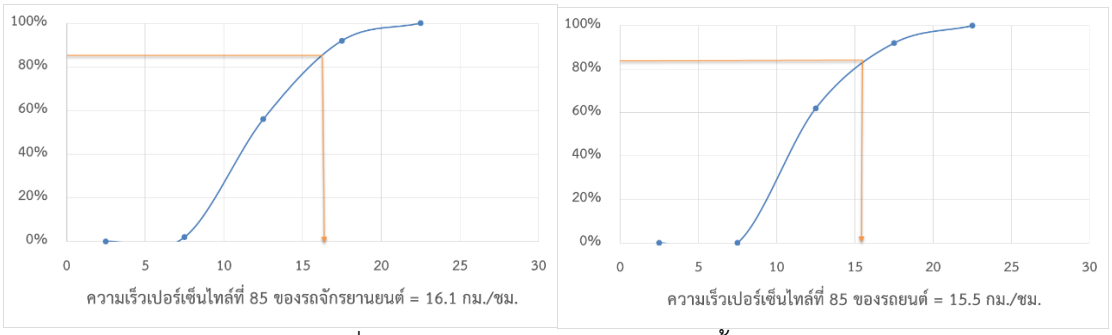
ทิศทาง	เวลา	เลี้ยวซ้าย				ทางตรง			
		รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก6ล้อ	รถบรรทุก10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก6ล้อ	รถบรรทุก10ล้อ
3	07:00-07:10	30	43	-	-	15	28	2	-
	07:10-07:20	25	43	-	-	18	27	4	-
	07:20-07:30	39	57	-	-	25	43	4	-
	07:30-07:40	49	69	-	-	29	56	4	-
	07:40-07:50	55	77	-	-	49	67	5	-
	07:50-08:00	60	89	-	-	57	43	3	-
	08:00-08:10	64	80	-	-	56	70	2	1
	08:10-08:20	63	76	-	-	60	59	4	-
	08:20-08:30	35	80	-	-	34	50	4	-
	08:30-08:40	44	67	-	-	66	62	5	-
	08:40-08:50	37	66	-	-	60	29	8	-
	08:50-09:00	41	80	-	-	46	41	8	-

ตารางที่ ข-3 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีทรัพย์ (ต่อ)

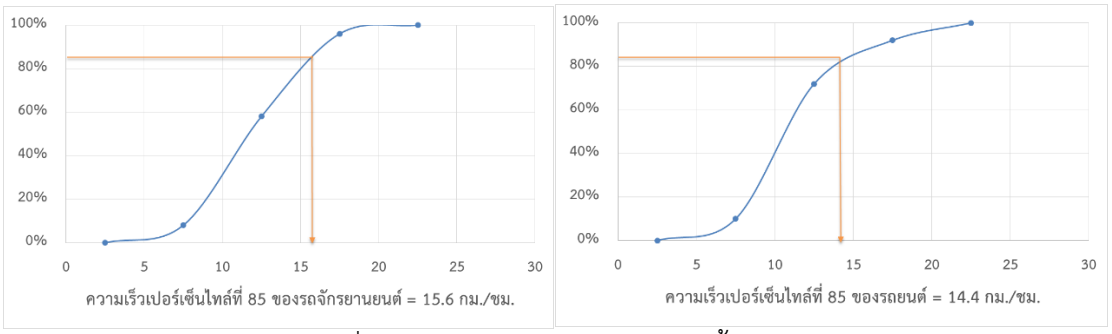
ทิศทาง	เวลา	เลี้ยวซ้าย				ทางตรง			
		รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก6ล้อ	รถบรรทุก10ล้อ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุก6ล้อ	รถบรรทุก10ล้อ
3	16:00-16:10	30	68	-	-	42	61	-	-
	16:10-16:20	23	22	-	-	50	53	2	-
	16:20-16:30	36	35	-	-	55	76	1	-
	16:30-16:40	25	35	-	-	73	117	-	-
	16:40-16:50	39	27	-	-	82	102	1	-
	16:50-17:00	30	35	-	-	76	89	-	1
	17:00-17:10	27	28	-	-	65	84	-	-
	17:10-17:20	43	39	-	-	44	105	1	-
	17:20-17:30	27	27	-	-	60	81	-	-
	17:30-17:40	23	31	-	-	42	57	-	-
	17:40-17:50	34	34	-	-	46	80	-	-
	17:50-18:00	28	20	-	-	51	84	-	-



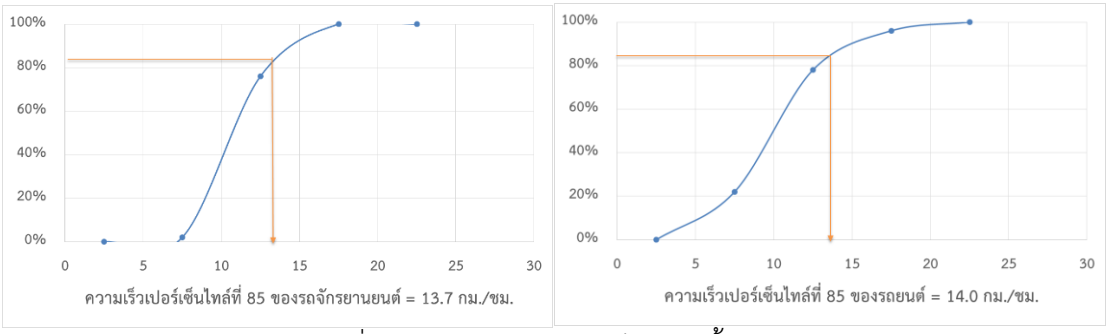
รูปที่ ข-24 ทิศทาง 1 ความเร็วขณะวิ่งผ่านทางแยก



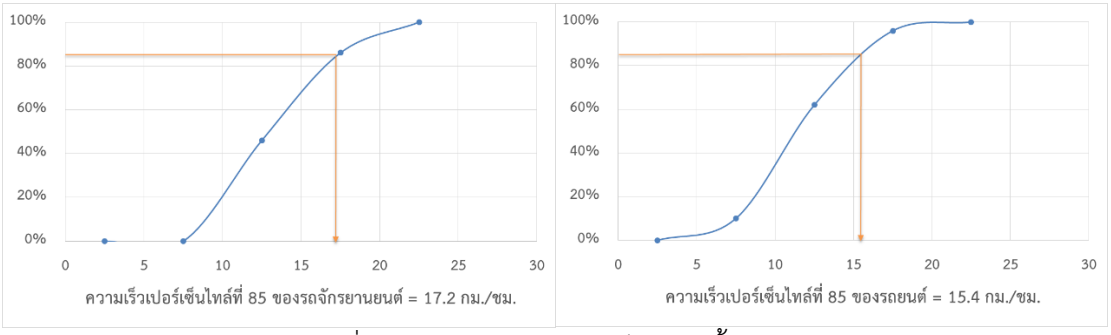
รูปที่ ข-25 ทิศทาง 1 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา



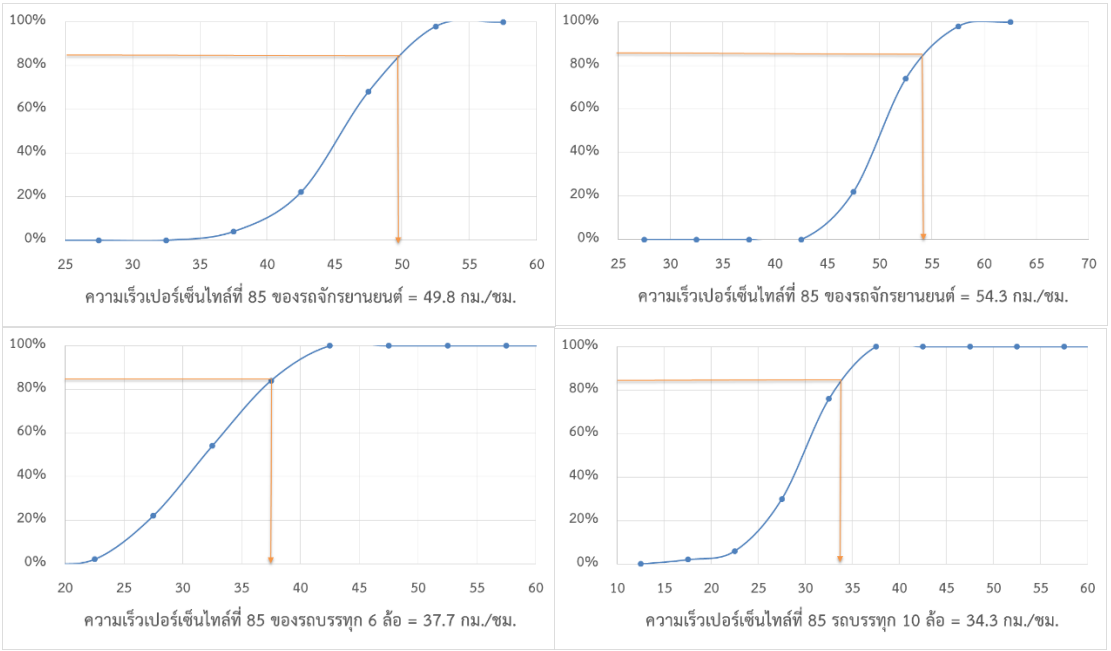
รูปที่ ข-26 ทิศทาง 2 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย



รูปที่ ข-27ทิศทาง 2 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา



รูปที่ ข-28 ทิศทาง 3 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย



รูปที่ ข-29 ทิศทาง 3 ความเร็วขณะวิ่งผ่านทางแยก

ภาคผนวก ค
รายละเอียดการประมาณต้นทุนการปรับปรุงทางแยก

ภาคผนวก ค-1 รายละเอียดการประมาณการต้นทุนการปรับปรุงทางแยกประตูศรีตรัง

ตารางที่ ค-1 รายละเอียดการประมาณต้นทุนการปรับปรุงทางแยกประตูศรีตรัง

ประเภทงาน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	มาตรการที่ 1		มาตรการที่ 2		มาตรการที่ 3		ทุกมาตรการ	
			จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)
งานรื้อต่าง ๆ										
รื้อผิวจราจรเดิม	ตร.ม.	14.96	-	-	-	-	-	-	-	-
รื้อขอบคันหินเดิม	ม.	78.00	55	4,290	-	-	68	5,304	123	9,594
งานถางป่าและขุดตอ	ตร.ม.	4.81	-	-	563	2,707	-	-	563	2,707
งานตัดดิน	ลบ.ม.	41.92	106	4,444	310	12,975	50	2,113	466	19,531
งานขุดดินลึก 35 ซม.	ตร.ม.	65.00	256	16,640	-	-	256	16,640	512	33,280
รวม				**25,374**		**15,682**		**24,057**		**65,112**
งานคันหิน										
ดินถมเกาะกลาง	ตร.ม.	203.72	52	10,593	-	-	84	17,112	136	27,706
งานขอบคันหิน	ม	414.00	55	22,770	-	-	175	72,450	230	95,220
ทางสีขอบคันหิน	ตร.ม.	86.00	11	946	-	-	35	3,010	46	3,956
รวม				**34,309**		**-**		**92,572**		**126,882**

ตารางที่ ค-1 รายละเอียดการประมาณต้นทุนการปรับปรุงทางแยกประตูศรีตรัง (ต่อ)

ประเภทงาน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	มาตรการที่ 1		มาตรการที่ 2		มาตรการที่ 3		ทุกมาตรการ	
			จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)
งานถนนแอสฟัลต์คอนกรีต										
งานดินถมวัสดุจากแหล่งนอกโครงการ	ลบ.ม.	203.72	-	-	-	-	-	-	-	-
งานรองพื้นทาง หนา 20 ซ.ม.	ลบ.ม.	321.84	2	682	113	36,223	28	9,012	143	45,917
งานพื้นทาง หนา 20 ซ.ม.	ลบ.ม.	837.94	21	17,764	113	94,310	28	23,462	162	135,537
PRIME COAT	ตร.ม.	35.95	212	7,621	563	20,231	140	5,033	915	32,885
TACK COAT	ตร.ม.	14.05	212	2,979	563	7,907	140	1,967	915	12,852
งานผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ชั้น Binder Course	ตร.ม.	202.31	212	42,890	563	113,850	140	28,323	915	185,063
งานผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ชั้น Wearing Course	ตร.ม.	199.14	212	42,218	563	112,066	140	27,880	915	182,163
รวม				**114,154**		**384,587**		**95,677**		**594,418**
งานเครื่องหมายจราจร										
สีขาว,สีเหลือง กว้าง 0.15 ม.	ตร.ม.	383.81	26	9,787	33	12,666	43	16,408	101	38,861
ข้อความบนผิวทาง	ตร.ม.	383.81	2	737	3	1,179	2	884	7	2,800
ทางม้าลายคนเดินข้าม	ตร.ม.	383.81	-	-	18	7,024	39	14,853	57	21,878
รวม				**26,310**		**52,173**		**80,364**		**158,847**
รวมทั้งหมด				**200,147**		**452,441**		**292,670**		**945,259**

ภาคผนวก ค-2 รายละเอียดการประมาณการต้นทุนการปรับปรุงทางแยกสงขลานครินทร์

ตารางที่ ค-2 รายละเอียดการประมาณต้นทุนการปรับปรุงทางแยกประตูสงขลานครินทร์

ประเภทงาน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	มาตรการที่ 1		มาตรการที่ 2		มาตรการที่ 3		ทุกมาตรการ	
			จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)
งานรื้อต่าง ๆ										
รื้อผิวจราจรเดิม	ตร.ม.	14.96	45	673	-	-	-	-	45	673
รื้อขอบคันหินเดิม	ม.	78.00	79	6,162	89	6,942	63	4,914	231	18,018
งานถางป่าและขุดตอ	ตร.ม.	4.81	-	-	-	-	-	-	-	-
งานตัดดิน	ลบ.ม.	41.92	17	713	-	-	-	-	17	713
งานขุดดินลึก 35 ซม.	ตร.ม.	65.00	255	16,591	281	18,233	378	24,570	914	59,394
รวม				**24,139**		**25,175**		**29,484**		**78,798**
งานคันหิน										
ดินถมเกาะกลาง	ตร.ม.	203.72	-	-	-	-	-	-	-	-
งานขอบคันหิน	ม	414.00	73	30,222	63	26,082	63	26,082	199	82,386
ทางสีขอบคันหิน	ตร.ม.	86.00	15	1,256	63	5,418	63	5,418	141	12,092
รวม				**31,478**		**31,500**		**31,500**		**94,478**
งานทางเท้า										
ทรายถม	ตร.ม.	386.50	35	13,528	-	-	126	48,699	161	62,227
คอนกรีต	ตร.ม	189.00	35	6,615	-	-	126	23,814	161	30,429
รวม				**20,143**		**-**		**72,513**		**92,656**

ตารางที่ ค-2 รายละเอียดการประมาณต้นทุนการปรับปรุงทางแยกประตูสงขลานครินทร์ (ต่อ)

ประเภทงาน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	มาตรการที่ 1		มาตรการที่ 2		มาตรการที่ 3		ทุกมาตรการ	
			จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)
งานถนนคอนกรีต										
งานปรับเกลี่ยแต่งและบดคันทาง	ตร.ม.	14.50	100	1,450	-	-	-	-	100	1,450
งานดินถม	ตร.ม.	203.72	100	20,372	-	-	-	-	100	20,372
งานรองพื้นทาง ความหนา 20 ซม.	ตร.ม.	321.84	100	32,184	-	-	-	-	100	32,184
ทรายรองพื้น 10 ซม.	ลบ.ม.	386.50	36	13,730	22	8,522	378	146,097	436	168,350
งานผิวทางคอนกรีตเสริมเหล็ก ความหนา 25 ซม.	ตร.ม.	869.53	305	265,424	281	243,903	378	328,682	964	838,010
Expansion Joint	ม.	221.02	-	-		-	-	-	-	-
Contraction Joint	ม.	124.40	59	7,340	44	5,486	88	10,885	191	23,711
Longitudinal Joint	ม.	87.35	-	-	-	-	-	-	-	-
รวม				**340,500**		**257,912**		**485,664**		**1,084,076**
งานเครื่องหมายจราจร										
สีขาว,สีเหลือง กว้าง 0.15 ม.	ตร.ม.	383.81	50.25	19,286	55	21,014	102	39,149	207	79,449
ข้อความบนผิวทาง	ตร.ม.	383.81	3	1,151	3	1,151	3	1,151	9	3,454
ทางม้าลายคนเดินข้าม	ตร.ม.	383.81	26.3925	10,130	26.3925	10,130	26.3925	10,130	79	30,389
รวม				**76,419**		**80,737**		**126,074**		**283,230**
รวมทั้งหมด				**492,678**		**395,323**		**745,236**		**1,633,237**

ภาคผนวก ค-3 รายละเอียดการประมาณการต้นทุนการปรับปรุงทางแยกประตูศรีทรัพย์

ตารางที่ ค-3 รายละเอียดการประมาณต้นทุนการปรับปรุงทางแยกประตูศรีทรัพย์

ประเภทงาน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	มาตรการที่ 1		มาตรการที่ 2		มาตรการที่ 3		ทุกมาตรการ	
			จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)
งานรื้อต่าง ๆ										
รื้อผิวจราจรเดิม	ตร.ม.	14.96	-	-	-	-	-	-	-	-
รื้อขอบคันหินเดิม	ม.	78.00	69	5,343	69	5,382	-	-	138	10,725
งานถางป่าและขุดตอ	ตร.ม.	4.81	-	-	-	-	-	-	-	-
งานตัดดิน	ลบ.ม.	41.92	37	1,541	37	1,551	-	-	74	3,092
งานขุดดินลึก 35 ซม.	ตร.ม.	65.00	184	11,944	184	11,960	-	-	368	23,904
รวม				**18,827**		**18,893**		**-**		**37,720**
งานคันหิน										
ดินถมเกาะกลาง	ตร.ม.	203.72	-	-	-	-	-	-	-	-
งานขอบคันหิน	ม	414.00	67	27,738	67	27,738	-	-	134	55,476
ทางสีขอบคันหิน	ตร.ม.	86.00	13	1,152	13	1,118	275	23,650	301	25,920
รวม				**28,890**		**28,856**		**23,650**		**81,396**
งานทางเท้า										
ทรายถม	ตร.ม.	386.50	130	50,245	130	50,245	-	-	260	100,490
คอนกรีต	ตร.ม	189.00	130	24,570	130	24,570	-	-	260	49,140
รวม				**74,815**		**74,815**		**-**		**149,630**

