การปรับปรุงการจราจรบริเวณสี่ทางแยกบนถนนกาญจนวณิชย์ในเมืองหาดใหญ่

Improving Traffic Flow at Four Intersections on Karnjanavanich Road in Hat Yai

ชัยวัฒน์ ใหญ่บก

Chaiwat Yaibok

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

2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การปรับปรุงการจราจรบริเวณสี่ทางแยกบนถนนกาญจนวณิชย์ในเมืองหาดใหญ่

Improving Traffic Flow at Four Intersections on Karnjanavanich Road in Hat Yai

ชัยวัฒน์ ใหญ่บก

Chaiwat Yaibok

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
2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงการจราจรบริเวณสี่ทางแยกบนถนนกาญจนวณิชย์ในเมืองหาดใหญ่
ผู้เขียน นายชัยวัฒน์ ใหญ่บก
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา (วิศวกรรมการขนส่ง)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....
(ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. พิชัย ธานีรณานนท์)

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

.....กรรมการ
(ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (วิศวกรรมการขนส่ง)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....
(ดร. ปรเมศวร์ เหลือเทพ)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....
(นายชัยวัฒน์ ใหญ่บก)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....
(นายชัยวัฒน์ ใหญ่บก)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงการจราจรบริเวณสี่ทางแยกบนถนนกาญจนวณิชย์ในเมืองหาดใหญ่
ผู้เขียน นายชัยวัฒน์ ใหญ่บก
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา (วิศวกรรมขนส่ง)
ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

หาดใหญ่เป็นเมืองเศรษฐกิจสำคัญของภาคใต้และเชื่อมโยงกับประเทศเพื่อนบ้านทั้งมาเลเซียและสิงคโปร์ ทำให้มีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและมีการขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็ว ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณการจราจรจากรถส่วนบุคคลทั้งที่ใช้เพื่อเดินทางภายในและที่ผ่านตัวเมืองหาดใหญ่อย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 หรือถนนกาญจนวณิชย์ ถนนดังกล่าวช่วงที่ผ่านตัวเมืองหาดใหญ่มีระยะทาง 3.3 กิโลเมตร แต่มีทางแยกต่อเนื่องกัน 7 แห่ง และถนนช่วงนี้ได้ถูกออกแบบและใช้งานมาเป็นเวลานาน ลักษณะทางกายภาพการจัดการจราจร และจังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกไม่สอดคล้องกับสภาพการจราจรในปัจจุบัน ส่งผลให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดและอุบัติเหตุตามมา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและสำรวจสภาพการจราจรและปัญหาการจราจรบนถนนกาญจนวณิชย์ช่วงตั้งแต่ทางแยกคลองเรียนถึงทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์เป็นเส้นทางศึกษา เพื่อสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคโดยใช้โปรแกรม VISSIM และเพื่อเสนอมาตรการการจัดการและแก้ไขปัญหาการจราจรที่เหมาะสม ผลจากการศึกษาส่วนแรก พบว่า ปัญหาการจราจรติดขัดส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการจอดรถใกล้ทางแยก ลักษณะทางกายภาพที่ไม่เหมาะสม และการจัดการกระแสจราจรไม่สอดคล้องกับปริมาณการจราจร ส่วนที่สองเป็นการนำเสนอมาตรการแก้ไขปัญหาการจราจรในแต่ละทางแยกและวิเคราะห์ผลกระทบจากมาตรการโดยใช้แบบจำลองสภาพการจราจรที่พัฒนาขึ้น การวิเคราะห์ได้แบ่งเป็นสองแนวทาง คือ แบบทางแยกเดี่ยวและแบบชุดทางแยก แบบแรกเป็นการทดสอบหามาตรการที่เหมาะสมโดยประเมินผลกระทบจากมาตรการของแต่ละทางแยกอิสระจากกัน ส่วนแบบที่สองเป็นการวิเคราะห์ผลกระทบจากมาตรการของทางแยกที่พิจารณาซึ่งส่งผลต่อทุกทางแยกบนเส้นทางศึกษา พบว่า การวิเคราะห์มาตรการแบบชุดทางแยกช่วยให้ผู้วางแผนทราบผลกระทบทั้งด้านบวก (สภาพการจราจรดีขึ้น) และลบ (สภาพการจราจรแย่ลง) จากการดำเนินมาตรการ ได้ดีกว่าการวิเคราะห์แบบทางแยกเดี่ยว ส่วนสุดท้ายเป็นการจัดลำดับการปรับปรุงทางแยกซึ่งพิจารณาจากอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อการลงทุน โดยผลจากการศึกษานี้จะเป็นแนวทางให้กับหน่วยงานท้องถิ่นที่รับผิดชอบเพื่อปรับปรุงทางแยกต่อไปในอนาคต

Thesis Title Improving Traffic Flow at Four Intersections on Karnjanavanich Road in Hat Yai
Author Mr. Chaiwat Yaibok
Major Program Civil Engineering (Transportation)
Academic Year 2014

Abstract

Hat Yai is a major economic city of the southern Thailand and a gateway to Malaysia and Singapore. Economic growth and urbanization of the city has been increasing rapidly. As a result, traffic of private vehicles within and through the city has been increased continuously, especially along the Karnjanavanich road. The section through the city is about 3.3 kilometers with seven consecutive intersections. This section was designed and has been used without a major enhancement, thus its physical geometry, traffic management, and traffic signal setting don't meet the current traffic flow. This induces traffic congestion and accident. The objectives of this research are to study the traffic condition and problems on the Karnjanavanich road from Khlongrien to Prince of Songkla University intersections as a case study, to develop traffic microsimulation models by using VISSIM software, and to propose suitable traffic management schemes. The results showed that major causes of the traffic congestion were from parking near the intersections, improper geometry of the intersections, and inconsistent traffic flow management. Traffic management schemes at the intersections were proposed and evaluated by the developed models. The evaluation was classified into two approaches: single intersection and multiple intersections. The first approach assessed the measures at each intersection separately, whilst the second approach determined the effects of the measures on the four intersections as a series of intersections. The results revealed that the second approach, which can show both positive and negative effects (i.e. traffic flow condition) of the measures, was better than the first approach. The traffic improvement measures at the intersections were also prioritized by benefit cost ratio. The results of this study would be a guideline for local authorities to plan for improving traffic flow at other intersections in the future.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาจาก ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร.พิชัย ธานีรณานนท์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธา เจนศิริศักดิ์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัย ทำให้ผู้วิจัยมีความรู้ความเข้าใจ ทั้งในเชิงวิชาการและเทคนิคต่างๆ มากขึ้น รวมถึงการตรวจสอบข้อบกพร่องที่เกิดจากความเอาใจใส่โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ ที่ได้กรุณาช่วยเหลือผู้วิจัยในหลายๆ ด้าน ได้ให้โอกาสในการทำงานวิจัยต่างๆ พร้อมทั้งสนับสนุนในการทำงานวิจัย และเป็นต้นแบบในการทำงานที่ดีให้แก่ผู้วิจัยเสมอมา

ขอขอบพระคุณ ผู้ว่าราชการจังหวัดสงขลา นายกฤษฎา บุญราช และรองผู้ว่าราชการจังหวัดสงขลา นายณัฐพงศ์ ศิริชนะ ในขณะนั้นที่มีส่วนผลักดันให้มีการแก้ไขปัญหาการจราจรภายในจังหวัดสงขลาให้เกิดเป็นรูปธรรม และมีส่วนในการสนับสนุนให้เกิดการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณศรีรัตน์ ตรีรัญเพชร หัวหน้าฝ่ายวิศวกรรมจราจร เทศบาลนครหาดใหญ่ ที่อำนวยความสะดวกด้านข้อมูลและมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาการจราจร

ขอขอบพระคุณ คุณซุลกีฟลี มามะ และคุณเจตษฎา คำผอง ที่ได้ให้คำแนะนำในการใช้งานโปรแกรม VISSIM ในการจำลองสภาพการจราจรและความรู้ด้านๆ ต่างที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ให้ข้อเสนอแนะที่มีค่าและเป็นประโยชน์ต่อการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท ปีการศึกษา 2556

ขอขอบพระคุณ คุณสุพิศ นนทะสร เจ้าหน้าที่สำนักงานประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่อำนวยความสะดวกในการจัดส่งเอกสารต่างๆ ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