ตารางที่ ค-3 รายละเอียดการประมาณต้นทุนการปรับปรุงทางแยกประตูศรีทรัพย์ (ต่อ)

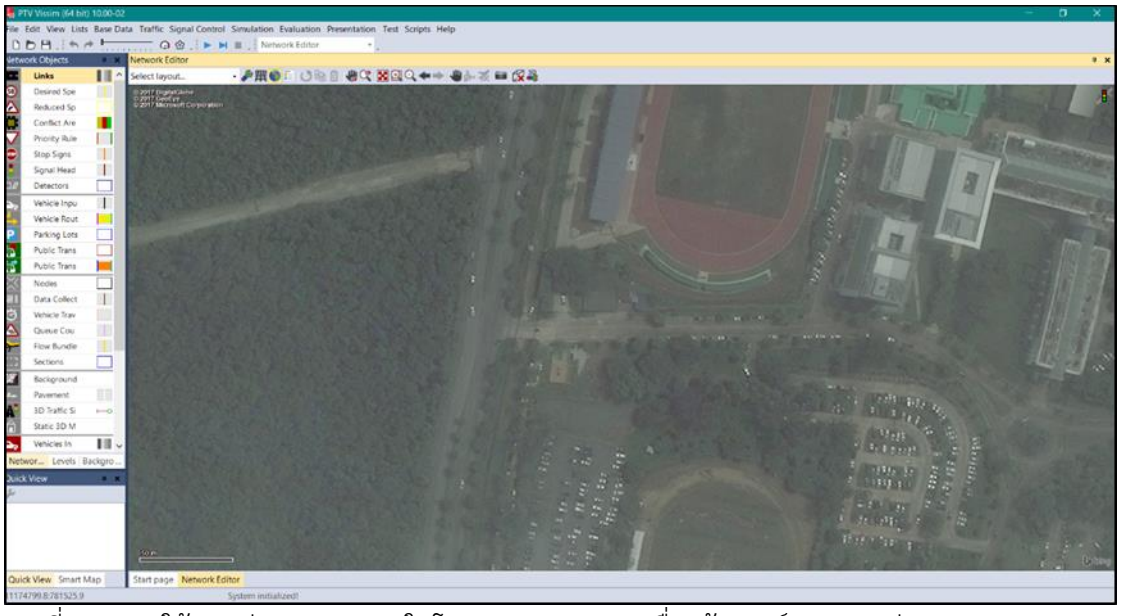
ประเภทงาน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	มาตรการที่ 1		มาตรการที่ 2		มาตรการที่ 3		ทุกมาตรการ	
			จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวน	จำนวนเงิน (บาท)
งานถนนแอสฟัลต์คอนกรีต										
งานดินถมวัสดุจากแหล่งนอกโครงการ	ลบ.ม.	203.72	-	-	-	-	-	-	-	-
งานรองพื้นทาง หนา 20 ซ.ม.	ลบ.ม.	321.84	37	11,828	37	11,828	-	-	74	23,655
งานพื้นทาง หนา 20 ซ.ม.	ลบ.ม.	837.94	37	30,794	37	30,794	-	-	74	61,589
PRIME COAT	ตร.ม.	35.95	184	6,606	184	6,606	-	-	368	13,212
TACK COAT	ตร.ม.	14.05	184	2,582	184	2,582	-	-	368	5,163
งานผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ชั้น Binder Course	ตร.ม.	202.31	184	37,174	184	37,174	-	-	368	74,349
งานผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ชั้น Wearing Course	ตร.ม.	199.14	184	36,592	184	36,592	-	-	368	73,184
รวม				**125,576**		**125,576**		**-**		**251,152**
งานเครื่องหมายจราจร										
สีขาว,สีเหลือง กว้าง 0.15 ม.	ตร.ม.	383.81	-	-	-	-	25	16,250	25	16,250
ข้อความบนผิวทาง	ตร.ม.	383.81	197	75,611	197	75,611	40	15,372	434	166,593
ทางม้าลายคนเดินข้าม	ตร.ม.	383.81	3	1,151	3	1,151	4	1,535	10	3,838
รวม				**220,691**		**220,691**		**108,216**		**549,598**
รวมทั้งหมด				**468,799**		**468,831**		**131,866**		**1,069,496**

ภาคผนวก ง
วิธีการพัฒนาแบบจำลองฐานโดยใช้โปรแกรม VISSIM

จากขั้นตอนการจำลองสภาพการจราจรด้วยโปรแกรม VISSIM ที่ได้กล่าวไว้โดยย่อจากบทที่ 3 หัวข้อ 3.6 การพัฒนาแบบจำลอง เป็นเพียงการกล่าวถึงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเท่านั้น ในภาคผนวก ง. เป็นการนำเสนอขั้นตอนการทำแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคอย่างละเอียด ซึ่งเป็นการยกตัวอย่างการทำงานของทางแยกประตูศรีตรัง ส่วนในทางแยกอื่น ๆ มีลักษณะการจำลองการจราจรใกล้เคียงกัน โดยรายละเอียดต่าง ๆ มีดังนี้

1) การสร้างองค์ประกอบทางแยก

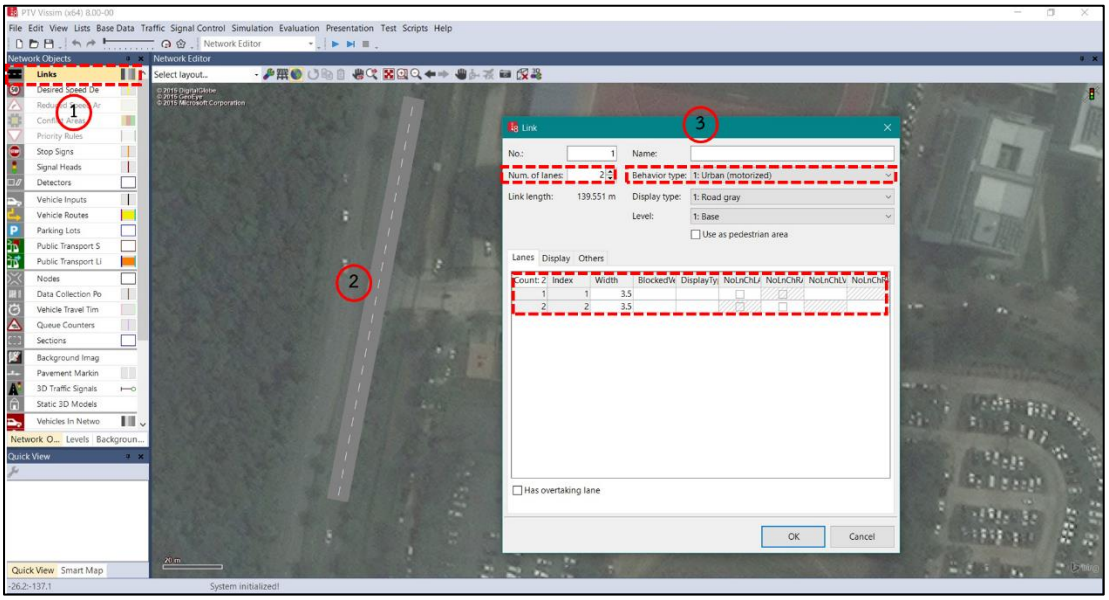
การสร้างองค์ประกอบทางแยก และการสร้างองค์ประกอบต่าง ๆ ของทางแยกในโปรแกรม VISSIM เริ่มจากการใช้ภาพถ่ายจากทางอากาศในโปรแกรม VISSIM เพื่อเขียนรายละเอียดของทางแยกในจุดที่ศึกษา ดังแสดงในรูปที่ ง-1



รูปที่ ง-1 การใช้ภาพถ่ายทางอากาศในโปรแกรม VISSIM เพื่อสร้างองค์ประกอบต่าง ๆ ของทางแยก

การซูมเข้าไปในพื้นที่บริเวณทางแยกประตูศรีตรัง จากนั้นสร้างถนนบนแบบจำลองโดยการเลือกคำสั่ง (1) Links ทางซ้ายของเมนู Network Objects > (2) จากนั้นให้คลิกขวาตรงบริเวณที่สร้างถนนแล้วลากจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทางและต้องลากให้ตรงกับทิศทางการจราจรนั้น ๆ > (3) หลังจากลากเสร็จจะขึ้นหน้าต่าง Link ซึ่งในหน้าต่างนี้ ตรงใส่ข้อมูลให้ตรงกับกายภาพที่เก็บข้อมูลมา โดยข้อมูลที่ต้องใส่ลงไปได้แก่ 1) Name: ชื่อถนน 2) Num. of Lanes: จำนวนช่องจราจร 3) Behavior Type: ตัวกำหนดให้ประเภทของยานพาหนะสามารถวิ่งในช่องจราจรนั้นได้ 4)

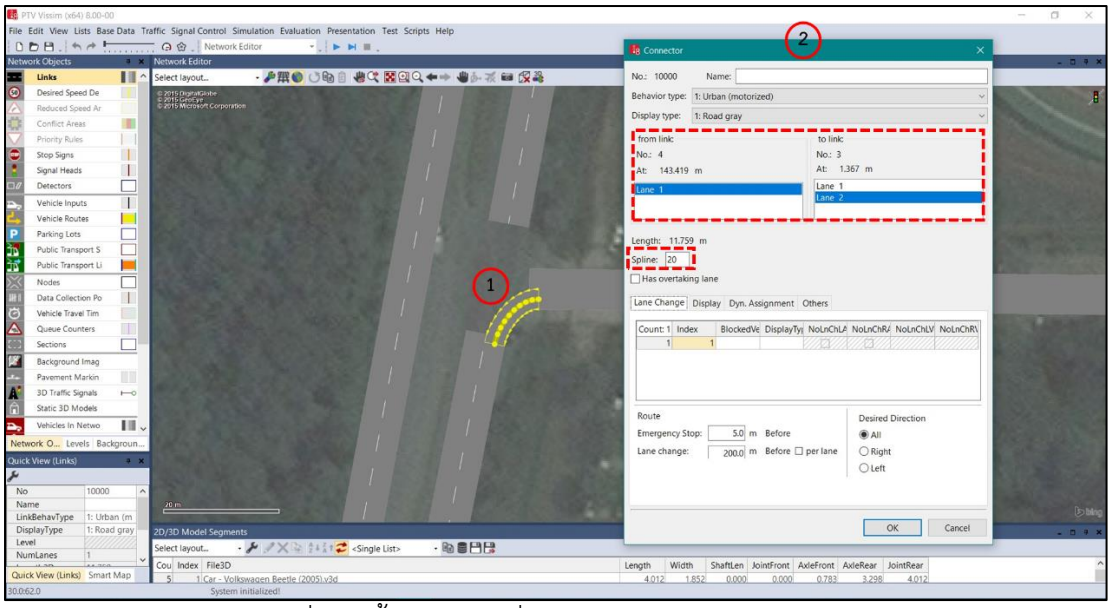
Lanes กำหนดความกว้างของช่องจราจร พร้อมทั้งสามารถเพิ่มช่องจราจร โดยคลิกขวาตรงพื้นที่ว่างในกรอบ Count: แล้วเลือกว่าจะเพิ่มช่องซ้ายหรือขวา ดังแสดงในรูปที่ ง-2



รูปที่ ง-2 การสร้างถนนในแบบจำลองสภาพการจราจรด้วยโปรแกรม VISSIM

ขั้นตอนต่อไป หลังจากสร้าง Link เสร็จแล้ว เป็นการเชื่อมต่อถนนในแต่ละเส้นทางเข้าด้วยกัน จนเป็นโครงข่ายถนนบริเวณทางแยก โดยการเชื่อมต่อมีขั้นตอนดังนี้ (1) หลังจากสร้างถนนสายหลักแต่ละเส้นแล้ว เชื่อมต่อถนนแต่ละสายโดย คลิกขวาเลือก Link ต้นทางแล้วลากไปยัง Link ปลายทาง ซึ่ง Link ที่เชื่อมต่อจะมีลักษณะเป็นเส้นตรงก่อน (2) จะปรากฏหน้าต่าง Connector แล้วระบุช่องจราจรที่ช่อง From link: ว่าจะให้ Link ต้นทาง เชื่อมต่อกับช่องจราจรของ Link ปลายทางตรงช่องจราจรใด และกำหนดค่าความโค้งของรัศมีเพื่อให้ Link ที่เป็นเส้นตรงที่เชื่อมต่อระหว่าง Link ต้นทางและ Link ปลายทาง โค้งรับกับลักษณะกายภาพจริง โดยกำหนดค่าที่ช่อง Spline: (ดังแสดงในรูปที่ ง-3) ผู้วิจัยได้กำหนดค่ารัศมีโค้งไว้ที่ 20 เพื่อจะให้รับกับลักษณะกายภาพจริง

หลังจากเชื่อมต่อ Link ทั้งหมดแล้ว สามารถตรวจสอบความถูกต้องในการสร้างถนนและการเชื่อมต่อถนนเข้า ได้โดยกดปุ่ม Ctrl + A ซึ่งจะปรากฏเส้นสีชมพูสำหรับ Link ที่เราเชื่อมต่อ Connector และสีน้ำเงินสำหรับ Link ที่เราสร้างเป็นถนนเส้นหลัก

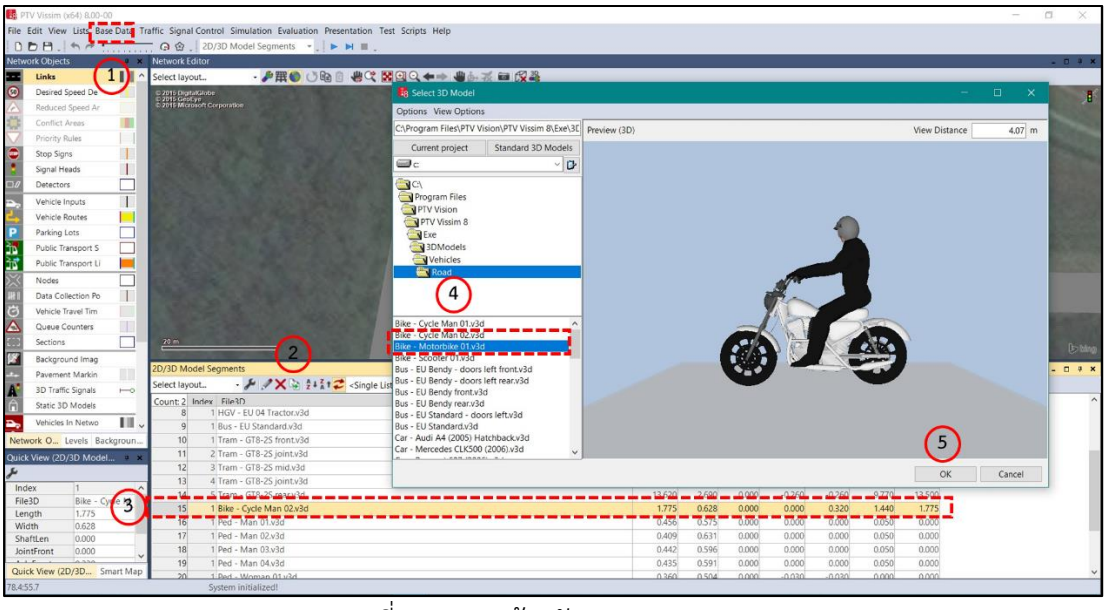


รูปที่ ง-3 ขั้นตอนการเชื่อมต่อเส้นทางบริเวณทางแยก

2) การจำลองตัวแทนยานพาหนะแต่ละประเภท

การจำลองตัวแทนยานพาหนะแต่ละประเภท โดยเลือกคำสั่ง (1) Base Data > 2D/3D Model Segments (2) ปรากฏหน้าต่าง 2D/3D Model Segments ที่ด้านล่าง ซึ่งในโปรแกรมรถแต่ละประเภทจะมีการตั้งค่าไว้แล้ว ผู้ใช้งานสามารถเลือกประเภทยานพาหนะที่มีความใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงในประเทศไทย เช่น รถยนต์ Car, รถบรรทุก 6 ล้อ Bus, รถบรรทุก 10 ล้อ HGV .ในส่วนของรถจักรยานยนต์ในโปรแกรมจะตั้งค่ายานพาหนะเป็น Bike หรือ รถจักรยาน ดังนั้น ต้องมีการปรับแก้ให้เป็นรถจักรยานยนต์ก่อน (3) คลิกที่ช่อง Count:25 เลข 15 ตรงกับคำว่า Bike – Cycle Man 02.v3d (4) ขึ้นหน้าต่าง Select 3D Model จากนั้นให้เราเลือกจาก Bike – Cycle Man 02.v3d เป็น Bike – Motorbike 01.v3d (5) กด OK (ดังแสดงในรูปที่ ง-4) หลังจากนั้นในโปรแกรมจะมีการเซตค่าใหม่จากรถจักรยานจะเป็นรถจักรยานยนต์ ทำให้รถแต่ละประเภทที่ผู้ทำวิจัยเลือกมีค่าใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงในประเทศไทยมากที่สุด

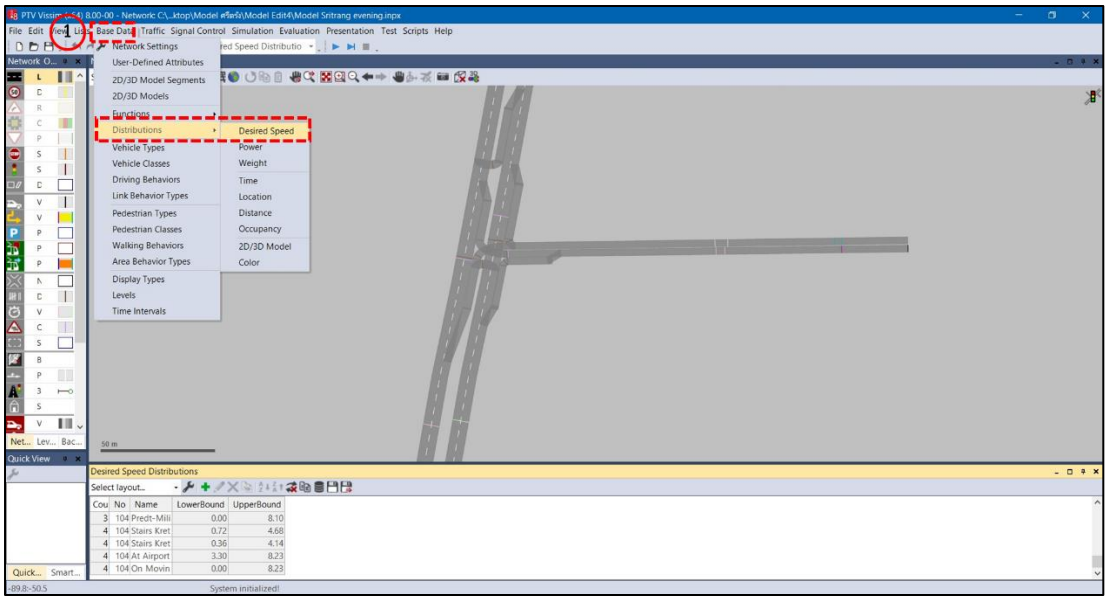
จากการตั้งค่านี้ สามารถปรับเปลี่ยนยานพาหนะแต่ละประเภทได้เช่นกัน ซึ่งวิธีการเปลี่ยนยานพาหนะสามารถใช้วิธีเดียวกันกับที่ได้กล่าวมา โดยการจำลองตัวแทนยานพาหนะสามารถปรับเปลี่ยนยานพาหนะได้ทุกประเภทแต่มีข้อจำกัดที่ยานพาหนะส่วนใหญ่อ้างอิงจากต่างประเทศ จึงทำให้ไม่สอดคล้องกับยานพาหนะในประเทศไทยมากเท่าที่ควร