ขอขอบพระคุณ นักศึกษาปริญญาตรีร่วมสถาบันทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมและให้ความช่วยเหลือในการสำรวจข้อมูลด้านการจราจร และขอขอบคุณพี่น้องและผองเพื่อนปริญญาโททุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีแก่ผู้วิจัยตลอดระเวลาที่ทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ ครูอาจารย์ทั้งในอดีตและปัจจุบันที่ได้ให้การอบรม สั่งสอน ให้ความรู้แก่ผู้วิจัย ซึ่งส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถมาสู่อีกจุดสำเร็จหนึ่งของชีวิตได้

ท้ายที่สุดผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่มอบความรัก อบรมสั่งสอน เลี้ยงดู ส่งเสริมการศึกษา ให้การช่วยเหลือด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา ทำให้การศึกษาและทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ชัยวัฒน์ ใหญ่บก

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... **(5)**
กิตติกรรมประกาศ ..... **(7)**
สารบัญ ..... **(8)**
สารบัญรูป ..... **(12)**
สารบัญตาราง ..... **(15)**
บทที่ 1 บทนำ **1**
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3
1.3.1 เส้นทางศึกษา 3
1.3.2 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม 4
1.3.3 การพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 5
1.3.4 การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 5
1.3.5 สมมติฐานและข้อจำกัดของงานวิจัย 7
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8
บทที่ 2 ทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง **9**
2.1 ระดับของแบบจำลองสภาพการจราจร 9
2.2 แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 13
2.2.1 ความหมายของแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 13
2.2.2 โปรแกรมที่นิยมใช้ในการจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 14
2.2.3 การเปรียบเทียบโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 16
2.2.4 การคัดเลือกโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคสำหรับงานวิจัย 26
2.2.5 ขั้นตอนการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 29
2.2.6 ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ในการปรับเทียบและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 32
2.3 การจำลองสภาพการจราจรเพื่อจัดการจราจรในต่างประเทศด้วยโปรแกรม VISSIM 44
2.4 การใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคเพื่อจัดการจราจรในประเทศไทย 47

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.1 การจำลองสภาพการจราจรเพื่อจัดการจราจรในประเทศด้วยโปรแกรม VISSIM 47
2.4.2 การจำลองสภาพการจราจรเพื่อจัดการจราจรในประเทศด้วยโปรแกรมอื่นๆ ... 49
2.5 สรุปผลการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 52
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 55
3.1 กรอบการดำเนินงานวิจัย 55
3.2 การทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 57
3.3 การกำหนดพื้นที่ศึกษา 57
3.4 การคัดเลือกแบบจำลอง 57
3.5 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม 58
3.5.1 การสำรวจลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก 58
3.5.2 การสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก 60
3.5.3 การสำรวจจังหวะสัญญาณไฟจราจร 60
3.5.4 การสำรวจความเร็วของยานพาหนะ 60
3.5.5 การสำรวจสภาพปัญหาการจราจรบริเวณทางแยก 62
3.6 การพัฒนาแบบจำลองฐาน 62
3.6.1 การสร้างองค์ประกอบของทางแยก 63
3.6.2 การจำลองตัวแทนยานพาหนะ 64
3.6.3 การสร้างกราฟการกระจายตัวความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภท 65
3.6.4 การนำเข้าข้อมูลปริมาณการจราจรและกำหนดทิศทางการจราจรของยานพาหนะ 65
3.6.5 การจำลองจังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก 66
3.6.6 การกำหนดค่าตัวแปรด้านพฤติกรรมการขับขี่ของยานพาหนะ 67
3.6.7 การกำหนดตัวแปรการจำลองสภาพการจราจรเพื่อบันทึกผลแบบจำลอง 69
3.6.8 การเลือกใช้เครื่องมือเพื่อประเมินผลจากแบบจำลอง 71
3.7 การปรับเทียบแบบจำลองฐาน 72
3.8 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐาน 72
3.9 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง 72

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.9.1 การวิเคราะห์สภาพการจราจรและการจัดการจราจรแบบทางแยกเดี่ยว 73
3.9.2 การวิเคราะห์สภาพการจราจรและการจัดการจราจรแบบชุดทางแยก 74
3.9.3 การวิเคราะห์สัดส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน 75
3.10 สรุปผลการศึกษาและเสนอแนะ 75
บทที่ 4 ผลการศึกษาสภาพการจราจรและปัญหาการจราจรบนเส้นทางศึกษา 77
4.1 ผลการศึกษาสภาพการจราจรบนเส้นทางศึกษา 77
4.1.1 ข้อมูลทั่วไปและลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก 77
4.1.2 ปริมาณการจราจร 85
4.1.3 สัดส่วนของยานพาหนะ 93
4.1.4 ความเร็วของยานพาหนะ 94
4.1.5 จังหวะสัญญาณไฟจราจร 97
4.2 ผลการศึกษาปัญหาการจราจรบนเส้นทางศึกษา 100
4.3 ผลการนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงบริเวณทางแยกคลองเรียน 125
บทที่ 5 ผลการพัฒนาแบบจำลองและวิเคราะห์การจัดการจราจรแบบทางแยกเดี่ยว 127
5.1 ผลการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐาน 127
5.1.1 การปรับเทียบแบบจำลองฐาน 127
5.1.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐาน 134
5.2 ผลการวิเคราะห์การจัดการจราจรแบบทางแยกเดี่ยว 141
5.2.1 การจัดการจราจรบริเวณทางแยกคลองเรียน 141
5.2.2 การจัดการจราจรบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์ 143
5.2.3 การจัดการจราจรบริเวณทางแยกโคกนาว 145
5.2.4 การจัดการจราจรบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 146
บทที่ 6 ผลการพัฒนาแบบจำลองและวิเคราะห์การจัดการจราจรแบบชุดทางแยก 151
6.1 การสร้างตารางการเดินทางจากต้นทางสู่ปลายทาง 151
6.2 ผลการวิเคราะห์การจัดการจราจรแบบชุดทางแยก 155
6.3 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์จากการดำเนินมาตรการจัดการจราจร 159
6.3.1 การวิเคราะห์ต้นทุน 159
6.3.2 การวิเคราะห์ผลประโยชน์ 160

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 7 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 165
7.1 สรุปผลการศึกษา 165
7.2 ข้อเสนอแนะ 166
7.2.1 ด้านการพัฒนาแบบจำลอง 166
7.2.2 ด้านมาตรการจัดการจราจร 166
บรรณานุกรม 167
ภาคผนวก ก แบบสำรวจข้อมูลภาคสนาม 173
ภาคผนวก ก-1 แบบสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก 174
ภาคผนวก ก-2 แบบสำรวจความเร็วเฉพาะจุด 175
ภาคผนวก ก-3 แบบสำรวจจังหวะสัญญาณไฟจราจร 176
ภาคผนวก ข ผลการสำรวจข้อมูลภาคสนาม 177
ภาคผนวก ข-1 ผลการสำรวจปริมาณการจราจรและความเร็วบริเวณทางแยกคลองเรียน 178
ภาคผนวก ข-2 ผลการสำรวจปริมาณการจราจรและความเร็วบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์ 185
ภาคผนวก ข-3 ผลการสำรวจปริมาณการจราจรและความเร็วบริเวณทางแยกโคกนาว 192
ภาคผนวก ข-4 ผลการสำรวจปริมาณการจราจรและความเร็วบริเวณทางแยก
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 199
ภาคผนวก ค รายละเอียดการประมาณต้นทุนการปรับปรุงทางแยก 211
ภาคผนวก ง วิธีการพัฒนาแบบจำลองฐานโดยใช้โปรแกรม VISSIM 213
ภาคผนวก จ บทความวิจัยที่นำเสนอและได้รับการตีพิมพ์ 239
บทความงานวิจัยเรื่องที่ 1 240
บทความงานวิจัยเรื่องที่ 2 253
ประวัติผู้เขียน 267