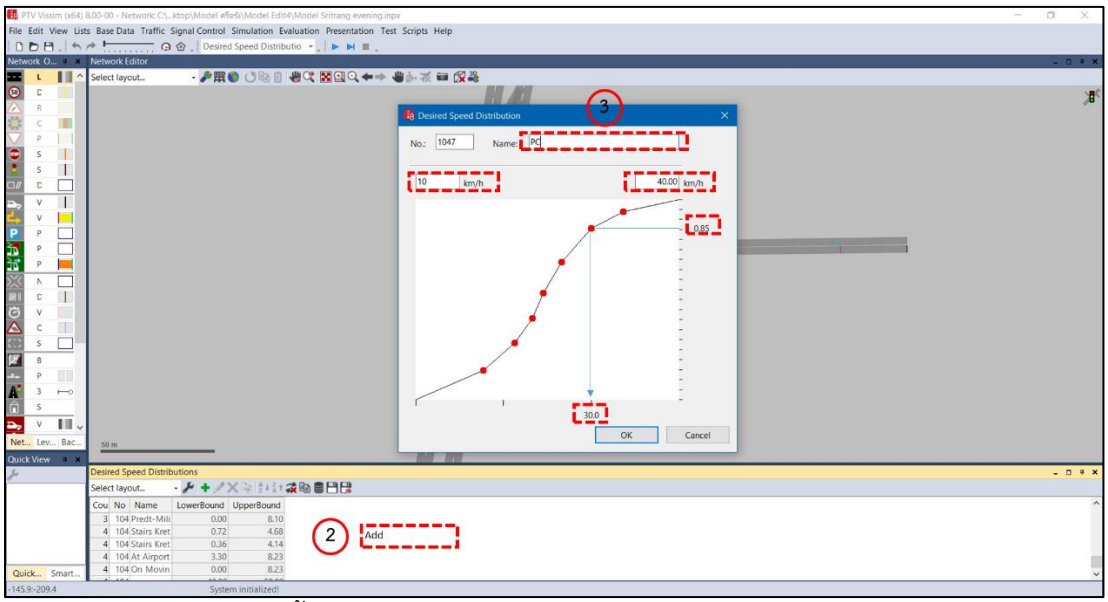
รูปที่ ง-4 การสร้างตัวแทนยานพาหนะ

3) การสร้างกราฟการกระจายความเร็วของตัวแทนยานพาหนะ

การสร้างกราฟการกระจายความเร็วของตัวแทนยานพาหนะ ใช้คำสั่ง (1) Base Data > Distribution > Desired Speed จะปรากฏหน้าต่าง Desired Speed Distributions ด้านล่างของโปรแกรม (ดังรูปที่ ง-5) (2) คลิกขวาตรงพื้นที่สีขาว > Add... จะปรากฏหน้าต่าง Desired Speed Distribution (3) กำหนดชื่อของยานพาหนะและตำแหน่งของความเร็วที่วิ่งผ่านทางแยก เพื่อให้ง่ายในการเรียกใช้งานและทำในลักษณะเช่นเดียวกันจนครบทุกประเภทของยานพาหนะ จากนั้นกำหนดความเร็วต่ำสุดและสูงสุดจากข้อมูลที่ได้จากกราฟการกระจายตัวของความเร็วของข้อมูลภาคสนาม หรือกราฟความเร็วเปอร์เซ็นไทล์ ซึ่งจากเดิมโปรแกรมได้ตั้งค่าความเร็วเป็นกราฟเส้นตรง การนำแบบจำลองมาพัฒนาและประยุกต์ใช้จำเป็นต้องมีการปรับแก้กราฟการกระจายตัวความเร็วก่อน ดังแสดงในรูปที่ ง-6



รูปที่ ง-5 การเลือกคำสั่งกำหนดการกระจายความเร็วของยานพาหนะ

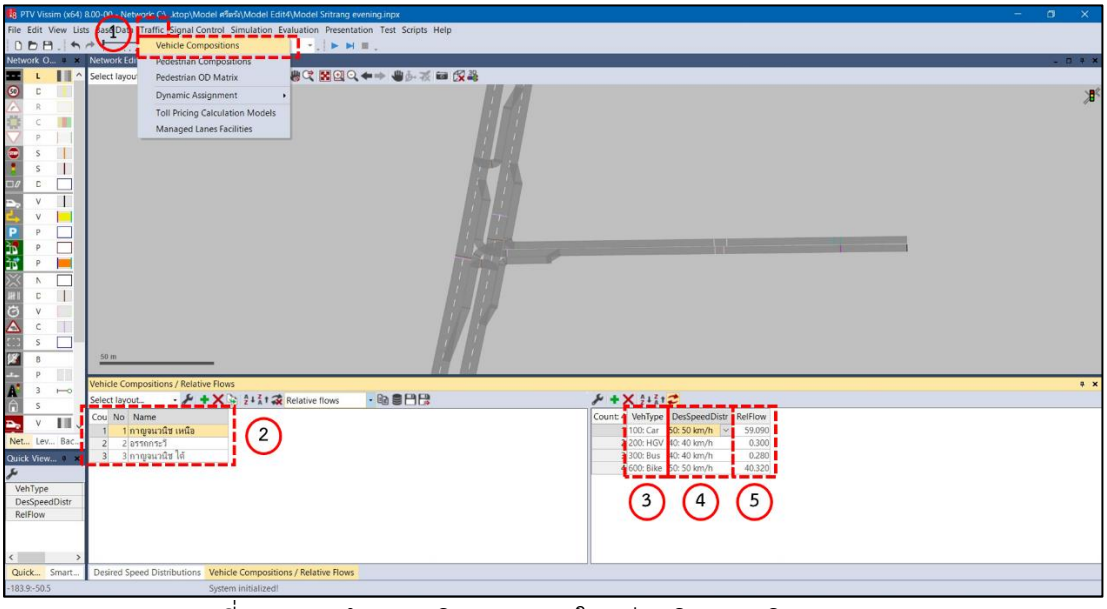


รูปที่ ง-6 ขั้นตอนการสร้างกราฟกระจายตัวความเร็วของยานพาหนะ

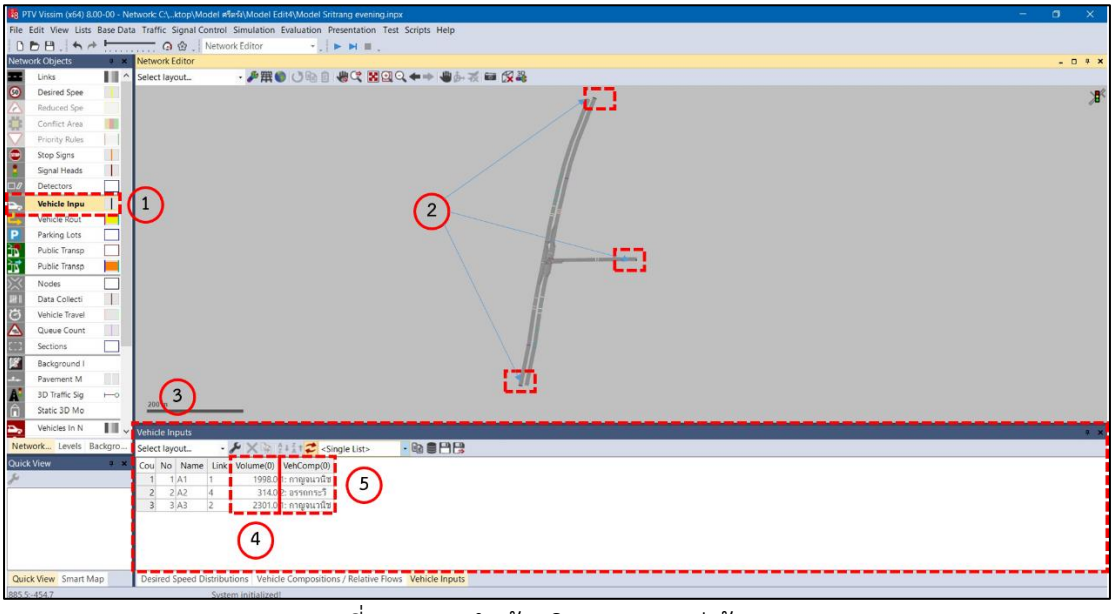
4) การนำเข้าข้อมูลปริมาณการจราจรและกำหนดทิศทางการจราจรของยานพาหนะ

การนำเข้าข้อมูลปริมาณจราจรใช้คำสั่ง (1) Traffic > Vehicle Compositions จะปรากฏหน้าต่าง Vehicle Compositions/Relative Flows (2) กำหนดชื่อแต่ละทิศทางของทางแยก (3) กำหนดประเภทของยานพาหนะที่เข้าสู่ทางแยก (Veh Type) ประกอบด้วย 4 ประเภท คือ รถจักรยานยนต์ รถยนต์ รถบรรทุก 6 ล้อ และรถบรรทุก 10 ล้อ (4) กำหนดความเร็วของรถแต่ละ

ประเภท (DesSpeedDistr) (5) กรอกข้อมูลปริมาณการจราจรของแต่ละประเภท (RelFlow) จนครบทั้งทุกทิศทาง (ดังรูปที่ ง-7) จากนั้นใช้คำสั่ง (1) Vehicle Inputs ทางด้านซ้าย (2) คลิกขวาไปยังตำแหน่งของต้นทางในแต่ละทิศทางที่เข้าสู่ทางแยก (สีดำ) (3) ปรากฏหน้าต่าง Vehicle Inputs / Links (4) กรอกข้อมูลปริมาณจราจรรวม (Volume) (5) เลือกข้อมูลของยานพาหนะในแต่ละทิศทางตามชื่อที่ระบุ ต้องสอดคล้องกับตำแหน่งของ Vehicle Inputs (สีดำ) ดังแสดงในรูปที่ ง-8

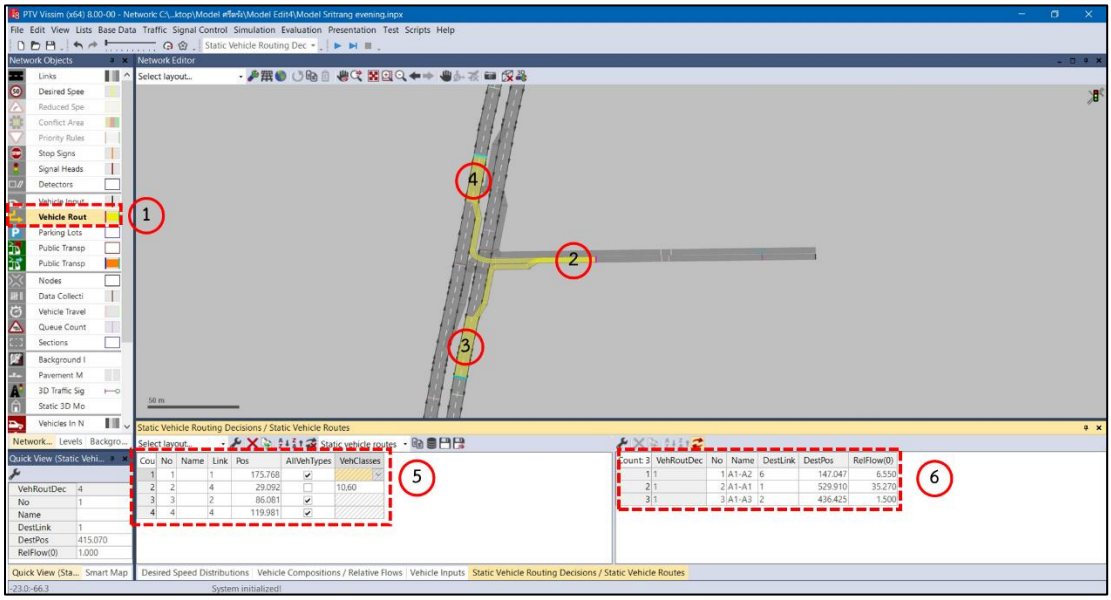


รูปที่ ง-7 การกำหนดปริมาณจราจรในแต่ละทิศทางบริเวณทางแยก



รูปที่ ง-8 การนำเข้าปริมาณจราจรสู่เส้นทาง

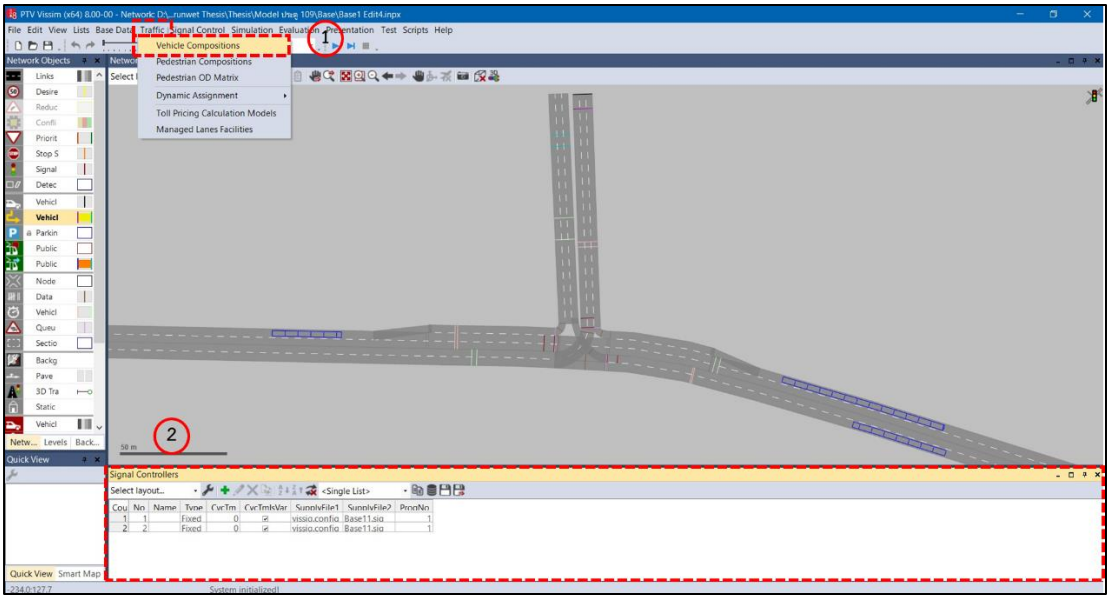
กำหนดทิศทางการจราจร ใช้คำสั่ง (1) Vehicle Route (Static) (2) คลิกขวาตำแหน่งต้นทางของแต่ละทางแยก (จะขึ้นสีชมพู) (3) จะเห็นเส้นสีเหลืองคลิกขวาไปยังตำแหน่งปลายทาง (4) คลิกขวาไปยังตำแหน่งปลายทาง (5) แถบสีเหลือง คือ เป็นการกำหนดประเภทยานพาหนะเฉพาะที่ผ่านเส้นทางนั้น (6) ระบุปริมาณจราจรของรถที่เลี้ยวซ้าย และตรง ทำเช่นนี้จนครบทุกทิศทาง ดังแสดงในรูปที่ ง-9



รูปที่ ง-9 การกำหนดตำแหน่งจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทาง

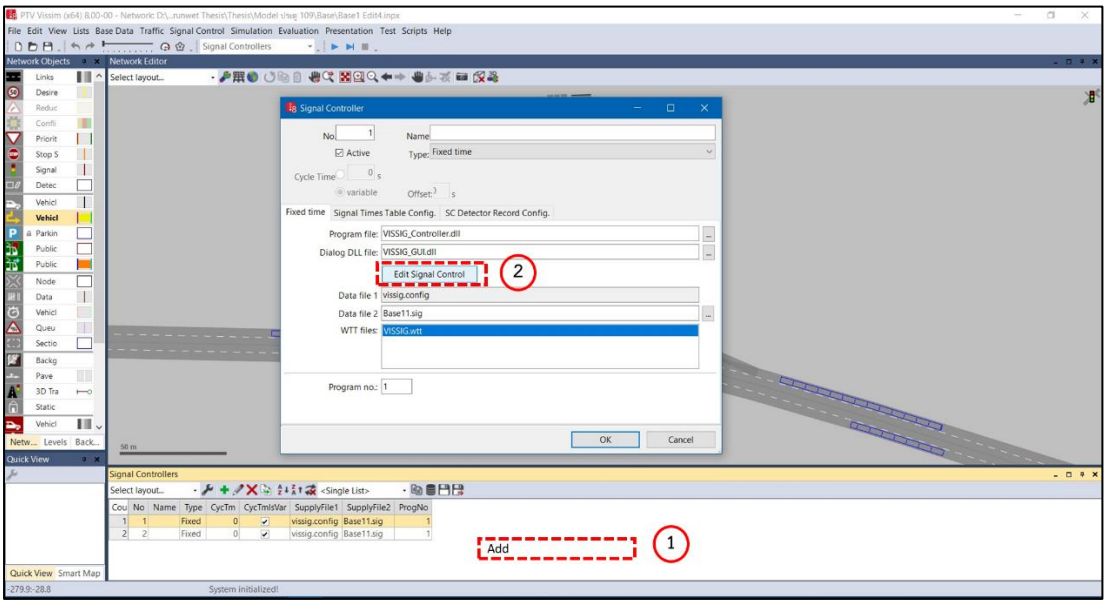
5) การจำลองจังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก