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1-1 สภาพการจราจรบนถนนกาญจนวณิชย์ 1
รูปที่ 1-2 ถนนกาญจนวณิชย์ช่วงผ่านเมืองหาดใหญ่ 2
รูปที่ 1-3 พื้นที่ศึกษา 4
รูปที่ 2-1 ระดับของแบบจำลองสภาพการจราจร 9
รูปที่ 2-2 การเลือกใช้เครื่องมือที่มีความเหมาะสมกับการใช้งาน 24
รูปที่ 2-3 ตรรกะลักษณะพฤติกรรมการขับขี่ของโปรแกรม VISSIM 29
รูปที่ 2-4 ขั้นตอนในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 30
รูปที่ 2-5 แผนภาพจำแนกระดับการให้บริการ 33
รูปที่ 2-6 สภาพการจราจรที่ระดับการให้บริการ 35
รูปที่ 3-1 กรอบการดำเนินงานวิจัย 56
รูปที่ 3-2 พื้นที่ศึกษาของงานวิจัย 58
รูปที่ 3-3 ลักษณะทางกายภาพบนเส้นทางที่ศึกษา 59
รูปที่ 3-4 ตำแหน่งและทิศทางสำรวจความเร็วเฉพาะจุดบริเวณทางแยกคลองเรียน 62
รูปที่ 3-5 การสร้างลักษณะทางกายภาพเหมือนสภาพจริง 63
รูปที่ 3-6 การเชื่อมต่อ Link บริเวณทางแยก 64
รูปที่ 3-7 การจำลองยานพาหนะ 64
รูปที่ 3-8 การกำหนดความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภท 65
รูปที่ 3-9 การกำหนดทิศทางจราจรและการนำเข้าข้อมูลปริมาณการจราจร 66
รูปที่ 3-10 การจำลองระบบสัญญาณไฟจราจรบนถนนพื้นที่ศึกษา 66
รูปที่ 3-11 ตัวแปรด้านพฤติกรรมการขับขี่ตามกัน 67
รูปที่ 3-12 ตัวแปรด้านพฤติกรรมการเปลี่ยนช่องจราจร 68
รูปที่ 3-13 การกำหนดพฤติกรรมการแซงของยานพาหนะ 69
รูปที่ 3-14 การกำหนดช่วงเวลาในการบันทึกผลแบบจำลอง 70
รูปที่ 3-15 ช่วงเวลาการบันทึกผลการจำลองสภาพการจราจร 70
รูปที่ 3-16 เครื่องมือตัวชี้วัดจากแบบจำลองเพื่อใช้ในการประเมินผล 71
รูปที่ 3-17 การวิเคราะห์แบบจำลองกรณีแบบทางแยกเดี่ยว 73
รูปที่ 3-18 การวิเคราะห์แบบจำลองกรณีแบบชุดทางแยก 75
รูปที่ 4-1 สภาพปัจจุบันบริเวณทางแยกคลองเรียน 78

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4-2 สภาพปัจจุบันบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์ 80
รูปที่ 4-3 สภาพปัจจุบันบริเวณทางแยกวัดโคกนาว 82
รูปที่ 4-4 สภาพปัจจุบันบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 84
รูปที่ 4-5 ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเช้าบริเวณทางแยกคลองเรียน 86
รูปที่ 4-6 ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเย็นบริเวณทางแยกคลองเรียน 86
รูปที่ 4-7 ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเช้าบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์ 87
รูปที่ 4-8 ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเย็นบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์ 88
รูปที่ 4-9 ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเช้าบริเวณทางแยกโคกนาว 89
รูปที่ 4-10 ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเย็นบริเวณทางแยกโคกนาว 89
รูปที่ 4-11 ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเช้าบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 90
รูปที่ 4-12 ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเย็นบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 91
รูปที่ 4-13 ค่าตัวประกอบชั่วโมงสูงสุดทุกทางแยกช่วงเร่งด่วนเช้า 92
รูปที่ 4-14 ค่าตัวประกอบชั่วโมงสูงสุดทุกทางแยกช่วงเร่งด่วนเย็น 93
รูปที่ 4-15 สัดส่วนยานพาหนะในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า 93
รูปที่ 4-16 สัดส่วนยานพาหนะในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น 94
รูปที่ 4-17 จังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกคลองเรียน 97
รูปที่ 4-18 จังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์ 98
รูปที่ 4-19 จังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกโคกนาว 98
รูปที่ 4-20 จังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 99
รูปที่ 4-21 แนวทางในการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น บริเวณทางแยกคลองเรียน 106
รูปที่ 4-22 แนวทางในการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น บริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์ 110
รูปที่ 4-23 แนวทางในการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น บริเวณทางแยกวัดโคกนาว 114
รูปที่ 4-24 แนวทางในการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น บริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 119
รูปที่ 4-25 มาตรการจัดการจราจรแบบจำลองแบบทางแยกเดี่ยว กรณีทางแยกคลองเรียน 122
รูปที่ 4-26 มาตรการจัดการจราจรแบบจำลองแบบทางแยกเดี่ยว กรณีทางแยกปุณณกัณฑ์ 123
รูปที่ 4-27 มาตรการจัดการจราจรแบบจำลองแบบทางแยกเดี่ยว กรณีทางแยกโคกนาว 123
รูปที่ 4-28 มาตรการจัดการจราจรแบบจำลองแบบทางแยกเดี่ยว กรณีทางแยก
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 124

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5-1 ความล่าช้าเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกคลองเรียน 141
รูปที่ 5-2 ความยาวแถวคอยเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกคลองเรียน 142
รูปที่ 5-3 เวลาในการเดินทางเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกคลองเรียน 142
รูปที่ 5-4 ความล่าช้าเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์..... 143
รูปที่ 5-5 ความยาวแถวคอยเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์ 144
รูปที่ 5-6 เวลาในการเดินทางเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์..... 144
รูปที่ 5-7 ความล่าช้าเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกโคกนาว 145
รูปที่ 5-8 ความยาวแถวคอยเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกโคกนาว 145
รูปที่ 5-9 เวลาในการเดินทางเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกโคกนาว..... 146
รูปที่ 5-10 ความล่าช้าเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทาง
แยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 147
รูปที่ 5-11 ความยาวแถวคอยเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยก
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 147
รูปที่ 5-12 เวลาในการเดินทางเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยก
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 148
รูปที่ 6-1 การกำหนดพื้นที่ย่อยบริเวณพื้นที่ศึกษา 152
รูปที่ 6-2 การเปรียบเทียบเวลาในการเดินทางเฉลี่ย 155
รูปที่ 6-3 การเปรียบเทียบความล่าช้าเฉลี่ย 156
รูปที่ 6-4 การเปรียบเทียบความยาวแถวคอยเฉลี่ย 156
รูปที่ 6-5 การเปรียบเทียบตัวชี้วัดจากแบบจำลอง 157

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเลือกใช้แบบจำลองสภาพการจราจรแต่ละระดับ 11
ตารางที่ 2-2 การประยุกต์ใช้งานกับการจราจรบนทางด่วน 16
ตารางที่ 2-3 การประยุกต์ใช้งานกับการจราจรในเขตเมือง 17
ตารางที่ 2-4 ข้อดีและข้อด้อยของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรบริเวณทางแยกที่มีวงเวียน 18
ตารางที่ 2-5 จุดเด่นของโปรแกรมสำหรับพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรแบบสามมิติ 20
ตารางที่ 2-6 การเปรียบเทียบการใช้งานของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจร 21
ตารางที่ 2-7 การเลือกใช้งานของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 23
ตารางที่ 2-8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศกับการขนส่ง 25
ตารางที่ 2-9 การเปรียบเทียบความสามารถในการจำลองวัตถุและปรากฏการณ์ 26
ตารางที่ 2-10 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 27
ตารางที่ 2-11 ลำดับชั้นของถนน 36
ตารางที่ 2-12 เกณฑ์การประเมินระดับการให้บริการของช่วงถนนในเมืองแบ่งตามลำดับชั้นของถนน 36
ตารางที่ 2-13 การประเมินระดับการให้บริการของถนนในเขตเมือง 37
ตารางที่ 2-14 การประเมินระดับการให้บริการของทางแยกที่ควบคุมด้วยระบบสัญญาณไฟจราจร 37
ตารางที่ 2-15 เกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคโดย Austroads 39
ตารางที่ 2-16 เกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคโดย California PATH 40
ตารางที่ 2-17 เกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคโดย Caltrans 42
ตารางที่ 2-18 เกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคโดย DMRB 42
ตารางที่ 2-19 เกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคโดย Wisconsin DOT 43
ตารางที่ 2-20 ค่าตัวแปรที่ได้จากแบบจำลองที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุดจากการศึกษาของ Ahmed 45
ตารางที่ 4-1 ค่าหน่วยเทียบเท่าของรถยนต์ส่วนบุคคลของยานพาหนะของรถประเภทต่างๆ 85
ตารางที่ 4-2 ความเร็วของยานพาหนะบริเวณทางแยกคลองเรียน 95
ตารางที่ 4-3 ความเร็วของยานพาหนะบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์ 95