การจำลองระบบสัญญาณไฟจราจรโดยใช้คำสั่ง (1) Signal Control > Signal Controllers (2) ปรากฏหน้าต่าง Signal Controllers ขึ้นมาด้านล่างของโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ ง-10



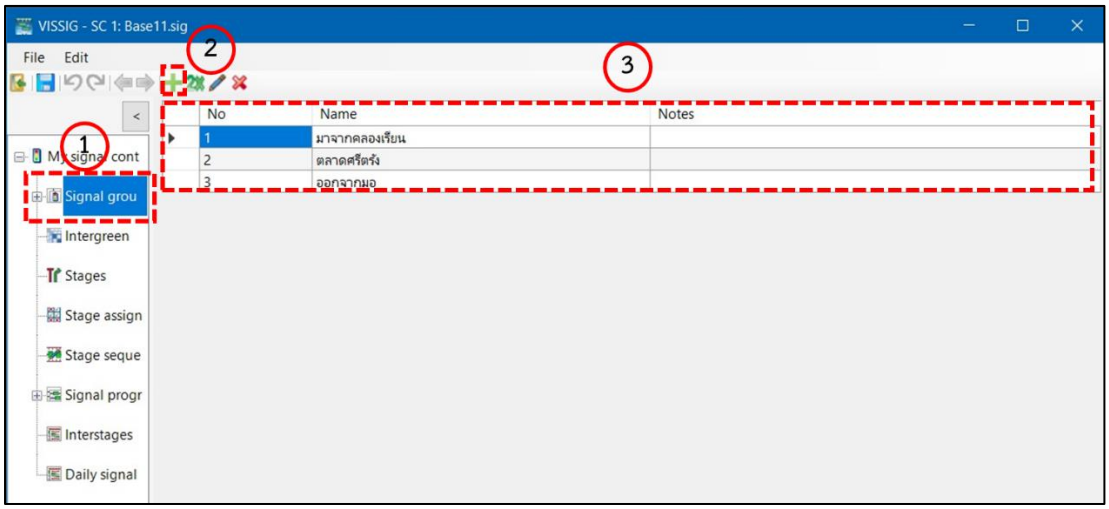
รูปที่ ง-10 การเลือกใช้คำสั่งเพื่อจำลองสัญญาณไฟจราจร

จากนั้น (1) คลิกขวาบริเวณพื้นที่สีขวา > Add... ปรากฏหน้าต่าง Signal Control ขึ้นมา (2) เลือกคำสั่ง Edit Signal Control ดังแสดงในรูปที่ ง-11



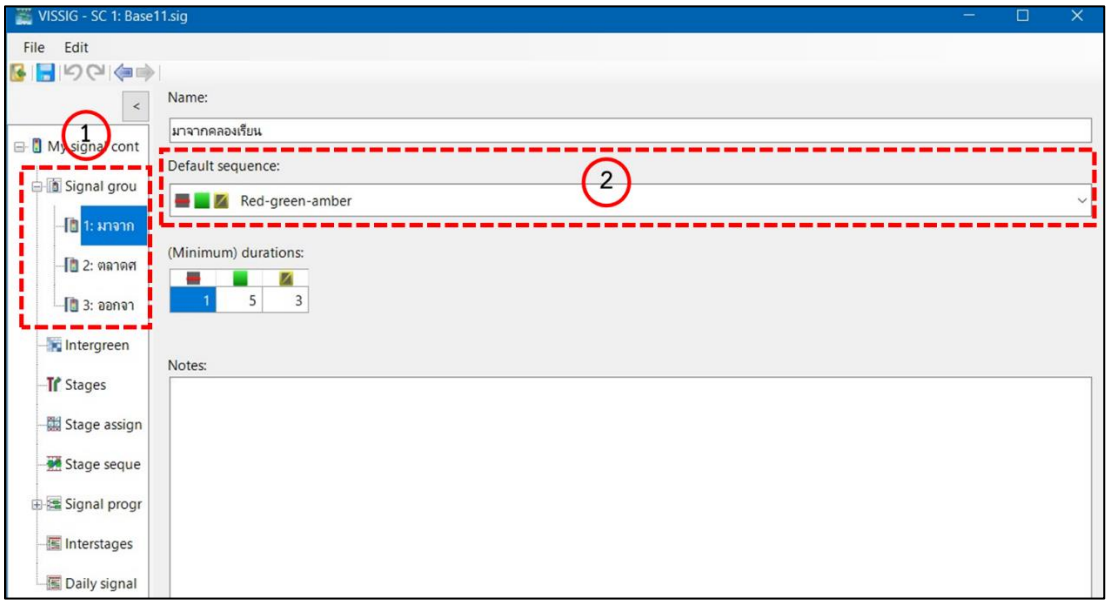
รูปที่ ง-11 การจำลองสัญญาณไฟจราจร

ปรากฏหน้าต่าง VISSIG ขึ้นมา (1) เลือกคำสั่ง Signal Groups (2) เลือกเครื่องหมาย + กดตามจำนวนเฟสสัญญาณไฟจราจร 3 ครั้ง จากตัวอย่างมีทั้งหมด 3 เฟส พร้อมทั้งตั้งชื่อเฟสสัญญาณไฟจราจรบนถนนเส้นนั้น ดังแสดงในรูปที่ ง-12



รูปที่ ง-12 การจัดทำเฟสสัญญาณไฟจราจร

จากนั้นเลือกที่คำสั่งเดิม Signal Group (1) กดเครื่องหมาย + เพื่อขยาย > เลือกเฟสสัญญาณ (2) เปลี่ยน Default Sequence ให้ตรงกับสภาพจริง โดยมี 3 สัญญาณไฟจราจรคือ ไฟแดง ไฟเขียว ไฟเหลือง ดังแสดงในรูปที่ ง-13

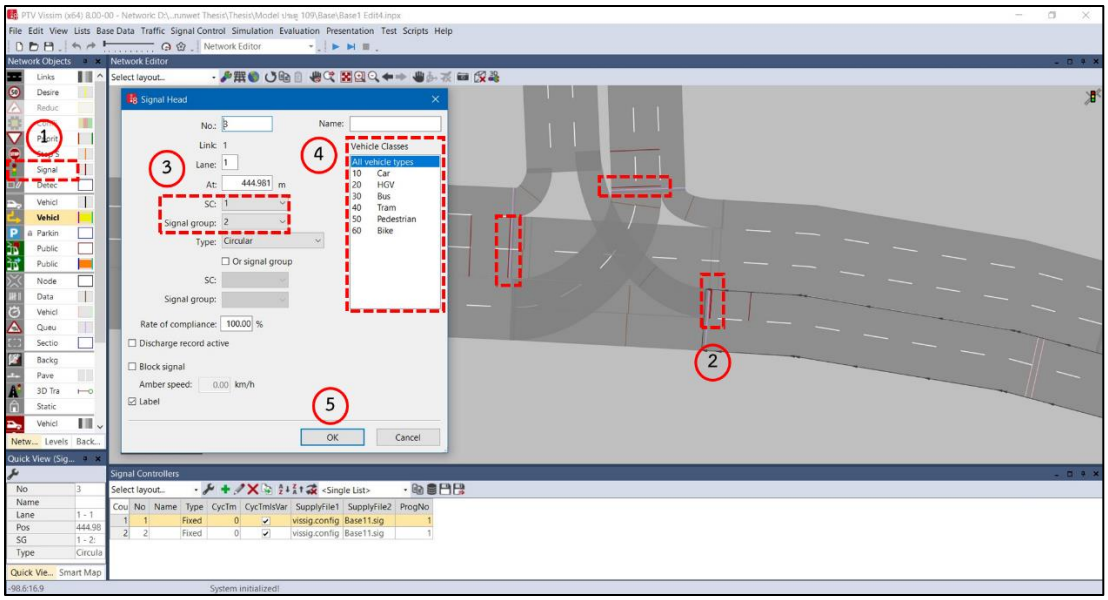


รูปที่ ง-13 การกำหนดลักษณะสัญญาณไฟจราจร

หลังจากนั้น เลือกคำสั่ง (1) Signal Programs เพื่อกำหนดระยะเวลาของแต่ละเฟสสัญญาณไฟจราจร (2) กำหนดชื่อ Name และกำหนด Cycle Time รอบสัญญาณไฟจราจร (3) ระบุเวลาของแต่ละเฟสของสัญญาณไฟจราจร จากนั้นทำการบันทึกค่าที่ระบุ ดังแสดงในรูปที่ ง-14

รูปที่ ง-14 การกำหนดรอบสัญญาณไฟจราจร

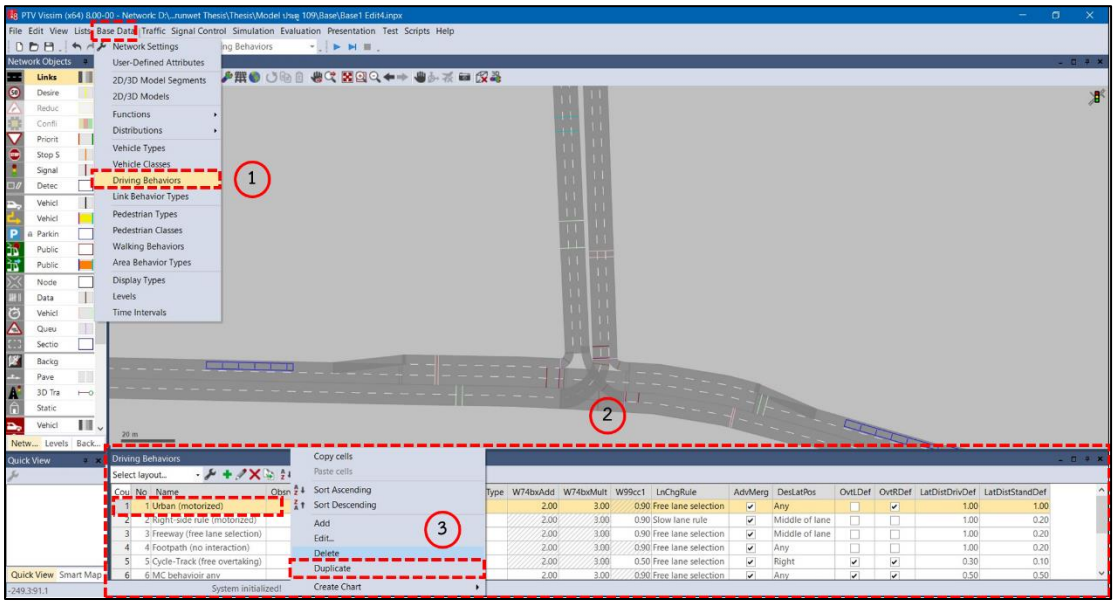
เมื่อจัดทำโปรแกรมสัญญาณไฟจราจรเรียบร้อยแล้ว นำมาสู่การจำลองสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก ใช้คำสั่งเลือก (1) Signal Heads (2) คลิกขวาบริเวณเส้นหยุดรถของทางแยกในแต่ละช่องจราจร (3) จะปรากฏหน้าต่าง Signal Head โดยเลือก SC : คือ Signal Program > Signal Group โดยเลือกให้ตรงกับทิศทางและเฟสสัญญาณไฟจราจรแล้วกดปุ่ม OK ดังแสดงรูปที่ ง-15



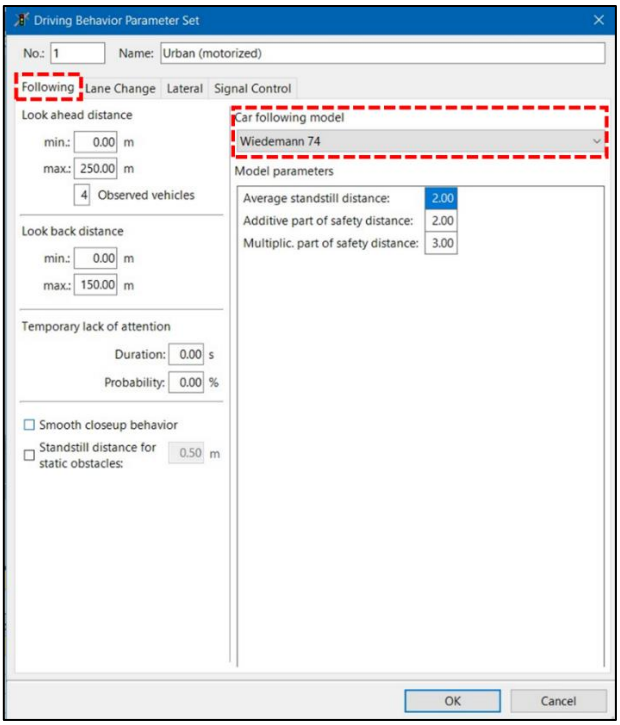
รูปที่ ง-15 การจัดจังหวะสัญญาณไฟจราจร

6) การกำหนดค่าตัวแปรด้านพฤติกรรมการขับขี่ของยานพาหนะ

ใช้คำสั่ง (1) Base Data > Diving Behavior (2) จะปรากฏตารางด้านล่างของโปรแกรม พฤติกรรมการขับขี่ในโปรแกรมจะต้องปรับแก้ค่าตัวแปรบางตัวแปรก่อน เพื่อให้มีความสอดคล้องกับบริเวณทางแยกโดยเลือก Urban (motorized) > คลิกขวา > (3) เลือก Duplicate > จะปรากฏหน้าต่าง Diving Behavior Parameter Set แล้วเปลี่ยนชื่อใหม่ Name: Urban New ดังแสดงในรูปที่ ง-16 ถึงรูปที่ ง-19 โดยรูปที่ ง-16 เป็นการกำหนดตัวแปรด้านการขับขี่ตามกันของยานพาหนะที่กำหนด ค่า Car Following Model ไว้ที่ Widemann 74

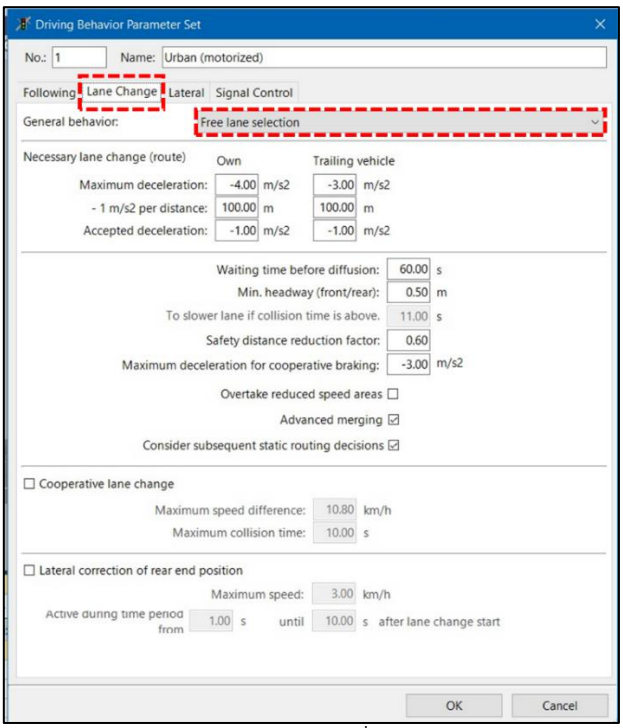


รูปที่ ง-16 การเลือกคำสั่งในการปรับค่าพฤติกรรมการขับขี่



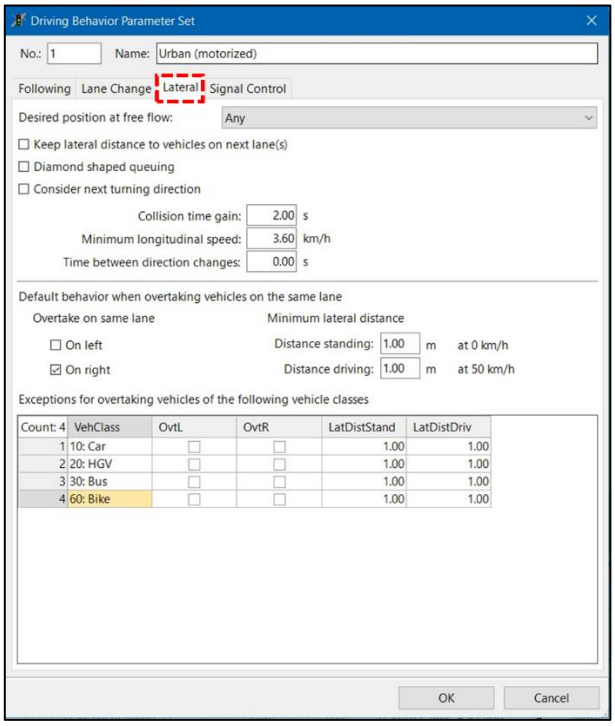
รูปที่ ง-17 การกำหนดค่าตัวแปรพฤติกรรมการขับขี่ตามกันของยานพาหนะ

จากรูปที่ ง-18 เป็นการกำหนดตัวแปรด้านการเปลี่ยนช่องจราจรของยานพาหนะ โดยกำหนดค่า General Behavior ไว้ที่ Free Lane Selection



รูปที่ ง-18 การกำหนดค่าตัวแปรการเปลี่ยนช่องจราจรของยานพาหนะ

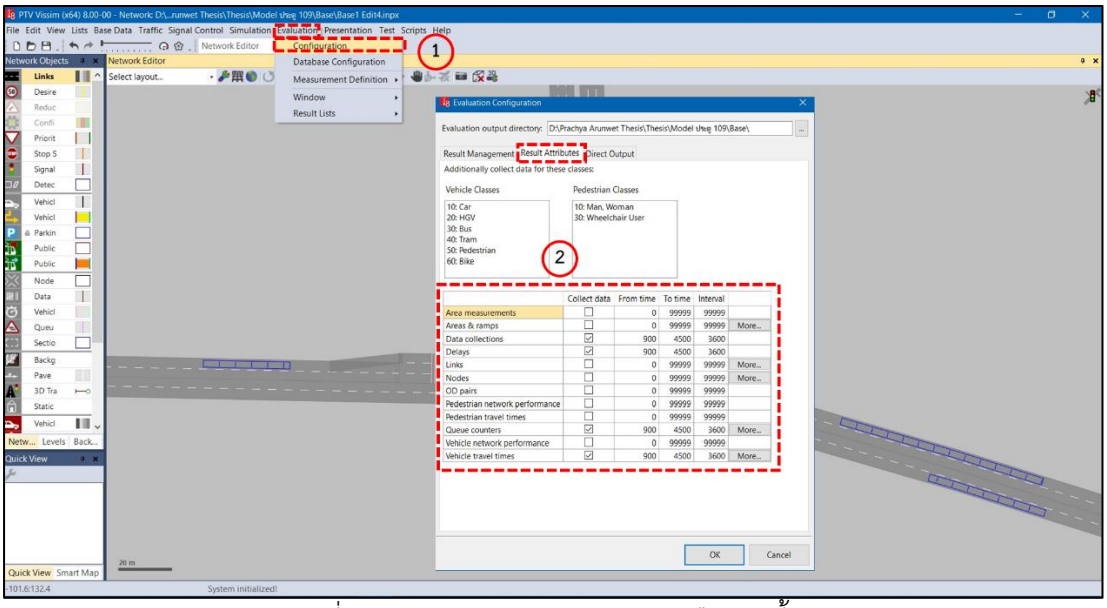
จากรูปที่ ง-19 เป็นการกำหนดค่าตัวแปรด้านพฤติกรรมการแซงของยานพาหนะ ซึ่งกำหนดค่า Desired Position at Free Flow สามารถเลือกพฤติกรรมให้เหมาะสมกับแต่ละบริเวณทางแยกและสามารถกำหนดประเภทยานพาหนะในการแซง โดยกำหนดให้ยานพาหนะสามารถเริ่มแซงก็ต่อเมื่อรถคันที่มีความเร็วต่ำและมีพฤติกรรมแซงด้านซ้ายหรือด้านขวาได้



รูปที่ ง-19 การกำหนดค่าตัวแปรพฤติกรรมการแซงของยานพาหนะ

7) การกำหนค่าตัวแปรด้านการจำลองในการบันทึกผลแบบจำลอง

โดยใช้คำสั่ง (1) Evaluation > Configuration จะปรากฏหน้าต่าง Evaluation Configuration (2) เลือก Result Attributes ซึ่งเป็นตัวเลือกที่ใช้ในการประเมินผลแบบจำลอง โดยได้เลือก Data Collection, Delays, Queue Counters และ Vehicle Travel Times ใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินผลแบบจำลอง และกำหนดช่วงเวลาในการบันทึกผลของแบบจำลองแต่ละรายการที่ได้เลือกไว้ โดยตั้งค่า From time = 900, Totime = 4500, และ Interval = 3600 โดยการประเมินผลจะบันทึกข้อมูลตั้งแต่นาทีที่ 900 ถึง 4,500 วินาที รวมเวลาที่บันทึก 3600 วินาที ซึ่งในช่วง 0-900 วินาทีแรกของการประเมินเป็นช่วงเวลาที่ไม่ได้บันทึกข้อมูล เพื่อเป็นการปรับสภาพการจราจรในแบบจำลองจากช่วงเริ่มต้นให้มีความคงที่ ดังแสดงในรูปที่ ง-20



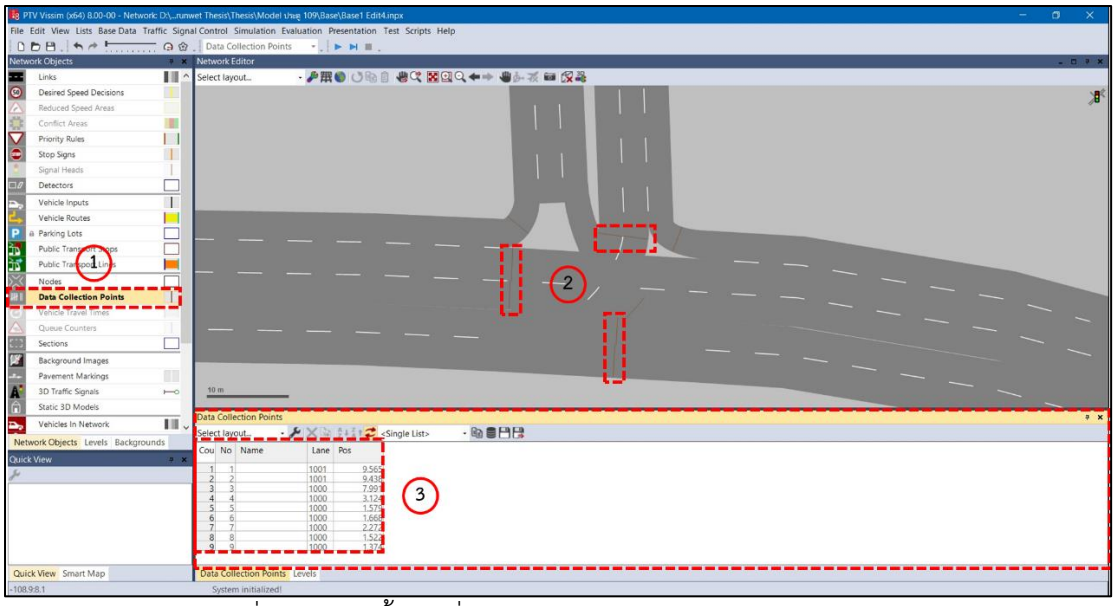
รูปที่ ง-20 การกำหนดช่วงเวลาและเลือกตัวชี้วัด

8) การตั้งค่าเครื่องมือเพื่อประเมินผลจากแบบจำลอง

การตั้งค่าเครื่องมือเพื่อประเมินผลจากแบบจำลองได้ตั้งค่าไว้ 4 ประเภท คือ 1) Data Collection 2) Delay 3) Queue Counter และ 4) Vehicle Travel Time โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การตั้งค่าของ Data Collection

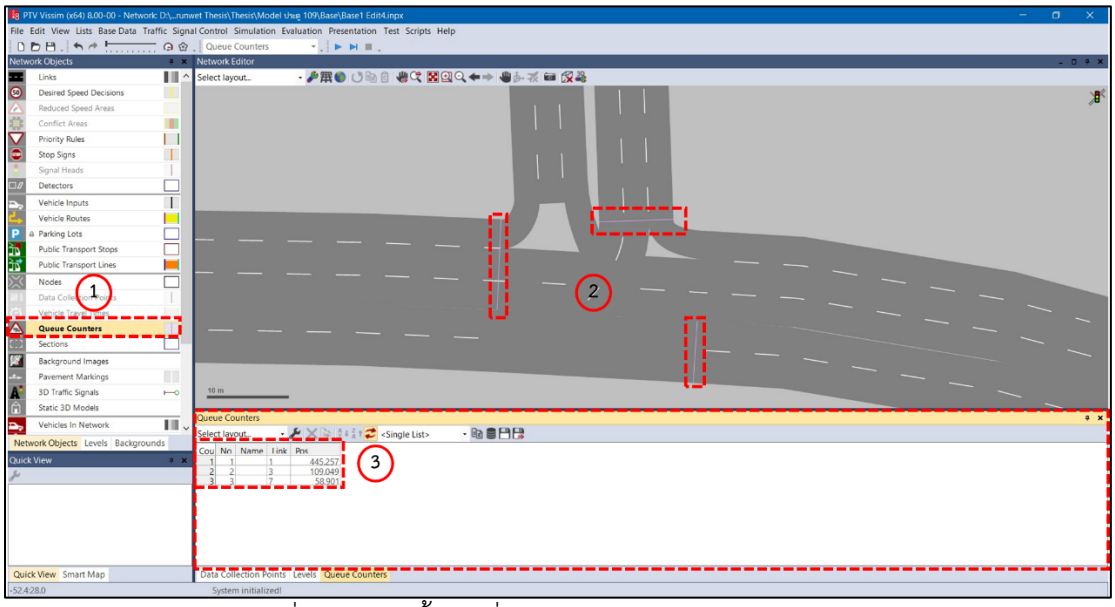
การตั้งค่า Data Collection เป็นการบันทึกปริมาณการจราจรของแบบจำลองที่ผ่านบริเวณทางแยก โดยใช้คำสั่ง (1) Data Collection Points (2) คลิกขวาลงบนช่องจราจรตรงตำแหน่งที่เชื่อมกันระหว่าง link หรือ Connector จะมีขีดสีน้ำตาลปรากฏขึ้น โดยเลือกในครบทุกช่องจราจรที่ยานพาหนะวิ่งผ่าน หลังจากนั้นเลือกที่เส้นสีน้ำตาล (3) ปรากฏหน้าต่างของ Data Collection Points ให้กำหนดชื่อ Name: ให้ตรงกับทิศทางต่าง ๆ ที่ได้เลือกเส้นสีน้ำตาลไว้ ดังแสดงในรูปที่ ง-21



รูปที่ ง-21 การตั้งค่าเพื่อแสดงผลของ Data Collection Point

2) การตั้งค่าของ Queue Counter

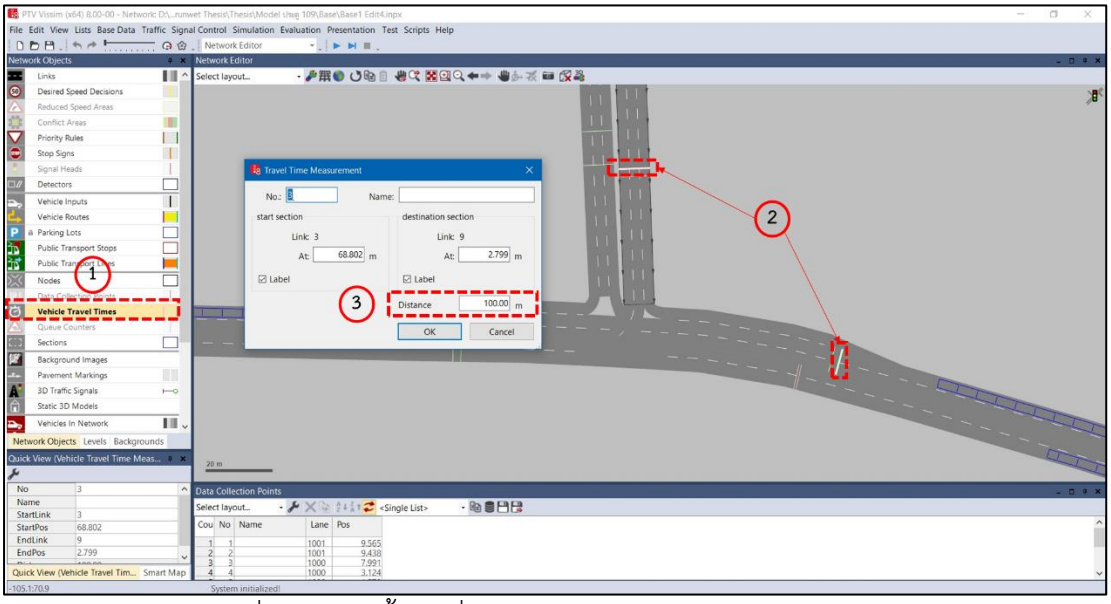
ใช้คำสั่ง (1) Queue Counter (2) กดขวาบริเวณเส้นหยุดรถในแต่ละทางแยก (เส้นสีม่วง) > จากนั้นเลือกที่เส้นสีม่วง ปรากฏหน้าต่าง (3) Queue Counter/Links (4) กำหนดชื่อให้สอดคล้องกัน ดังแสดงในรูปที่ ง-22



รูปที่ ง-22 การตั้งค่าเพื่อแสดงผลของ Queue Counter

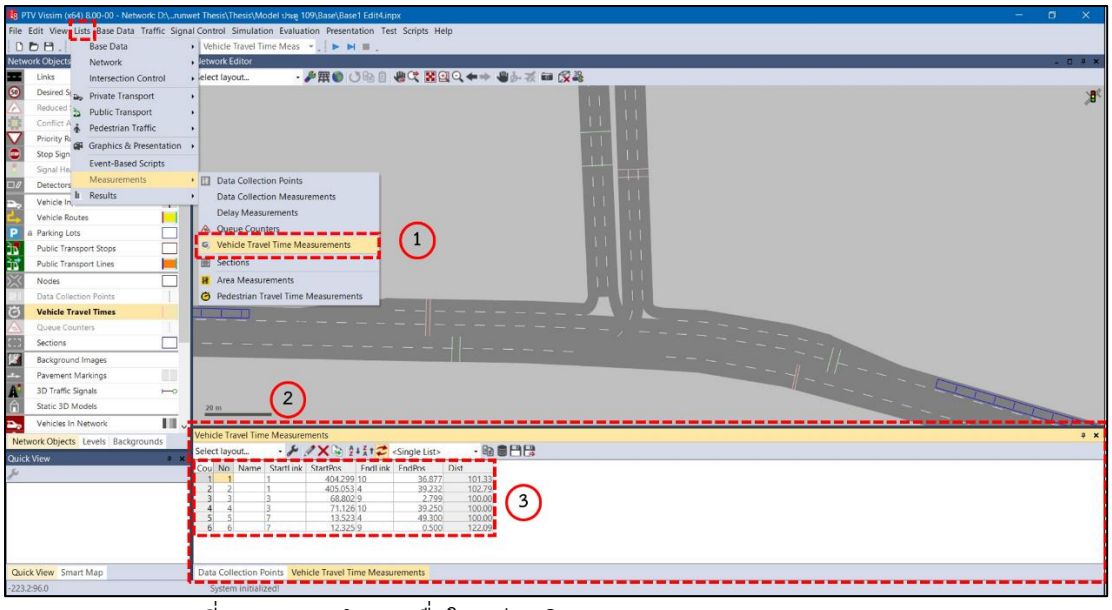
3) การตั้งค่าของ Vehicle Travel Times

ใช้คำสั่ง (1) Vehicle Travel Times (2) คลิกที่ต้นทางแต่ละขาของทางแยก (สีชมพู) แล้วคลิกไปยังตำแหน่งปลายทางที่ยานพาหนะวิ่งผ่าน (สีเขียวอ่อน) (3) สามารถกำหนดระยะทางได้โดยเลือกที่เส้นสีเขียวอ่อน กำหนดค่า Distance: ตามการใช้งาน เช่น 100 เมตร เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ ง-23



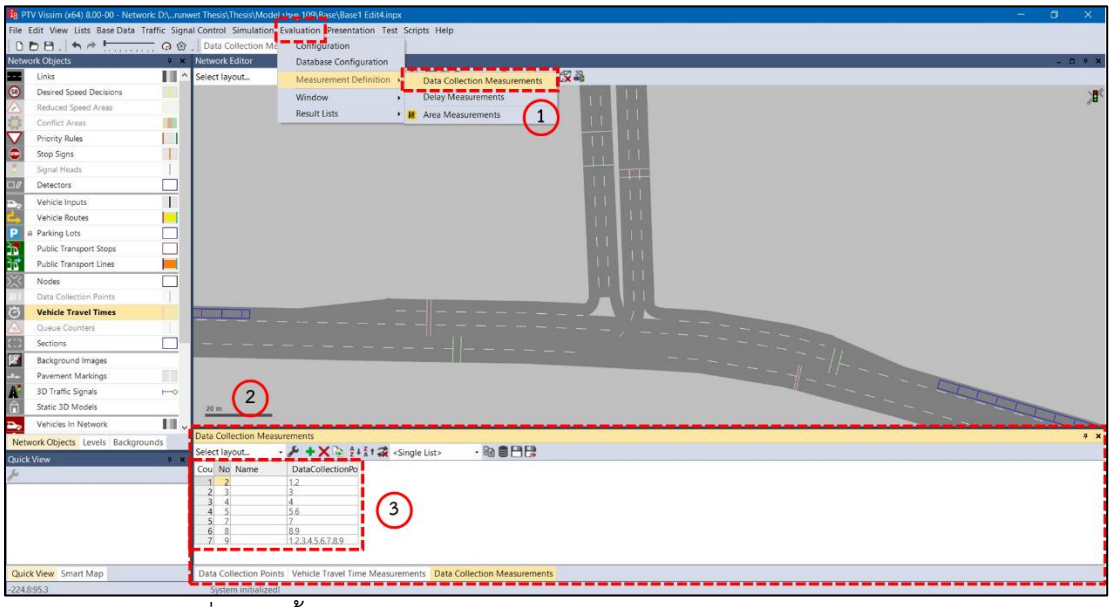
รูปที่ ง-23 การตั้งค่าเพื่อแสดงผลของ Vehicle Travel Times

จากนั้นเลือกคำสั่ง (1) List > Measurements > Vehicle Travel Times Measurements (2) ปรากฏหน้าต่างชื่อ Vehicle Travel Times (3) กำหนดชื่อของแต่ละทิศทางหรือชื่อถนน > (4) กำหนดระยะทางในการเดินทางของยานพาหนะ ดังแสดงในรูปที่ ง-24



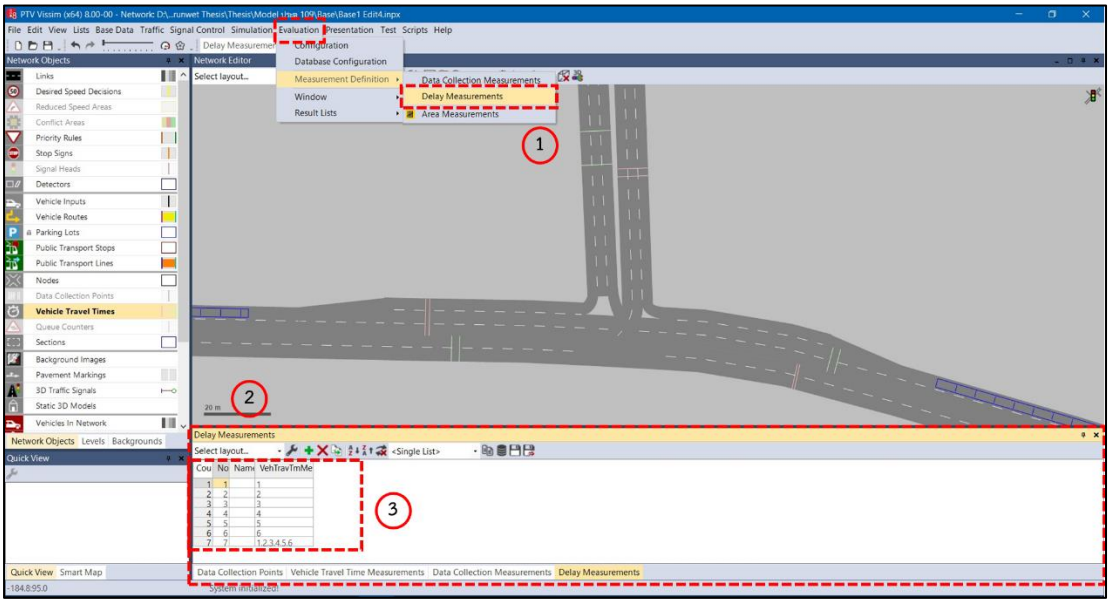
รูปที่ ง-24 การกำหนดชื่อในแต่ละทิศทางของ Vehicle Travel Times