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

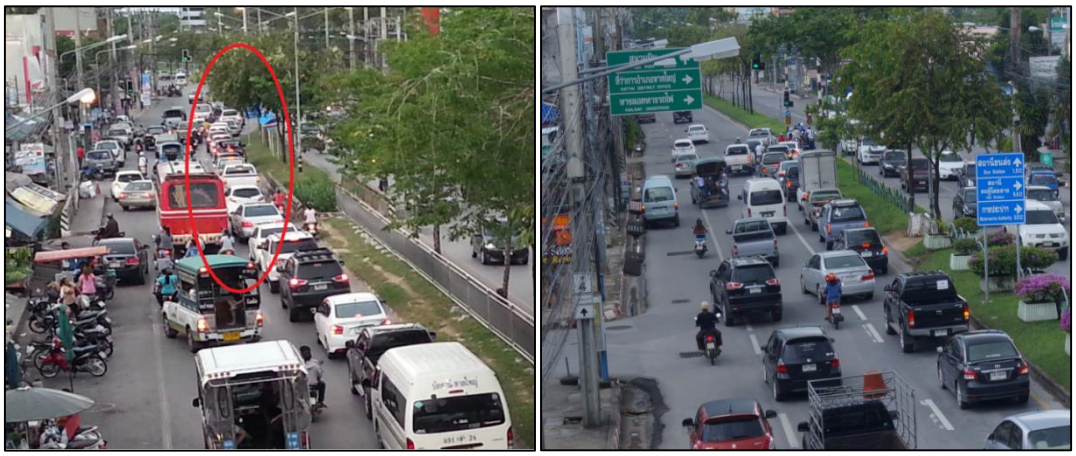
ตารางที่ 4-4 ความเร็วของยานพาหนะบริเวณทางแยกโคกนาว 96
ตารางที่ 4-5 ความเร็วของยานพาหนะบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 96
ตารางที่ 4-6 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกคลองเรียน 100
ตารางที่ 4-7 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์ 107
ตารางที่ 4-8 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกโคกนาว 111
ตารางที่ 4-9 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยก
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 115
ตารางที่ 5-1 ผลการปรับเทียบแบบจำลองฐานของทางแยกคลองเรียน 128
ตารางที่ 5-2 ผลการปรับเทียบแบบจำลองฐานของทางแยกปุณณกัณฑ์ 129
ตารางที่ 5-3 ผลการปรับเทียบแบบจำลองฐานของทางแยกโคกนาว 130
ตารางที่ 5-4 ผลการปรับเทียบแบบจำลองฐานของทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 131
ตารางที่ 5-5 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองฐานของทางแยกคลองเรียน 135
ตารางที่ 5-6 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองฐานของทางแยกปุณณกัณฑ์ 136
ตารางที่ 5-7 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองฐานของทางแยกโคกนาว 137
ตารางที่ 5-8 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองฐานของทางแยก
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 138
ตารางที่ 5-9 ความแตกต่างของตัวชี้วัดจากแบบจำลองมาตรการจัดการจราจรแบบทางแยกเดี่ยว 149
ตารางที่ 5-10 ค่าตัวชี้วัดจากการจัดการจราจรของแบบจำลองที่ 5 150
ตารางที่ 6-1 ตารางการเดินทางต้นทาง-ปลายทางช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า 153
ตารางที่ 6-2 ตารางการเดินทางต้นทาง-ปลายทางช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น 154
ตารางที่ 6-3 ตัวชี้วัดความแตกต่างของแบบจำลองมาตรการจัดการจราจรระดับจุลภาค 158
ตารางที่ 6-4 ต้นทุนการปรับปรุงทางแยกจากมาตรการจัดการจราจร 160
ตารางที่ 6-5 มูลค่าเวลาเดินทางและมูลค่าเวลาในการรอรถ 160
ตารางที่ 6-6 อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนจากมาตรการจัดการจราจร 162

บทที่ 1
บทนำ

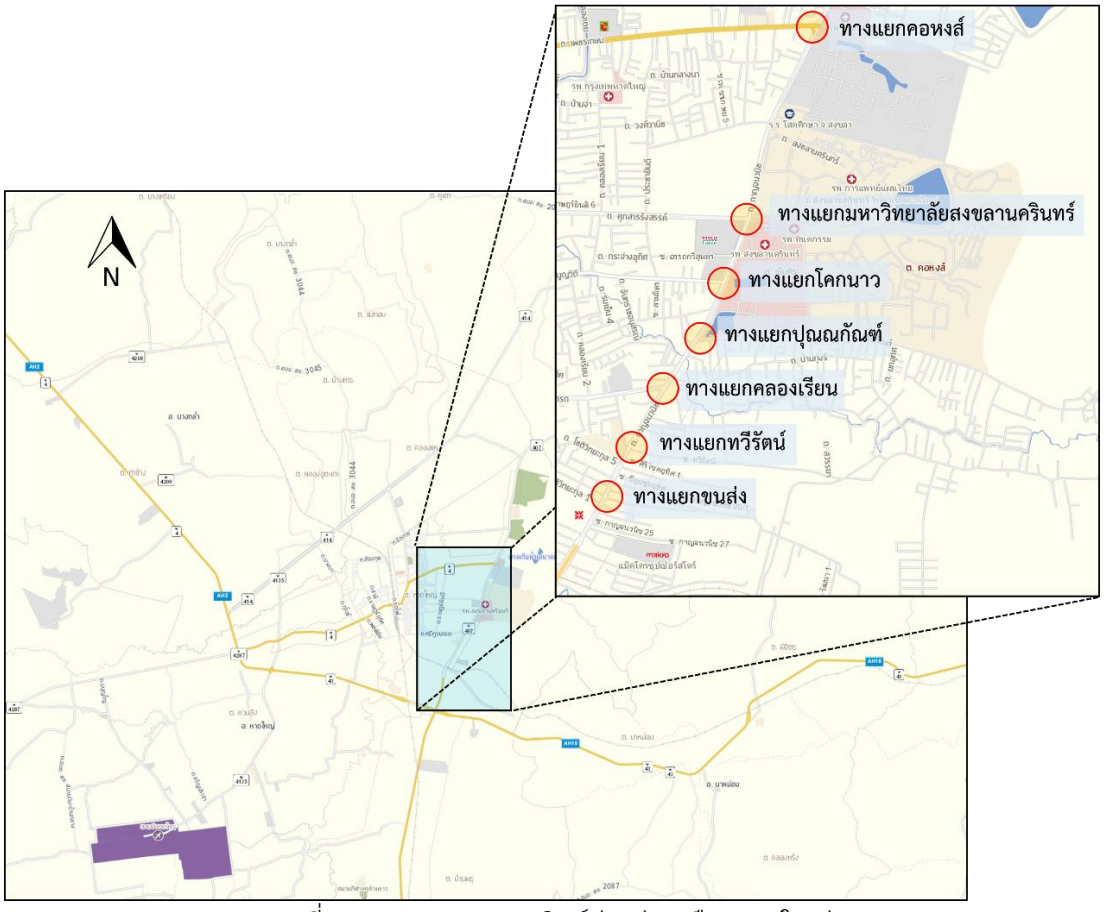
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

หาดใหญ่เป็นเมืองเศรษฐกิจสำคัญของภาคใต้และเชื่อมโยงกับประเทศเพื่อนบ้านทั้งมาเลเซียและสิงคโปร์ ทำให้มีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและมีการขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็ว ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณการจราจรจากรถส่วนบุคคลทั้งที่ใช้เพื่อเดินทางภายในและที่ผ่านตัวเมืองหาดใหญ่อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 หรือถนนกาญจนวณิชย์ ซึ่งถือเป็นเส้นทางสายหลักที่ประชาชนนิยมใช้สัญจรเข้าและออกตัวเมืองหาดใหญ่ไปยังอำเภอใกล้เคียง เช่น อำเภอเมืองสงขลา อำเภอสะเดา และเชื่อมต่อไปยังประเทศมาเลเซียได้อีกด้วย อีกทั้งต้องรองรับปริมาณการจราจรในช่วงเทศกาลต่างๆ โดยเฉพาะในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ที่กำลังประสบปัญหาการจราจรติดขัดและมีแนวโน้มที่ปัญหาดังกล่าวจะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 1-1