การแสดงผลลัพธ์ของ Data Collection Measurements โดยเลือกคำสั่ง (1) Evaluation > Measurements Definition > Data Collection Measurements (2) ปรากฏหน้าต่าง Data Collection Measurements ด้านล่างของโปรแกรม (3) Add... พร้อมทั้งกำหนดชื่อ Name และ Data Collection Points ให้ตรงกับที่ได้ตั้งไว้ ดังแสดงในรูปที่ ง-25



รูปที่ ง-25 ขั้นตอนจัดเตรียมการแสดงผลลัพธ์ด้วยค่า Data Collection

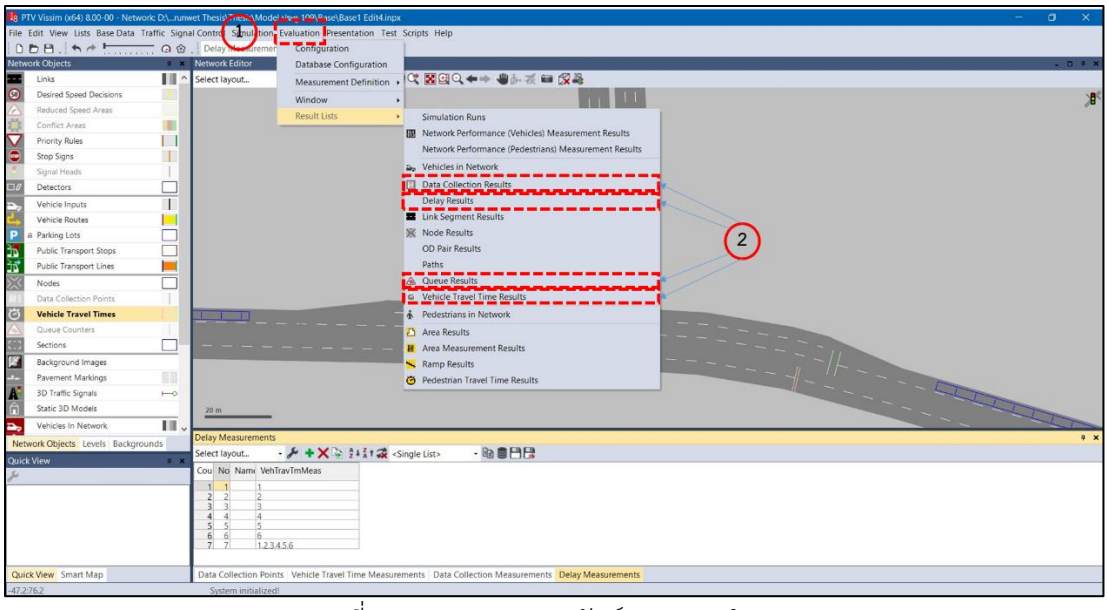
การแสดงผลลัพธ์ของ Delay Measurements ทำเช่นเดียวกับขั้นตอนของ Data Collection Measurements โดยใช้คำสั่ง (1) Evaluation > Measurements Definition > Delay Measurements (2) ปรากฏหน้าต่าง Delay Measurements (3) Add... พร้อมทั้งกำหนดชื่อ Name: และ VehTravTmMeas ให้ตรงกับที่ได้ตั้งไว้ ดังแสดงในรูปที่ ง-26



รูปที่ ง-26 ขั้นตอนจัดเตรียมการตั้งค่าแสดงผลลัพธ์ด้วยค่า Delay

9) การเลือกใช้เครื่องมือสำหรับแสดงผลลัพธ์จากแบบจำลอง

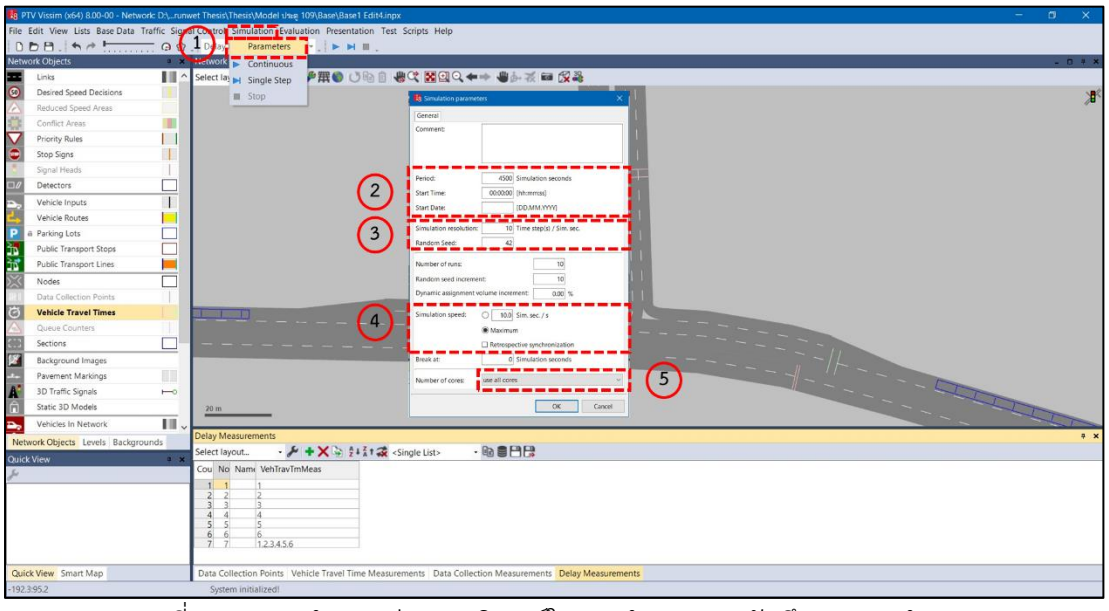
ใช้คำสั่ง (1) Evaluation > Result list... (2) เลือก Data Collection, Delay, Queue Counter และ Vehicle Travel Time ดังแสดงในรูปที่ ง-27



รูปที่ ง-27 การแสดงผลลัพธ์ของแบบจำลอง

10) การกำหนดค่าตัวแปรและช่วงเวลาในการจำลองผล

การกำหนดตัวค่าตัวแปรและช่วงเวลาในการจำลองผลการวิเคราะห์สภาพการจราจร เพื่อกำหนดให้โปรแกรมเริ่มวิเคราะห์ผล โดยใช้คำสั่ง (1) Simulation > Parameter ปรากฏหน้าต่าง Simulation Parameters (2) กำหนดช่วงเวลาในการบันทึกผลแบบจำลองดังนี้ > Period = 4500 คือเวลารวมวินาทีในการจำลองแต่ละครั้ง (3) กำหนดค่า Simulation Resolution ในการจำลอง 10 ครั้ง เหื่อหาค่าเฉลี่ยในการประเมินผลจาก 10 ครั้ง (4) กำหนดค่า Simulation Speed (5) กำหนดค่า Number of Cores > กดปุ่ม OK ดังแสดงในรูปที่ ง-28

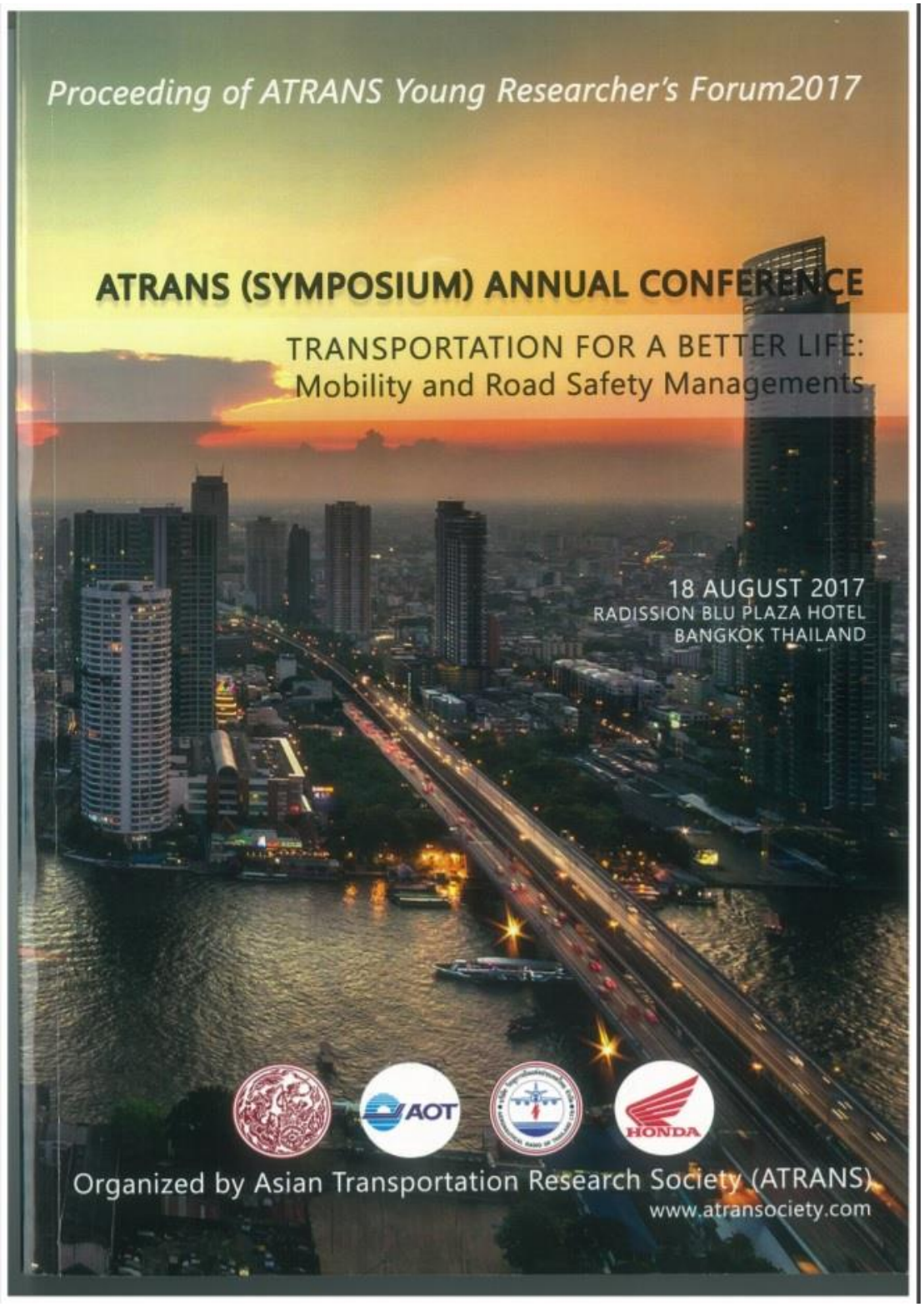


รูปที่ ง-28 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการจำลองและบันทึกผลแบบจำลอง

ภาคผนวก จ
บทความวิจัยที่นำเสนอและได้รับการตีพิมพ์

บทความงานวิจัยเรื่องที่ 1

ได้นำเสนอและตีพิมพ์บทความการประชุมสัมมนาสมาคมวิจัยวิทยาการขนส่งแห่งเอเชีย (ATRANS) ครั้งที่ 10



ATRANS ANNUAL CONFERENCE 2017
PROCEEDING OF
YOUNG RESEARCHER'S FORUM

Transportation for a Better Life:
Mobility and Road Safety Managements
18 August 2017
Bangkok, Thailand

การศึกษาการปรับปรุงบริเวณทางแยก กรณีศึกษาประตูศรีตรัง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Study of Intersection Improvement: A Case Study of Sri Trang Gate, Prince of Songkla University

หมายเลขบทความ : AYRF2017-016TH

ปรัชญา อรัญเวศ[1]* ปรเมศวร์ เหลือเทพ[2]

Prachya Arunwet, Paramet Luathep

[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา
โทรศัพท์. 08-9870-4420, E-mail: gfprachya2532@gmail.com

บทคัดย่อ

ประตูศรีตรังเป็นประตูหลักแห่งหนึ่งของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ มีทางแยกตัดกันระหว่างถนนกาญจนวนิชกับถนนอรรถกระวี ทางแยกนี้รองรับการจราจรเข้าและออกวิทยาเขตเป็นปริมาณมากในช่วงชั่วโมงเร่งเช้าและเย็น ส่งผลให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดและอุบัติเหตุจราจรบ่อยครั้ง บทความนี้นำเสนอผลศึกษาการปรับปรุงบริเวณทางแยกประตูศรีตรังเป็นกรณีศึกษา โดยสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะกายภาพและปริมาณการจราจร สร้างแบบจำลองสภาพการจราจรบริเวณทางแยกระดับจุลภาคด้วยโปรแกรม VISSIM แล้วประยุกต์ใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของมาตรการการจัดการจราจรบริเวณทางแยก ผลศึกษาพบว่า การปรับปรุงบริเวณทางแยกโดยย้ายตำแหน่งจุดกลับรถและจัดการพื้นที่ขัดแย้ง สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการจราจรบริเวณทางแยกได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: การจัดการจราจร, การปรับปรุงทางแยก, แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

Abstract

Sri Trang is a main gate of the Prince of Songkla University, Hat Yai campus. There is a major intersection, between Kanchanavanich road and Athakrawee road, in front of the gate. The intersection serves high traffic volume of in and out vehicles during the morning and evening peak hours. This frequently results in traffic congestion and accident problems. This paper presents the results of intersection improvement at the Sri Trang Gate as a case study. The geometry and traffic volume data were surveyed. Traffic microsimulation model was developed using VISSIM software and applied to analyze the efficiency of the proposed traffic management schemes. The results showed that the intersection improvements (i.e., u-turn relocation and conflict area management) could increase traffic efficiency at the intersections significantly.

Keywords: Traffic management, intersection improvement, traffic microsimulation model

1. บทนำ

ประตูศรีตรังเป็นประตูหลักแห่งหนึ่งของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ บริเวณประตูมีทางแยกตัดกันระหว่างถนนกาญจนวนิชกับถนนอรรถกระวี ทางแยกนี้รองรับการจราจรเข้าและออกวิทยาเขตปริมาณมากในช่วงชั่วโมงเร่งเช้าและเย็น ซึ่งจากการสำรวจโดยคณะผู้วิจัย ปริมาณการจราจรสูงสุดที่ผ่านบริเวณทางแยกในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าประมาณ 3,313 PCU/ชั่วโมง ประกอบด้วยยานพาหนะของบุคลากร อาจารย์ นักศึกษา และประชาชนที่มาติดต่อมหาวิทยาลัย รวมทั้งยานพาหนะที่สัญจรผ่านทางแยกบนถนนกาญจนวนิช (ประมาณ 3,275 PCU/ชั่วโมง) ทำให้บริเวณทางแยกเกิดปัญหาการจราจรติดขัดทั้งบนถนนกาญจนวนิชและบนถนนอรรถกระวี ส่วนในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นมียานพาหนะที่ต้องการออกจากมหาวิทยาลัยสู่ถนนกาญจนวนิชผ่านประตูศรีตรัง โดยมีปริมาณการจราจรที่ผ่านบริเวณทางแยกประมาณ 3,350 PCU/ชั่วโมง ปัญหาหลักที่ทำให้เกิดการจราจรติดขัดในชั่วโมงเร่งด่วนมาจากลักษณะทางกายภาพของบริเวณทางแยกที่ไม่สอดคล้องกับพื้นที่การสัญจรของยานพาหนะ เช่น จุดกลับรถบนถนน

ATRANS ANNUAL CONFERENCE 2017
PROCEEDING OF
YOUNG RESEARCHER'S FORUM

Transportation for a Better Life:
Mobility and Road Safety Managements
18 August 2017
Bangkok, Thailand

กาญจนวนิชอยู่ตรงกับประตูทางออกประตูศรีตรัง และจุดกลับรถที่ไม่มีช่องรอเลี้ยวสำหรับกลับรถ ส่งผลให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดดังกล่าวและบ่อยครั้งที่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นในบริเวณทางแยกนี้

คณะผู้วิจัย จึงได้ศึกษาและเสนอการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง โดยแนวทางการจัดการเบื้องต้นจะเน้นการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพเป็นหลัก เช่น การย้ายจุดกลับรถบริเวณทางแยก การเพิ่มช่องรอเลี้ยว และการจัดการทิศทางและกระแสจราจรบริเวณทางแยก โดยได้วิเคราะห์มาตรการการจัดการจราจรด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ผลการศึกษาที่ได้จะเป็นข้อมูลให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อพิจารณาดำเนินการปรับปรุงต่อไป

1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

บทความนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อดังนี้

1) เพื่อศึกษาปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง
2) เพื่อเสนอแนะและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมาตรการการจัดการจราจรบริเวณทางแยกโดยใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

1.2 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีขอบเขตการศึกษาบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งเป็นทางแยกตัดกันระหว่างถนนกาญจนวนิชกับถนนอรรถกระวี ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยได้ปัญหาการจราจรที่ติดขัดบริเวณทางแยกและเสนอแนะแนวทางปรับปรุงแก้ไข เพื่อลดปัญหาการจราจรติดขัดและเพื่อเพิ่มความปลอดภัยของผู้ใช้ถนน

รูปที่ 1 พื้นที่การศึกษา บริเวณทางแยกประตูศรีตรัง

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการของแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค

แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค เป็นการจำลองพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของยานพาหนะแต่ละประเภทที่อยู่ในโครงข่ายถนน ซึ่งประกอบด้วยเงื่อนไขการจราจร 2 ลักษณะ คือ 1) แบบพลวัต (dynamic) 2) แบบสุ่ม (stochastic) การจำลองพฤติกรรมของยานพาหนะจะถูกพิจารณาทุก ๆ ช่วงเวลาย่อย โดยอาศัยหลักการพื้นฐานของการเคลื่อนที่และพฤติกรรมการขับขี่ของยานพาหนะแต่ละคัน [1] ผลที่ได้จากแบบจำลองสามารถใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของถนน เช่น ระดับการให้บริการ เวลาและความล่าช้าในการเดินทาง ความยาวแถวคอย เป็นต้น