ถนนกาญจนวณิชย์ ช่วงที่ผ่านตัวเมืองหาดใหญ่ตั้งแต่ทางแยกขนส่งถึงทางแยกคอหงส์ มีระยะทางเพียง 3.3 กิโลเมตร แต่มีทางแยกต่อเนื่องกันมากถึง 7 แห่ง (ดังแสดงในรูปที่ 1-2) อีกทั้งยังมีศูนย์การค้าขนาดใหญ่เปิดให้บริการบนช่วงถนนนี้ ส่งผลให้มีการดึงดูดการเดินทางและปริมาณการจราจรบนช่วงถนนเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ ช่วงถนนดังกล่าวได้ถูกออกแบบและใช้งานมาเป็นระยะเวลานาน ทำให้ลักษณะทางกายภาพ การจัดการจราจร และจังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกไม่สอดคล้องกับสภาพการจราจรในปัจจุบัน จึงก่อให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดและอุบัติเหตุตามมา



รูปที่ 1-1 สภาพการจราจรบนถนนกาญจนวณิชย์



รูปที่ 1-2 ถนนกาญจนวณิชย์ช่วงผ่านเมืองหาดใหญ่

ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น เป็นปัญหาเรื้อรังและเกิดขึ้นเป็นประจำในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็นเกือบทุกวัน ถึงแม้ว่าในช่วงเวลาเร่งด่วนได้มีเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรมาอำนวยความสะดวกการจราจร ทำให้ปัญหาการจราจรติดขัดอาจบรรเทาความรุนแรงลงได้บ้าง แต่เมื่อไม่มีเจ้าหน้าที่หรือมีเจ้าหน้าที่ไม่เพียงพอปัญหาดังกล่าวก็กลับมาดังเดิม ซึ่งการแก้ปัญหาในลักษณะนี้อาจเป็นการแก้ไขปัญหาที่ไม่ยั่งยืนเมื่อเทียบกับเมืองหาดใหญ่ที่กำลังเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง

จังหวัดสงขลา โดยนายกฤษฎา บุญราช ผู้ว่าราชการจังหวัดสงขลา และนายณัฐพงศ์ ศิริชนะ รองผู้ว่าราชการจังหวัดสงขลาในขณะนั้น ได้มอบหมายโจทย์วิจัยให้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ในการศึกษาแก้ไขปัญหาการจราจรในจังหวัดสงขลา ซึ่งถนนกาญจนวณิชย์เป็นเส้นทางหลักเส้นทางหนึ่งที่ต้องการให้มีการศึกษา ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อศึกษาสภาพและปัญหาการจราจรรวมทั้งเสนอแนะมาตรการแก้ไขปัญหาการจราจรบนถนนกาญจนวณิชย์ช่วงตั้งแต่ทางแยกคลองเรียนถึงทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยผลจากการศึกษานี้จะเป็นแนวทางให้กับหน่วยงานท้องถิ่นที่รับผิดชอบเพื่อปรับปรุงทางแยกต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ 3 ข้อ ประกอบด้วย

1.2.1 เพื่อศึกษาสภาพการจราจรและปัญหาการจราจรติดขัด บริเวณสี่ทางแยกบนถนนกาญจนวณิชย์ ตั้งแต่ทางแยกคลองเรียนจนถึงทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เป็นเส้นทางศึกษา

1.2.2 เพื่อสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคของเส้นทางศึกษาในปัจจุบัน โดยศึกษาเปรียบเทียบการวิเคราะห์แบบจำลองแบบทางแยกเดี่ยวและแบบชุดทางแยก

1.2.3 เพื่อศึกษาและเสนอแนะมาตรการจัดการและแก้ไขปัญหาการจราจรที่เหมาะสมบนเส้นทางศึกษา

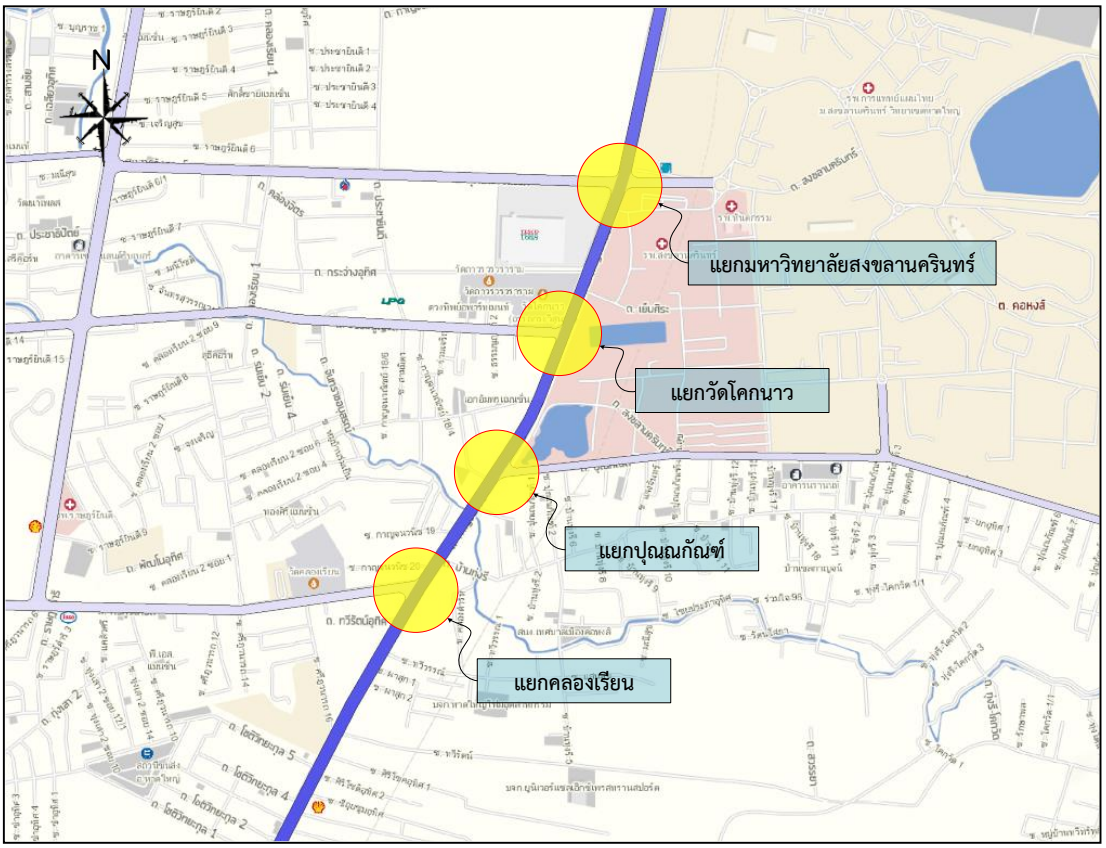
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ ได้กำหนดขอบเขตของงานวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.3.1 เส้นทางศึกษา

เส้นทางศึกษา คือ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 หรือถนนกาญจนวณิชย์ ช่วงตั้งแต่ทางแยกคลองเรียนถึงทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา มีระยะทางประมาณ 1.25 กิโลเมตร ประกอบด้วย 4 ทางแยก (ดังแสดงในรูปที่ 1-3) ดังนี้

1) ทางแยกคลองเรียน (ถนนกาญจนวณิชย์ตัดกับถนนศรีภูวนารถ)
2) ทางแยกปุณณกัณฑ์ (ถนนกาญจนวณิชย์ตัดกับถนนปุณณกัณฑ์)
3) ทางแยกโคกนาว (ถนนกาญจนวณิชย์ตัดกับถนนธรรมนูญวิถี)
4) ทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
(ถนนกาญจนวณิชย์ตัดกับถนนศุภสารรังสรรค์)



รูปที่ 1-3 พื้นที่ศึกษา

หมายเหตุ เนื่องจากชื่อของถนนบนเส้นทางศึกษา สามารถเขียนได้หลายรูปแบบทั้งชื่อภาษาไทยและชื่อภาษาอังกฤษ เช่น ถนนกาญจนวนิช (Kanjanavanit) ถนนกาญจนวนิช (Karnjanavanit) ถนนกาญจนวณิชย์ (Kanjanavanich) และถนนกาญจนวณิชย์ (Karnjanavanich) เป็นต้น ซึ่งเป็นที่โต้แย้งของชื่อถนนดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้เลือกใช้ชื่อถนนกาญจนวณิชย์ (Karnjanavanich) ในงานวิจัยนี้ โดยอ้างอิงจากที่อยู่ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

1.3.2 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

การสำรวจข้อมูลภาคสนามในงานวิจัยนี้ สามารถแบ่งประเภทของข้อมูล ออกเป็น 4 ประเภทหลัก ดังนี้

1) ข้อมูลทั่วไปและลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก

ผู้วิจัยทำการสำรวจข้อมูลลักษณะทางกายภาพ เช่น จำนวนช่องจราจร ความกว้างของช่องจราจร ลักษณะกายภาพบริเวณทางแยก และโครงข่ายถนนบริเวณทางแยก เป็นต้น เพื่อนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้กับแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

2) ข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก

ผู้วิจัยได้แบ่งการสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกออกเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงเวลาละ 2 ชั่วโมง คือ ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า เวลา 07:00-09:00 น. และช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น เวลา 16:00-18:00 น. โดยทำการจดบันทึกลงแบบฟอร์มสำรวจปริมาณการจราจรทุกๆ 10 นาที

3) ข้อมูลจังหวะสัญญาณไฟจราจร

ผู้วิจัยทำการสำรวจข้อมูลการควบคุมสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก เช่น ระยะเวลารอบสัญญาณไฟจราจร การจัดจังหวะของระบบสัญญาณไฟจราจร และตำแหน่งอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ ที่ใช้ควบคุมการจราจรบริเวณทางแยก เป็นต้น เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

4) ข้อมูลสภาพปัญหาการจราจรบนเส้นทางศึกษา

ผู้วิจัยทำการสำรวจสภาพปัญหาต่างๆ ที่ส่งผลต่อการจราจร เพื่อนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้กับแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค และเพื่อวิเคราะห์หามาตรการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหาการจราจรที่ติดขัดบริเวณทางแยก

1.3.3 การพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจร ทั้งก่อนและหลังมีมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกบนถนนกาญจนวณิชย์จากทางแยกคลองเรียนถึงทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม VISSIM รุ่น 7.0 โดยนำข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามมาพัฒนาแบบจำลองฐาน จากนั้นทำการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐาน โดยใช้ข้อมูลปริมาณการจราจรในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าเป็นหลักเกณฑ์ในการปรับเทียบแบบจำลองฐาน และข้อมูลสภาพการจราจรในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นเป็นหลักเกณฑ์ในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐาน แล้วจึงนำแบบจำลองฐานที่ผ่านการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องไปประยุกต์ในลำดับถัดไปได้

1.3.4 การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคเพื่อวิเคราะห์หามาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกที่เหมาะสมบนเส้นทางศึกษา ได้แบ่งการวิเคราะห์ออก 2 กรณี ดังนี้

1) แบบจำลองสภาพการจราจรแบบทางแยกเดี่ยว

แบบจำลองสภาพการจราจรแบบทางแยกเดี่ยว เป็นการนำมาตรการที่ได้จากการสำรวจและทำการวิเคราะห์สภาพการจราจรของแต่ละทางแยกอิสระต่อกัน เพื่อทดสอบหามาตรการจัดการจราจรที่มีความเหมาะสมในการแก้ไขปัญหาจราจร โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองแบบทางแยกเดี่ยว แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 5 แบบจำลองย่อย ดังนี้

แบบจำลองทางแยกเดี่ยว 1	สภาพการจราจรในปัจจุบัน
แบบจำลองทางแยกเดี่ยว 2	มาตรการการห้ามจอดรถ
แบบจำลองทางแยกเดี่ยว 3	มาตรการการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ
แบบจำลองทางแยกเดี่ยว 4	มาตรการการปรับเปลี่ยนทิศทางกระแสจราจร
แบบจำลองทางแยกเดี่ยว 5	การรวมทุกมาตรการ (มาตรการที่ 2+3+4)

2) แบบจำลองสภาพการจราจรแบบชุดทางแยก

แบบจำลองสภาพการจราจรแบบทางชุดแยก เป็นการนำทางแยกมาเชื่อมต่อกันให้มีความต่อเนื่องเหมือนกับเส้นทางศึกษาจริง แล้วนำมาตรการที่มีความเหมาะสมจากการพัฒนาแบบจำลองแบบทางแยกเดี่ยว มาสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรแบบชุดทางแยก ในการพิจารณาแบบจำลองแบบชุดทางแยก ได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 8 แบบจำลองย่อย ดังนี้

แบบจำลองชุดทางแยก 1	สภาพการจราจรปัจจุบัน
แบบจำลองชุดทางแยก 2	ปรับปรุงเฉพาะทางแยกคลองเรียน
แบบจำลองชุดทางแยก 3	ปรับปรุงเฉพาะทางแยกปุณณกัณฑ์
แบบจำลองชุดทางแยก 4	ปรับปรุงเฉพาะทางแยก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
แบบจำลองชุดทางแยก 5	ปรับปรุงทางแยกคลองเรียนและทางแยกปุณณกัณฑ์
แบบจำลองชุดทางแยก 6	ปรับปรุงทางแยกคลองเรียนและทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
แบบจำลองชุดทางแยก 7	ปรับปรุงทางแยกปุณณกัณฑ์และทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
แบบจำลองชุดทางแยก 8	ปรังปรุงทุกทางแยกร่วมกัน

1.3.5 สมมติฐานและข้อจำกัดของงานวิจัย

ผู้วิจัยได้สรุปสมมติฐานและข้อจำกัดต่างๆ ของงานวิจัยได้ ดังนี้

1) งานวิจัยนี้ มุ่งเน้นการศึกษาด้านการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบนเส้นทางศึกษาเท่านั้น ไม่ได้ครอบคลุมถึงการปรับปรุงจังหวะสัญญาณไฟจราจร เนื่องจากโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ไม่สามารถวิเคราะห์หาเวลาที่เหมาะสมกับสภาพการจราจรได้

2) เนื่องจากงบประมาณในงานวิจัยมีจำนวนจำกัด ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจเฉพาะปริมาณจราจรบริเวณทางแยกเท่านั้น ส่วนข้อมูลความยาวแถวคอย ความล่าช้า และเวลาในการเดินทางของยานพาหนะประเภทต่างๆ ผู้วิจัยไม่ได้ทำการสำรวจเพิ่มเติม

3) งานวิจัยนี้ ทำการศึกษาการจัดการจราจรเฉพาะถนนบนเส้นหลักเท่านั้น ไม่ได้พิจารณาทางแยกย่อย (ซอย) ที่อยู่บนช่วงถนนที่ผู้วิจัยได้ทำงานวิจัย โดยมีสมมติฐานว่า ทางแยกย่อยต่างๆ ไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพการจราจรบนเส้นทางหลักมากนัก

4) การสำรวจปริมาณการจราจรแบ่งยานพาหนะออกเป็น 8 ประเภท แต่ในการวิเคราะห์ผลด้วยแบบจำลองได้รวมยานพาหนะเหลือ 4 ประเภท เนื่องจากมีข้อจำกัดของโปรแกรมในการกำหนดคุณลักษณะของยานพาหนะ เช่น รถตุ๊กตุ๊ก รถสามล้อพ่วงข้าง เป็นต้น

5) การจำลองสภาพการจราจรด้วยโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ไม่สามารถจำลองได้ทุกสภาพปัญหาที่พบบนเส้นทางศึกษา เช่น ผิวถนนขรุขระ เป็นหลุม เป็นต้น แต่สามารถจำลองความเร็วของยานพาหนะที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อผ่านบริเวณที่มีปัญหาได้ นอกจากนี้ ถึงแม้ว่าโปรแกรมที่ใช้สามารถจำลองสภาพการจอดรถใกล้ทางแยกหรือการจอดรถซ้อนคันได้ โดยการกำหนดพื้นที่จอดรถภายในช่องจราจรตามสภาพความเป็นจริงที่สำรวจได้ แต่โปรแกรมดังกล่าวไม่สามารถจำลองให้รถจักรยานยนต์จอดแบบตั้งฉากกับถนนเหมือนสภาพความเป็นจริงได้

6) ค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรมแบบจำลองสภาพการจราจรบางส่วน เช่น การเปลี่ยนช่องจราจร การแซงของยานพาหนะ เป็นต้น ผู้วิจัยได้ใช้ค่าเริ่มต้นที่กำหนดมาจากโปรแกรม

7) การคำนวณปริมาณการจราจรรายปีและการประมาณราคาต้นทุนจากมาตรการเพื่อปรับปรุงทางแยกจากแบบจำลองสภาพการจราจร เป็นการคำนวณและคาดการณ์โดยใช้ข้อมูลที่มีอยู่อย่างจำกัด หากมีการนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้อ้างอิงในอนาคต ควรมีการวิเคราะห์โดยละเอียดอีกครั้ง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาและวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกบนถนนกาญจนวณิชย์จากทางแยกคลองเรียนถึงทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีดังนี้