2.2 โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

ที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้จำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคให้มีความถูกต้องแม่นยำหลายโปรแกรม เช่น AIMSUN CORSIM NETSIM PARAMICS VISSIM และ Simtraffic เป็นต้น Moseri et al. [2] ได้เปรียบเทียบคุณลักษณะของโปรแกรมข้างต้น เพื่อหาโปรแกรมที่เหมาะสมกับการพัฒนาแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคของ ocean parkway ในเมืองนิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา บริเวณพื้นที่ศึกษาครั้งนั้นเป็นถนนในเขตเมืองที่มีรูปแบบการเดินทางแบบผสมผสานและมีลักษณะทางกายภาพของถนนในเขตเมืองไม่เป็นไปตามมาตรฐาน จากการศึกษา พบว่าโปรแกรม VISSIM เป็นเครื่องมือ ที่มีความเหมาะสมที่สามารถรองรับโครงข่ายถนนแบบ link-connector และโครงข่ายถนนที่มีความซับซ้อนและหนาแน่น นอกจากนี้ โปรแกรม VISSIM ยังรองรับการแจกแจงการเดินทางได้ทั้งแบบ static และ dynamic โดยใช้ข้อมูลจากตารางการเดินทางเพียงอย่างเดียวได้

ชัยวัฒน์ ใหญ่บก และปรมเศวร์ เหลือเทพ [3] ได้ศึกษาและเสนอการจัดการจราจรบนถนนกาญจนวนิชช่วงระหว่างแยกคลองเรียนถึงแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ แนวทางการจัดการจราจรได้เน้นการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ เช่น ขนาดของช่องรอเลี้ยว ความยาวและความกว้างของเกาะกลาง การจัดการทิศทางและกระแสจราจร และการจำกัดระยะการจอดรถริมทางก่อนถึงทางแยก และได้วิเคราะห์มาตรการการจัดการจราจรแบบต่าง ๆ ด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคของแต่ละทางแยกอิสระต่อกัน จากผลการศึกษา พบว่า การรวมทุกมาตรการช่วยลดปัญหาการจราจรติดขัดได้ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม การศึกษาดังกล่าวไม่ได้ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ของการศึกษานี้

วราศักดิ์ ปะสังติโย และคณะ [4] ได้ศึกษาและวิเคราะห์การจัดการจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ที่ทางแยกสัญญาณไฟจราจรบนช่วงถนนศรีจันทร์ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยกำหนดมาตรการจัดการจราจร ประกอบด้วย 1) การกำหนดพื้นที่เฉพาะสำหรับหยุดรอสัญญาณไฟจราจร และ 2) การกำหนดช่องทางเฉพาะด้านซ้ายร่วมกับการวิ่งแบบ hook turn สำหรับรถที่ต้องการเลี้ยวขวา จากผลการศึกษา พบว่ามาตรการทั้งสองสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการให้บริการบริเวณทางแยกได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยวัดประสิทธิภาพจากเวลาเดินทาง ความล่าช้า และความยาวแถวคอย ซึ่งค่าที่ได้ดังกล่าวมีค่าที่ลดลง นอกจากนี้ ยังพบว่ามาตรการข้างต้นช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซมลพิษของยานพาหนะในภาพรวมบริเวณทางแยกได้อีกด้วย

ATRANS ANNUAL CONFERENCE 2017
PROCEEDING OF
YOUNG RESEARCHER'S FORUM

Transportation for a Better Life:
Mobility and Road Safety Managements
18 August 2017
Bangkok, Thailand

เสกสรร บุญฉวี และคณะ [5] ได้วิเคราะห์หาระยะห่างที่เหมาะสมระหว่างทางแยกแบบกระแสจราจรไหลต่อเนื่อง (continuous flow intersection หรือ CFI) โดยใช้โปรแกรม VISSIM ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคบริเวณสี่แยกประตูเมืองขอนแก่นและได้พิจารณาอิทธิพลของระยะห่างระหว่างทางแยกหลักกับทางแยกรองที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจราจร อีกทั้งได้วิเคราะห์หารอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมของตัวแทน CFI ในแต่ละเงื่อนไขของการจราจร เพื่อเสนอการออกแบบระยะห่างระหว่างทางแยกหลักกับทางแยกรองให้สอดคล้องกับสภาพการจราจร ลักษณะทางกายภาพของทางแยก และการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณทางแยก

2.3 การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคเริ่มต้นจากการกำหนดขอบเขตการศึกษา ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมก่อนการสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค เช่น การกำหนดระยะเวลา เครื่องมือบุคลากร วิธีการ และการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น ต่อมาเป็นการสำรวจข้อมูลภาคสนาม โดยเตรียมข้อมูลสำหรับการสร้างและปรับเทียบแบบจำลองฯ เช่น ลักษณะทางกายภาพ การควบคุมการจราจร ปริมาณจราจร เป็นต้น จากนั้นเป็นการพัฒนาแบบจำลองฐาน (base model) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใกล้เคียงสภาพจริงมากที่สุด หลังจากนั้นต้องตรวจสอบความผิดพลาดของแบบจำลองที่อาจเกิดขึ้น ลำดับถัดไปคือการปรับเทียบแบบจำลอง โดยเลือกตัวแปรบางตัวในแบบจำลองฯ มาปรับเทียบและใช้กระบวนการทำซ้ำ เพื่อให้ได้ค่าที่สอดคล้องกับข้อมูลจริงมากที่สุด ขั้นตอนนี้อาจใช้เวลานานหากต้องการผลที่ถูกต้องมาก ต่อไปเป็นการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองฯ ซึ่งนิยมใช้ค่าสถิติของ GEH [4, 6, 7] จากสมการที่ 1

$$GEH = \sqrt{\left(\frac{Simulated - Observed}{0.5 \times (Simulated + Observed)}\right)^2} \quad (1)$$

โดยที่ Simulated คือ ค่าที่ได้จากแบบจำลอง
Observed คือ ค่าที่ได้จากการสำรวจจริง

1) ค่า GEH < 5 หมายถึง ปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองและที่ได้จากการสำรวจ สอดคล้องกันเป็นอย่างดี

2) ค่า 5 < GEH < 10 หมายถึง ปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองและที่ได้จากการสำรวจ สอดคล้องกัน แต่ควรตรวจสอบข้อมูลปริมาณการจราจรอีกครั้ง

3) ค่า 10 < GEH หมายถึง ปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองและที่ได้จากการสำรวจ ไม่สอดคล้องกัน

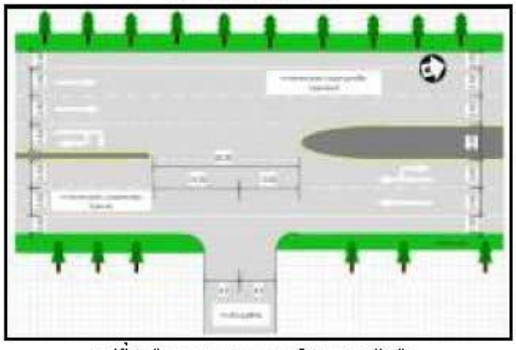
วัตถุประสงค์ของการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองข้างต้น เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐานที่ได้จากการปรับเทียบให้มีความใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมากที่สุด

3. วิธีการศึกษา

3.1 พื้นที่การศึกษา

พื้นที่ศึกษา คือ บริเวณทางแยกประตูศรีตรัง เป็นสามแยกรูปตัว T ที่ถนนอรรถกระวี (ถนนภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์) บรรจบกับถนนกาญจนวนิช (รูปที่ 2) ทางแยกนี้ไม่มีการควบคุมการจราจรด้วยสัญญาณไฟจราจร และมีลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกดังรูปที่ 3 โดยที่ถนนกาญจนวนิชขามาจากทิศเหนือมี 2 ช่องจราจร (ช่องทางตรงและช่องทางตรงร่วมกับกลับรถ) ส่วนขาที่มาจากทิศใต้มี 2 ช่องจราจรสำหรับรถทางตรง และ 1 ช่องจราจรสำหรับรถเลี้ยวขวา (เข้ามหาวิทยาลัย) หรือกลับรถ โดยมีเกาะกลางแบบยกแยกการจราจรในสองทิศทาง สำหรับถนนอรรถกระวี มี 2 ช่องจราจร และมีเพียงเส้นแบ่งทิศทางของกระแสจราจร

รูปที่ 2 บริเวณพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 3 ลักษณะทางกายภาพบริเวณแยกศรีตรัง

ATRANS ANNUAL CONFERENCE 2017
PROCEEDING OF
YOUNG RESEARCHER'S FORUM

3.2 การสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก

คณะผู้วิจัยได้สำรวจข้อมูลสำหรับพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย

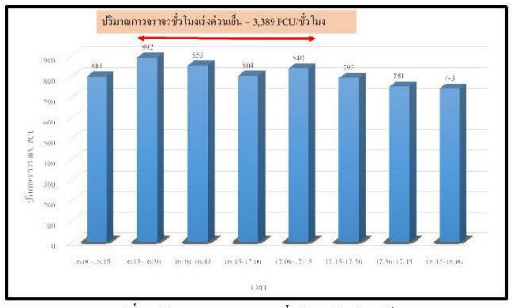
1) ข้อมูลลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก
2) ข้อมูลสภาพปัญหาการจราจรบริเวณทางแยก
3) ข้อมูลปริมาณการจราจรของชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น
4) ข้อมูลปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทางของชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น
5) ข้อมูลสัดส่วนยานพาหนะในชั่งโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น
6) ข้อมูลความเร็วของยานพาหนะในแต่ละทิศทาง

ข้อมูลที่ใช้สำหรับพัฒนาแบบจำลองฯทั้งหมด ผู้วิจัยได้ลงสำรวจพื้นที่ ในวันจันทร์ที่ 6 กุมภาพันธ์ 2560 โดยสำรวจใน 2 ช่วงเวลา คือ 08:00-10:00 น. และ 16:00-18:00 น. ซึ่งครอบคลุมช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น ผลจากการสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกเพื่อหาชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น พบว่า ปริมาณการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้ามีค่าเท่ากับ 3,275 PCU/ชั่วโมง ในเวลา 08:00-09:00 น. แสดงดังรูปที่ 4 ส่วนปริมาณการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นมีค่าเท่ากับ 3,389 PCU/ชั่วโมง ในเวลา 16:15-17:15 น. แสดงดังรูปที่ 5 และปริมาณการจราจรของแต่ละทิศทางในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น แสดงดังรูปที่ 6 และ 7 ตามลำดับ

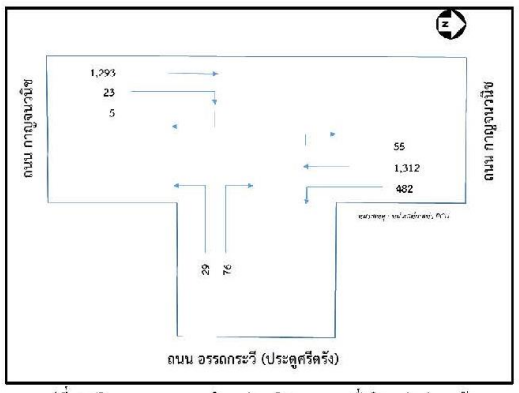
สำหรับข้อมูลสัดส่วนของยานพาหนะที่ผ่านบริเวณทางแยก คณะผู้วิจัยได้แบ่งยานพาหนะออกเป็น 4 ประเภทหลัก คือ รถจักรยานยนต์ รถยนต์ รถบรรทุก 6 ล้อและรถบรรทุก 10 ล้อ เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ต้องนำเข้าในแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ผลการสำรวจปริมาณของยานพาหนะแต่ละประเภทในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า พบว่า มีรถจักรยานยนต์ร้อยละ 15 รถยนต์ร้อยละ 82 รถบรรทุก 6 ล้อร้อยละ 2 และรถบรรทุก 10 ล้อ ร้อยละ 1 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 8 และปริมาณของยานพาหนะแต่ละประเภทในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น พบว่า มีรถจักรยานยนต์ร้อยละ 18 รถยนต์ร้อยละ 80 รถบรรทุก 6 ล้อร้อยละ 1 และรถบรรทุก 10 ล้อ ร้อยละ 1 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 9 ในส่วนของข้อมูลความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ ซึ่งจำแนกตามชนิดของยานพาหนะแต่ละประเภทที่ผ่านบริเวณทางแยกและในแต่ละทิศทาง จะแสดงไว้ในตารางที่ 1

โดยในงานวิจัยนี้ จะใช้เฉพาะข้อมูลปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อเป็นการทดสอบมาตรการต่าง ๆ ที่ใช้ในแบบจำลองและประสิทธิภาพของการแก้ไขปัญหา และจะนำไปพัฒนาเพิ่มเติมกับข้อมูลปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นในภายหลัง

รูปที่ 4 ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเช้า



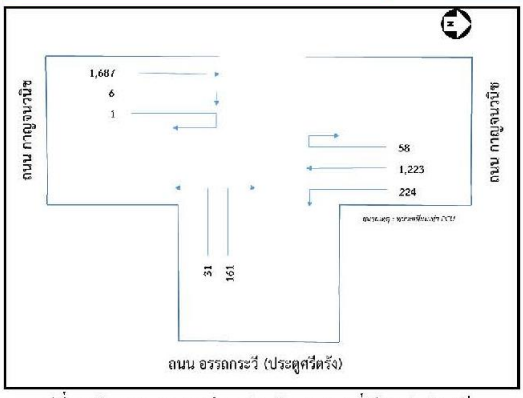
รูปที่ 5 ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเย็น



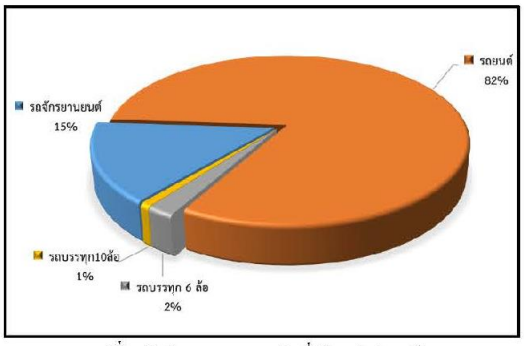
รูปที่ 6 ปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทางของชั่วโมงเร่งด่วนเช้า

ATRANS ANNUAL CONFERENCE 2017
PROCEEDING OF
YOUNG RESEARCHER'S FORUM

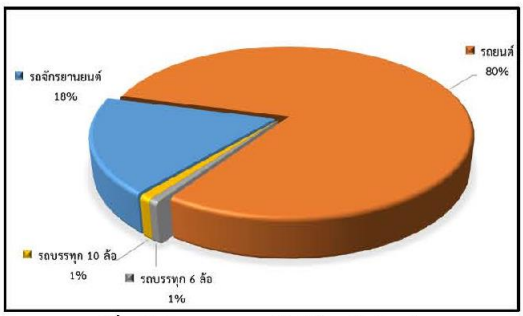
Transportation for a Better Life:
Mobility and Road Safety Managements
18 August 2017
Bangkok, Thailand



รูปที่ 7 ปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทางของชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

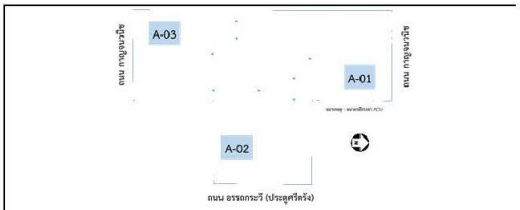


รูปที่ 8 สัดส่วนยานพาหนะในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า



รูปที่ 9 สัดส่วนยานพาหนะในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

ตารางที่ 1 ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะที่ผ่านทางแยก



ประเภทยานพาหนะ	ทิศทาง A-01			ทิศทาง A-02		ทิศทาง A-03		
	เลี้ยวซ้าย	ทางตรง	กลับรถ	เลี้ยวซ้าย	เลี้ยวขวา	ทางตรง	เลี้ยวขวา	กลับรถ
รถจักรยานยนต์	14.2	46.8	10.7	12.4	10.4	50.6	13.1	10.5
รถยนต์	12.4	51.3	11.6	11.3	10.9	47.7	12.5	11.1
รถบรรทุก 6 ล้อ	-	40.7	-	-	-	41.5	-	-
รถบรรทุก 10 ล้อ	-	37.5	-	-	-	38.2	-	-

หมายเหตุ หน่วยเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง

3.3 การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลอง

คณะผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้โปรแกรม VISSIM รุ่น 8.0 ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคบริเวณทางแยกศึกษา โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) การสร้างแบบจำลองฐาน โดยสร้างโครงข่ายถนนให้เสมือนสภาพพื้นที่ศึกษาจริงมากที่สุด เช่น การสร้างลักษณะทางแยก การเชื่อมต่อทางแยก การกำหนดจำนวนและความกว้างของช่องจราจร

2) การปรับเทียบแบบจำลองและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง แบบจำลองฐานที่ได้จากข้อ 1 ได้ถูกนำมาปรับเทียบ โดยนำผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (08:00-09:00 น.) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีปัญหาการจราจรติดขัดมากที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองครั้งนี้ผ่านเกณฑ์ GEH < 5 ซึ่งถือว่ายอมรับได้ จากนั้น นำแบบจำลองที่ปรับเทียบแล้ว มาตรวจสอบความถูกต้อง โดยใส่ข้อมูลปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า แล้วเปรียบเทียบปริมาณการจราจร ความเร็ว และ ความล่าช้า ซึ่งผลลัพธ์อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

3) การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกของบทความนี้ คณะผู้วิจัยนำเสนอมาตรการปรับปรุงทางแยก 3 มาตรการ รายละเอียดกล่าวในหัวข้อถัดไป อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้พิจารณาเฉพาะบริเวณทางแยกประดู่ศรีตรังเท่านั้น ไม่ได้พิจารณาลักษณะทางกายภาพแยกบริเวณใกล้เคียงหรือผลกระทบจากการจราจรที่เกิดขึ้นจากแยกบริเวณใกล้เคียง ซึ่งควรพิจารณาในงานวิจัยอนาคต

4. ผลการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้แบ่งผลการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.1 ปัญหาและมาตรการจัดการจราจรในพื้นที่ศึกษา

จากการสำรวจพื้นที่ศึกษา พบปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อปัญหาการจราจรติดขัดและปัญหาความไม่ปลอดภัยบริเวณทางแยก ดังนี้

ปัญหาที่ 1 แยก ถนนกาญจนวนิช ซอย17 (ทางลัดเพื่อเข้าสู่ตัวเมืองหาดใหญ่) ได้มีการปิดเกาะกลาง (ดังรูปที่ 10) ทำให้รถที่มาจากทิศเหนือของถนนกาญจนวนิช ที่ต้องการเข้าสู่ ถนนกาญจนวนิช ซอย 17 ต้องกลับรถที่แยกประตูศรีตรัง

รูปที่ 10 เส้นทางรถที่ต้องการกลับรถไปยังถนนกาญจนวนิช ซอย17

ปัญหาที่ 2 เกาะกลางบริเวณทางแยกฝั่งทิศเหนือไม่มีช่องรอกลับรถ ทำให้รถจากข้อ 1) กีดขวางการจราจรของรถทางตรงบนเส้นทางหลัก (ดังรูปที่ 11) และเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุชนท้าย

รูปที่ 11 จุดกลับรถบนถนนกาญจนวนิชไม่มีช่องรอกลับรถ

ปัญหาที่ 3 รถบนถนนกาญจนวนิชจากทิศเหนือที่ต้องการเลี้ยวซ้ายเข้ามหาวิทยาลัยในชั่วโมงเร่งด่วนเช้ามีปริมาณมาก แต่ไม่มีช่องจราจรสำหรับเลี้ยวซ้ายเฉพาะ ทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด (ดังรูปที่ 12) และกีดขวางการจราจรของรถบนถนนกาญจนวนิช

รูปที่ 12 ปัญหาการจราจรติดขัดจากรถรอเลี้ยวเข้ามหาวิทยาลัยแต่ไม่มีช่องทางเฉพาะ

ปัญหาที่ 4 ส่วนชั่วโมงเร่งด่วนเย็น มีรถออกจากมหาวิทยาลัยปริมาณมาก รวมทั้งรถที่ผ่านทางแยกบนถนนกาญจนวนิชและรถที่ต้องการกลับรถเข้าสู่ถนนกาญจนวนิช ซอย 17 แต่ขาดการจัดการทางแยกและจัดการพื้นที่ขัดแย้ง (มีการหยุดรถซ้อนคัน) ทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดและเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ (ดังรูปที่ 13)

รูปที่ 13 ปัญหาการจัดการทางแยกและจัดการพื้นที่ขัดแย้งในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

จากการสรุปปัญหาบริเวณทางแยกข้างต้นทั้งหมด (ดังรูปที่ 14) คณะผู้วิจัยได้เสนอมาตรการในการจัดการจราจรและความปลอดภัยบริเวณทางแยก (ดังรูปที่ 15) ประกอบด้วยมาตรการ 3 มาตรการดังนี้

มาตรการที่ 1 การปรับปรุงเกาะกลางถนน โดยย้ายจุดกลับรถและเพิ่มช่องรอกลับรถ บนถนนกาญจนวนิช (ทิศเหนือก่อนถึงทางแยก)

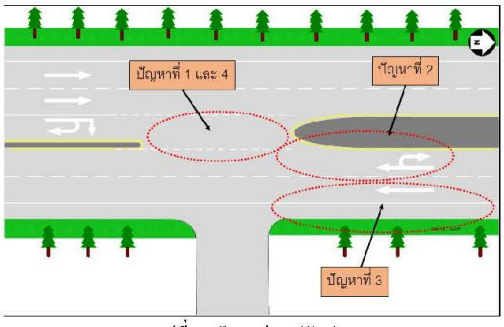
มาตรการที่ 2 การเพิ่มช่องรอเลี้ยวซ้ายบนถนนกาญจนวนิช เพื่อให้รถเลี้ยวซ้ายเข้ามหาวิทยาลัยได้สะดวกและปลอดภัย

มาตรการที่ 3 การเพิ่มช่องจัดกระแสจราจรและลดพื้นที่ขัดแย้งบริเวณจุดเปิดเกาะกลางของทางแยก

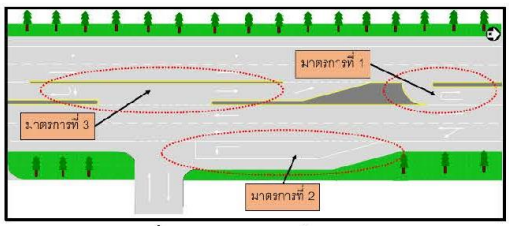
และการรวมทุกมาตรการ โดยบูรณาการทุกมาตรการเข้าด้วยกัน

ATRANS ANNUAL CONFERENCE 2017
PROCEEDING OF
YOUNG RESEARCHER'S FORUM

Transportation for a Better Life:
Mobility and Road Safety Managements
18 August 2017
Bangkok, Thailand



รูปที่ 14 ปัญหาก่อนปรับปรุง



รูปที่ 15 มาตรการเสนอเพื่อปรับปรุง

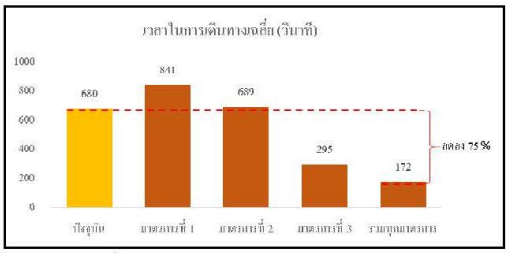
4.2 ผลการวิเคราะห์แบบจำลอง

คณะผู้วิจัยได้ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค กรณีฐาน (สภาพปัจจุบัน) ที่พัฒนาขึ้น มาทดสอบกับมาตรการทั้งสามข้างต้นโดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 4 กรณี กรณีที่ 1 ถึง 3 เป็นการวิเคราะห์โดยนำแต่ละมาตรการมาทดสอบในแบบจำลองแยกมาตรการกัน ส่วนกรณีที่ 4 เป็นการบูรณาการทั้งสามมาตรการร่วมกัน

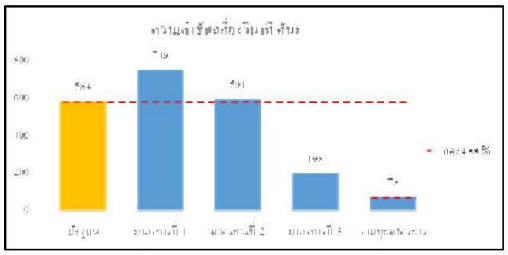
จากการวิเคราะห์แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค สามารถสรุปผลตัวชี้วัด ด้านเวลาในการเดินทาง ความล่าช้า และความยาวแถวคอย ได้ดังตารางที่ 2 และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบแต่ละกรณีในแต่ละตัวชี้วัด ได้ดังแสดงในรูปที่ 16 ถึงรูปที่ 18 ตามลำดับ

จากรูปที่ 16 พบว่า การปรับปรุงบริเวณทางแยกโดยใช้มาตรการที่ 1 เวลาการเดินทางเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นจากกรณีปัจจุบัน ส่วนมาตรการที่ 2 เวลาการเดินทางเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นจากกรณีปัจจุบันเล็กน้อย ส่วนมาตรการที่ 3 เวลาการเดินทางเฉลี่ยจะลดลงจากกรณีปัจจุบันมาก และเมื่อนำมาตรการทั้ง 3 รวมเข้าด้วยกันทั้งหมด สามารถลดเวลาในการเดินทางผ่านบริเวณทางแยกได้มากที่สุด โดยสามารถลดเวลาในการเดินทางผ่านบริเวณทางแยกได้ร้อยละ 75 จากกรณีปัจจุบัน

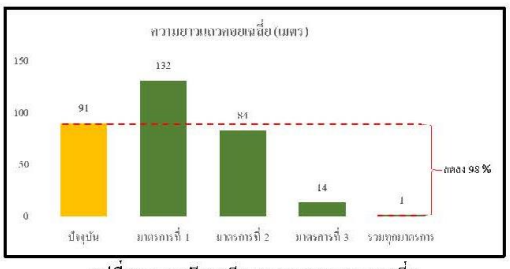
จากรูปที่ 17 พบว่า การปรับปรุงบริเวณทางแยกโดยใช้มาตรการที่ 1 ความล่าช้าเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นจากกรณีปัจจุบัน ส่วนมาตรการที่ 2 ความล่าช้าเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นจากกรณีปัจจุบันเล็กน้อย ส่วนมาตรการที่ 3 ความความล่าช้าเฉลี่ยจะลดลงจากกรณีปัจจุบันมาก และเมื่อนำมาตรการทั้ง 3 รวมเข้าด้วยกันทั้งหมด สามารถลดความล่าช้าเฉลี่ยบริเวณทางแยกได้มากที่สุด โดยสามารถลดความล่าช้าเฉลี่ยบริเวณทางแยกได้ร้อยละ 88 จากกรณีปัจจุบัน



รูปที่ 16 การเปรียบเทียบเวลาในการเดินทางเฉลี่ย



รูปที่ 17 การเปรียบเทียบความล่าช้าเฉลี่ย



รูปที่ 18 การเปรียบเทียบความยาวแถวคอยเฉลี่ย

จากรูปที่ 18 พบว่า การปรับปรุงบริเวณทางแยกโดยใช้มาตรการที่ 1 ความยาวแถวคอยเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นจากกรณีปัจจุบัน ส่วนมาตรการที่ 2 ความยาวแถวคอยเฉลี่ยจะลดลงจากกรณีปัจจุบันเล็กน้อย ส่วนมาตรการที่ 3 ความยาวแถวคอยเฉลี่ยจะลดลงจากกรณีปัจจุบันมาก และเมื่อนำมาตรการทั้ง 3 รวมเข้าด้วยกันทั้งหมด สามารถลดความยาวแถวคอยเฉลี่ยบริเวณทางแยกได้มากที่สุด โดยสามารถลดความยาวแถวคอยเฉลี่ยบริเวณทางแยกได้ร้อยละ 98 จากกรณีปัจจุบัน

จากผลการศึกษา สรุปได้ว่า การปรับปรุงโดยบูรณาการทุกมาตรการเข้าด้วยกัน สามารถลดเวลาในการเดินทาง ความล่าช้า และความยาวแถวคอย ได้ร้อยละ 75 ร้อยละ 88 และร้อยละ 98 ตามลำดับ ในส่วนของมาตรการที่ 1 ที่ทำให้เวลาในการเดินทางเฉลี่ย ความล่าช้าเฉลี่ย

ATRANS ANNUAL CONFERENCE 2017
PROCEEDING OF
YOUNG RESEARCHER'S FORUM

Transportation for a Better Life:
Mobility and Road Safety Managements
18 August 2017
Bangkok, Thailand

และความยาวแถวคอยเฉลี่ย มีค่าสูงกว่าปัจจุบันนั้น อาจเกิดจากการที่ย้ายตำแหน่งจุดกลับรถออกจากบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง ทำให้รถที่วิ่งในกระแสทิศทางหลักของถนนกาญจนวนิชมีความคล่องตัวมากขึ้น แต่ก็ส่งผลต่อกระแสจราจรของถนนอรรถกระวี เนื่องจากรถที่ออกจากถนนอรรถกระวีต้องรอจังหวะให้รถบนถนนกาญจนวนิชมีช่องว่างเพื่อที่จะได้ตัดข้ามกระแสจราจรได้ ดังนั้นเมื่อรถที่วิ่งบนถนนกาญจนวนิชมีความคล่องตัวมากขึ้น ทำให้รถที่อยู่บนถนนอรรถกระวีต้องใช้เวลานานในการรอจังหวะเพื่อจะตัดข้ามกระแสจราจรหลักได้ ส่งผลให้เวลาในการเดินทางเฉลี่ย ความล่าช้าเฉลี่ยและความยาวแถวคอยเฉลี่ย ของบริเวณทางแยกประตูศรีตรังนั้นมีค่าสูงกว่าปัจจุบัน ทำให้ต้องมีการจัดการปัญหาการจราจรบริเวณทางแยก โดยการเสริมมาตรการที่ 2 และ 3 เพื่อช่วยลดเวลาในการเดินทางเฉลี่ย ความล่าช้าเฉลี่ยและความยาวแถวคอยเฉลี่ยของบริเวณทางแยกประตูศรีตรังให้ลดลง

ตารางที่ 2 ตัวชี้วัดความแตกต่างของแบบจำลองแต่ละมาตรการในการจัดการจราจรระดับจุลภาค

แบบจำลองที่	ตัวชี้วัด								
	เวลาในการเดินทางเฉลี่ย (วินาที)	ความแตกต่าง	ร้อยละ	ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที/คัน)	ความแตกต่าง	ร้อยละ	ความยาวแถวคอยเฉลี่ย (เมตร)	ความแตกต่าง	ร้อยละ
1) สภาพการจราจรปัจจุบัน	680	0	0 %	584	0	0 %	91	0 %	0 %
2) ย้ายจุดกลับรถและเพิ่มช่องรอกลับรถ	841	161	+24 %	749	165	+28 %	132	41	+45 %
3) เพิ่มช่องรอเลี้ยวซ้ายเข้ามหาวิทยาลัย	689	9	+1 %	591	7	+1 %	81	-7	-8 %
4.เพิ่มช่องแบ่งกระแสจราจร	295	-386	-57 %	198	-386	-66 %	14	-77	-85 %
5.รวมทุกมาตรการเข้าด้วยกัน	172	-508	-75 %	73	-511	-88 %	1	-89	-98 %

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกประตูศรีตรัง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยการสำรวจข้อมูลกายภาพและข้อมูลลักษณะการจราจรบริเวณทางแยก และใช้โปรแกรม VISSIM ในการสร้างแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคของทางแยกศึกษา จากผลการศึกษา พบว่า ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการจราจรที่ติดขัดได้แก่ ลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกที่ไม่สอดคล้องกับสภาพการจราจรในปัจจุบัน จุดกลับรถที่อยู่ตรงบริเวณทางแยก และการไม่มีช่องรอเลี้ยวสำหรับรถที่ต้องการกลับรถและช่องรอเลี้ยวเข้าประตูศรีตรัง จากผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อพิจารณามาตรการจัดการการจราจรบริเวณทางแยก พบว่า การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกโดยการบูรณาการมาตรการย้ายจุดกลับและเพิ่มช่องรอจุดกลับ มาตรการเพิ่มช่องรอเลี้ยวเข้ามหาวิทยาลัย และมาตรการเพิ่มช่องแบ่งกระแสจราจรสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการจราจรบริเวณทางแยกศึกษาได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถลดเวลาการเดินทางได้ร้อยละ 75 ความล่าช้าได้ร้อยละ 88 และความยาวแถวคอยได้ร้อยละ 98

งานวิจัยในอนาคตควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เช่น การศึกษาหามาตรการเสริมเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของการจัดการจราจรบริเวณทางแยกดียิ่งขึ้น หรืออาจตัดมาตรการที่ทำให้เวลาในการเดินทาง ความล่าช้าและความยาวแถวคอยเพิ่มขึ้นจากปัจจุบัน รวมทั้งประเด็นการปรับปรุงแบบจำลองให้ครอบคลุมบริเวณทางแยกใกล้เคียงเพื่อศึกษาพฤติกรรมและผลกระทบจากการใช้มาตรการต่อทางแยกบริเวณใกล้เคียง รวมทั้งการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการที่นำเสนอ

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยคนที่ 1 ขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนเพื่อการวิจัยวิทยานิพนธ์ ประจำปีงบประมาณ 2558 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

[1] ทวี วิชัยเมธาวี. 2546. การพัฒนาวิธีควบคุมสัญญาณไฟจราจรในสภาพอิ่มตัว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

[2] Mosseri, G., Hall, M., Meyers, J.J. 2004. VISSIM micro-simulation modeling of complex geometry and traffic control: a case study of ocean parkway, NY. Paper presented at the ITE 2004 Annual Meeting and Exhibit, Lake Buena Vista (FL), USA. Aug. 1-4, 2004.

[3] ชัยวัฒน์ ใหญ่บก, ปรเมศวร์ เหลือเทพ. 2557. การวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกบนถนนกาญจนวนิชตั้งแต่ทางแยกสถานีขนส่งถึงทางแยกคอหงส์. เอกสารประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้ง ที่ 19, ขอนแก่น, ประเทศไทย, 14-16 พฤษภาคม 2557: 2157-2166.

[4] วราศักดิ์ ปะสังติโย, ธเนศ เสถียรนาม, วิชุดา เสถียรนาม, และอรรถพล สีดา. 2556. การวิเคราะห์การจัดการจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ที่ทางแยกสัญญาณไฟจราจร. เอกสารประกอบการ

ประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 18, เชียงใหม่, ประเทศไทย, 8-10 พฤษภาคม 2556: หน้า TRP 236 - TRP 242

[5] เสกสรร บุญฉวี. 2553. การวิเคราะห์ระยะห่างที่เหมาะสมของทางแยกแบบกระแสจราจรไหลต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น, ประเทศไทย.

[6] วราศักดิ์ ปะสังติโย. 2556. การวิเคราะห์มาตรการจัดการจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ที่ทางแยกสัญญาณไฟจราจร วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิต วิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น, ประเทศไทย

[7] วุฒิไกร ไชยปัญหา และ พนกฤษณ คลังบุญครอง.2553. การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบการจัดการจราจร ณ บริเวณห้าแยก (ศาลเจ้าพ่อหลักเมือง) จังหวัดขอนแก่น โดยใช้โปรแกรม PARAMICS. เอกสารการประชุมวิชาการสมาคมวิทยาการวิจัยแห่งเอเชีย (ATRANS) ครั้งที่ 3 , กรุงเทพมหานคร,ประเทศไทย, 27 สิงหาคม 2553: หน้า 28 - 38

ASIAN TRANSPORTATION RESEARCH SOCIETY

Presents this

CERTIFICATE OF PARTICIPATION

To

PRACHYA ARUNWET

For Participating and Making Presentation Entitled

"การศึกษาการปรับปรุงบริเวณทางแยก กรณีศึกษาประตูศรีตรัง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์"

(A Study of Intersection Improvement: A Case Study of SriTrang Gate, Prince of Songkla University)

At the 10th ATRANS (SYMPOSIUM) ANNUAL CONFERENCE: YOUNG RESEARCHER'S FURUM

Given on the 18th day of August 2017

Mr.Chamroon Tangpaisalkit
ATRANS - Chairperson

Dr. Tuenjai Fukuda
ATRANS Secretary - General

ATRANS YOUNG RESEARCHER'S FORUM 2017

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายปรัชญา อรัญเวศ

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5810120078

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์	2555

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ ปีการศึกษา 2558

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

ปรัชญา อรัญเวศ. และปรเมศวร์ เหลือเทพ. 2560. *"การศึกษาการปรับปรุงบริเวณทางแยก กรณีศึกษาประตูศรีตรัง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์"* การประชุมสัมมนาสมาคมวิจัยวิทยาการขนส่งแห่งเอเชีย (ATRANS) ครั้งที่ 10 วันที่ 18 สิงหาคม 2560 ณ โรงแรมเรดิสัน บลู พลาซา บางกอก กรุงเทพมหานคร