1.4.1 ได้ทราบถึงปัญหาต่างๆ ที่ส่งผลให้การจราจรติดขัดในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน

1.4.2 ได้แบบจำลองสภาพการจราจรของเส้นทางศึกษา และทราบถึงมาตรการจัดการจราจรที่เหมาะสม

1.4.3 ได้ทราบผลประโยชน์และต้นทุนจากมาตรการจัดการจราจรบนเส้นทางศึกษา

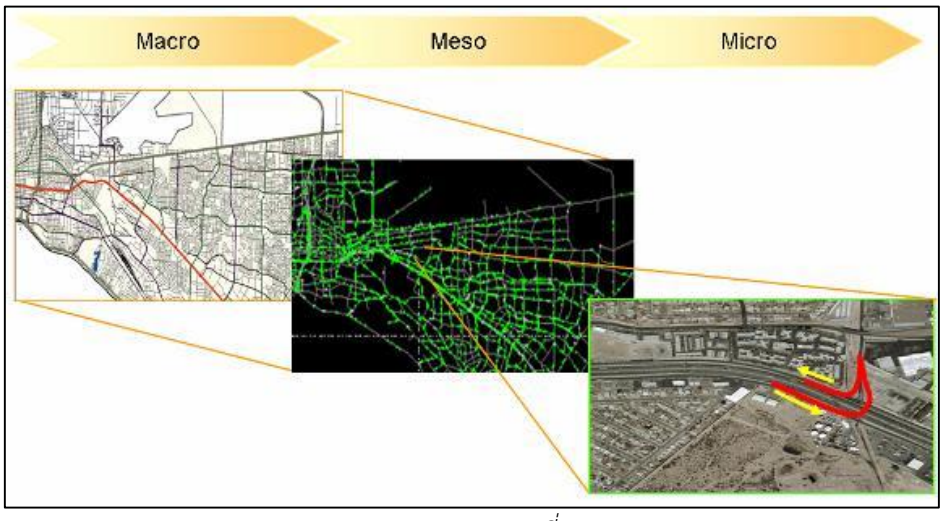
1.4.4 ได้ข้อเสนอแนะและแนวทางในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกให้กับหน่วยงานท้องถิ่นที่รับผิดชอบ

บทที่ 2
ทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้ ระดับของแบบจำลองสภาพการจราจร แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค การจำลองสภาพการจราจรเพื่อจัดการจราจรในต่างประเทศด้วยโปรแกรม VISSIM และการใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคเพื่อจัดการจราจรในประเทศไทย โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ระดับของแบบจำลองสภาพการจราจร

นิยามของระดับของแบบจำลองสภาพการจราจรเสนอโดย Krogscheepers and Kacir (2001) ได้กล่าวว่า ระดับของแบบจำลองสภาพการจราจรสามารถแบ่งได้จากประเภทและขนาดของพื้นที่ศึกษาจากทางแยกเดี่ยวไปสู่โครงข่ายขนาดใหญ่ ซึ่งโปรแกรมที่ใช้กับทางแยกเดี่ยว เช่น FRESIM SIMTM และ PARAMICS เป็นต้น ส่วนโปรแกรมที่ใช้กับโครงข่ายขนาดใหญ่ เช่น NETSIM EMME/2 SIMTRA และ TEXAS เป็นต้น ซึ่งในการเลือกใช้โปรแกรมนั้นต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา ความละเอียด และการแจกแจงการเดินทาง ให้มีความเหมาะสมกับระดับของแบบจำลองสภาพการจราจร โดยระดับของแบบจำลองสภาพการจราจรสามารถจำแนกได้ 3 ระดับ คือ 1) แบบจำลองสภาพการจราจรระดับมหภาค 2) แบบจำลองสภาพการจราจรระดับกึ่งจุลภาค 3) แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ดังแสดงในรูปที่ 2-1 โดยมีรายละเอียดดังนี้



ที่มา: DynusT© Online User's Manual (2014)

รูปที่ 2-1 ระดับของแบบจำลองสภาพการจราจร

1) แบบจำลองสภาพการจราจรระดับมหภาค (Macro Simulation)

Dowling *et al.* (2004) ได้กล่าวว่า แบบจำลองสภาพการจราจรระดับมหภาค มีลักษณะคล้ายกับ Sketch-Planning และ HCM models เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ระบบของโครงข่ายถนน และไม่สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมของยานพาหนะในแต่ละคันได้ โดยการวิเคราะห์ของแบบจำลองจะให้ผลลัพธ์เพียงคำตอบเดียว เนื่องจากการทำงานของแบบจำลองสภาพการจราจรระดับมหภาคเป็นแบบ Deterministic ซึ่งใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการจราจร ความเร็ว และความหนาแน่น

2) แบบจำลองสภาพการจราจรระดับกึ่งจุลภาค (Meso Simulation)

Dowling *et al.* (2004) ได้กล่าวว่า แบบจำลองสภาพการจราจรระดับกึ่งจุลภาค เป็นการผสมผสานระหว่างแบบจำลองสภาพการจราจรระดับมหภาคและแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองระดับกึ่งจุลภาคสามารถวิเคราะห์และวางแผนโครงข่ายถนนขนาดใหญ่ได้ดีกว่าแบบจำลองระดับจุลภาค แต่ค่าต่างๆ ที่ได้จะมีความละเอียดน้อยกว่าแบบจำลองระดับจุลภาค

3) แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค (Micro Simulation)

Dowling *et al.* (2004) ได้กล่าวว่า แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค สามารถจำลองพฤติกรรมของยานพาหนะในแต่ละคันได้ โดยอาศัยหลักการพื้นฐานการจำลองการเคลื่อนที่ตามกันของยานพาหนะ (Car Following) และการจำลองการเปลี่ยนช่องจราจร (Lane Changing) โดยทั่วไปแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคใช้หลักการกระจายตัวทางสถิติขึ้นอยู่กับการกำหนดต้นทาง-ปลายทางของยานพาหนะแต่ละประเภท และลักษณะของการขับขี่ในแต่ละประเภท ซึ่งในการสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ต้องคำนึงถึงการปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration) และการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Validation)

นอกจากนี้ การเลือกใช้แบบจำลองสภาพการจราจรต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพและความเหมาะสมในการวิเคราะห์สภาพการจราจรอย่างไร เช่น ระดับของการวิเคราะห์ ขนาดและขอบเขตของการศึกษา ลักษณะของการเดินทาง ประเภทของยานพาหนะ การประยุกต์ใช้แบบจำลอง มาตรการต่างๆ ดัชนีตัวชี้วัดประสิทธิภาพการจราจร เป็นต้น ผู้วิจัยได้สรุปว่า การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรกับพื้นที่ขนาดใหญ่ เป็นการจำลองโครงข่ายถนนสายหลักและทางด่วน โดยใช้ดัชนีตัวชี้วัด คือ ความเร็ว ปริมาณการจราจรต่อความจุ ความหนาแน่นเป็นหลัก เรียกว่า แบบจำลองระดับมหภาค ส่วนการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่ขนาดใหญ่และขนาดเล็กร่วมกัน เรียกว่า แบบจำลองระดับกึ่งจุลภาค โดยแบบจำลองดังกล่าวมีข้อด้อยในการแสดงข้อมูลที่มีความละเอียดต่ำ และไม่สามารถวางแผนในภาพรวมของโครงข่ายขนาดใหญ่ได้ดีเท่าแบบจำลองระดับมหภาค และในส่วนของการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรเชิง

พื้นที่ขนาดเล็ก เรียกแบบจำลองนี้ว่า แบบจำลองระดับจุลภาค ซึ่งสามารถพัฒนาและประยุกต์ใช้ในการสร้างมาตรการต่างๆ ได้อย่างหลากหลาย ซึ่งครอบคลุมถึงองค์ประกอบด้านการจราจร รวมทั้งแสดงค่าตัวชี้วัดที่มีความละเอียดและแสดงถึงพฤติกรรมของผู้ขับขี่แต่ละคันได้อย่างชัดเจน แบบจำลองทั้ง 3 ระดับ สามารถสรุปความแตกต่างและความเหมาะสมในการเลือกใช้ของแบบจำลองสภาพการจราจร ดังแสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเลือกใช้แบบจำลองสภาพการจราจรแต่ละระดับ

ประเด็นในการเปรียบเทียบ	**ระดับของแบบจำลองสภาพการจราจร**		
	ระดับมหภาค (Macro Simulation)	**ระดับกึ่งจุลภาค (Meso Simulation)**	**ระดับจุลภาค (Micro Simulation)**
ระดับการวิเคราะห์	วางแผน ออกแบบและก่อสร้าง	วางแผน ออกแบบและก่อสร้าง	วางแผน และก่อสร้าง
ขอบเขตและขนาดของการวิเคราะห์	แนวตามยาวของถนน โครงข่ายถนนขนาดเล็กและภูมิภาค	บางส่วนของโครงข่าย แนวตามยาวของถนน โครงข่ายขนาดเล็ก และภูมิภาค	พื้นที่เดี่ยว ส่วนเล็กของโครงข่าย แนวตามยาวของถนน และโครงข่ายขนาดเล็ก
ความสามารถในการจำลองสิ่งอำนวยความสะดวก	ถนนสายหลัก ทางหลวง ทางด่วน และช่องจราจรเฉพาะ	ทางแยกเดี่ยว ถนนสายหลัก ทางหลวง ทางด่วน HOV Lane Ramp และช่องจราจรเฉพาะ	ทางแยกเดี่ยว วงเวียน ถนนสายหลัก ทางหลวง ทางด่วน ช่องจราจรเฉพาะช่องจราจรสำหรับรถบรรทุก ช่องจราจรสำหรับรถบัส
ประเภทของการเดินทาง	SOV	SOV HOV Bus	SOV HOV รถโดยสาร รถไฟ รถบรรทุก รถจักรยานยนต์ รถจักรยาน และคนเดินเท้า
มาตรการการจัดการและการประยุกต์ใช้งาน	ทางด่วน ถนนสายหลัก	ทางด่วน ถนนสายหลัก ทางแยกหลัก อุบัติการณ์ และเขตก่อสร้าง	ทางแยกหลัก ทางหลัก อุบัติการณ์ เขตก่อสร้าง ระบบจ่ายเงิน ทางรถไฟ ระบบขนส่งสาธารณะ ระบบแสดงข้อมูล ผู้เดินทาง และสภาวะอากาศ

ที่มา: วุฒิไกร ไชยปัญหา (2553)

ตารางที่ 2-1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเลือกใช้แบบจำลองสภาพการจราจรแต่ละระดับ (ต่อ)

ประเด็นในการเปรียบเทียบ	ระดับของแบบจำลองสภาพการจราจร		
	ระดับมหภาค (Macro Simulation)	**ระดับกึ่งจุลภาค (Meso Simulaion)**	**ระดับจุลภาค (Micro Simulation)**
ดัชนีตัวชี้วัดประสิทธิภาพการจราจร	ระดับการให้บริการ ความเร็ว เวลาในการเดินทาง ปริมาณการจราจร อัตราส่วนปริมาณการจราจรต่อความจุ ความหนาแน่น VMT VHT	ระดับการให้บริการ ความเร็ว เวลาในการเดินทาง ปริมาณการจราจร อัตราส่วนปริมาณการจราจรต่อความจุ ความหนาแน่น VMT VHT ความล่าช้า ความยาวแถวคอย จำนวนครั้งในการหยุด การปล่อยก๊าซ และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	ระดับการให้บริการ ความเร็ว เวลาในการเดินทาง ปริมาณการจราจร อัตราส่วนปริมาณการจราจรต่อความจุ ความหนาแน่น VMT VHT ความล่าช้า ความยาวแถวคอย จำนวนครั้งในการหยุด การปล่อยก๊าซ และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง
ราคา	ปานกลาง	สูง	สูง
เวลาในการฝึกอบรมและทำความเข้าใจ	ปานกลาง	น้อย	น้อย
ความยากง่ายในการใช้งาน	ปานกลาง	ง่าย	ง่าย
ความนิยมและความแพร่หลายในการใช้งาน	สูง	ปานกลาง	สูง
คุณภาพของคอมพิวเตอร์ที่ต้องการ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
เวลาในการประมวลผล	นาน	ปานกลาง	ปานกลาง
การแสดงผลภาพเคลื่อนไหว	ไม่มี	มี	มี
โปรแกรมจำลองสภาพการจราจร	SATURN, TRANSYT-7F และ EMME/2 เป็นต้น	CONTRSM, DYNAMIT-P, DYNAMIT-X และ DYNASMART-X เป็นต้น	CORSIM, INTEGRATOIN DRACULA, PARAMICS และ VISSIM เป็นต้น

ที่มา: วุฒิไกร ไชยปัญหา (2553)

จากการทบทวน สรุปได้ว่า ระดับของแบบจำลองสภาพการจราจร สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 1) แบบจำลองระดับมหภาค 2) แบบจำลองระดับกึ่งจุลภาค และ 3) แบบจำลองระดับจุลภาค ซึ่งจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระดับแบบจำลองสภาพการจราจร พบว่า แบบจำลองระดับจุลภาคมีความเหมาะสมกับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค เป็นเครื่องมือในงานวิจัยครั้งนี้

2.2 แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

ในงานวิจัยครั้งนี้ มุ่งเน้นในเรื่องการจัดการจราจรบริเวณทางแยก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องมือที่มีความละเอียดและเหมาะสมกับงานวิจัย ในหัวข้อลำดับถัดไปเป็นการทบทวนความหมายและโปรแกรมที่ใช้จำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค การเปรียบเทียบโปรแกรมจำลองสภาพการจราจร จุดเด่นและจุดด้อยของแบบจำลอง พร้อมทั้งขั้นตอนการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 ความหมายของแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

Krogscheepers and Kacir (2001) ได้กล่าวว่า แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคเป็นการจำลองสถานการณ์สมมติต่างๆ ที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งการจำลองสภาพการจราจรสามารถเห็นสภาพปัญหาการจราจรอย่างชัดเจน และสามารถคาดการณ์สภาพปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตได้ ทั้งนี้ยังช่วยในการจัดการจราจรในรูปแบบต่างๆ ตามสถานการณ์สมมติได้ อีกทั้งยังสามารถประหยัดเวลาและงบประมาณในการแก้ไขปัญหาต่างๆ

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

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

2.2.2 โปรแกรมที่นิยมใช้ในการจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงจำนวนมาก การใช้งานจะต้องขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป โปรแกรมที่ได้รับการยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในด้านการจราจรนั้น ผู้วิจัยได้สรุปและคัดเลือกโปรแกรมที่สำคัญ และขั้นตอนในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค โดยเรียงตามลำดับพยัญชนะ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) โปรแกรม AIMSUN

TSS-Transport Simulation System (2015) โปรแกรม AIMSUN พัฒนาโดย TSS-Transport ประเทศสเปน เป็นโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรโครงข่ายถนนและสถานการณ์ต่างๆ ได้ เช่น ถนนในเมือง ทางด่วน ทางหลวง ถนนวงแหวน และถนนสายหลัก เป็นต้น โปรแกรมสามารถใช้ออกแบบก่อนมีการก่อสร้างจริง สามารถประเมินระบบการจราจรให้มีประสิทธิภาพ ในการทดสอบระบบการควบคุมจราจรใหม่ การจัดการเชิงนโยบาย และอื่นๆ นอกจากนี้โปรแกรม AIMSUN ยังสามารถจัดตารางเวลาและระบบควบคุมการให้บริการของระบบขนส่งสาธารณะ รวมถึงการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

2) โปรแกรม CORSIM

ทวี วิชัยเมธาวี (2546) โปรแกรม CORridor SIMulation (CORSIM) พัฒนาโดย The Federal Highway Administration (FHWA) ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยโปรแกรม CORSIM จะประกอบไปด้วยโปรแกรมย่อย 2 โปรแกรม คือ FRESIM เหมาะสำหรับจำลองสภาพการจราจรบนทางหลวง และโปรแกรม NETSIM เหมาะสำหรับจำลองสภาพการจราจรในเมือง นอกจากนี้ยังสามารถทำงานร่วมกับโปรแกรม Synchro เป็นโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ระบบสัญญาณไฟจราจรแบบสัมพันธ์กัน (Co-ordinated traffic signals) และการจัดระบบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสม โปรแกรม CORSIM สามารถวิเคราะห์และแสดงผลในรูปแบบของความเร็ว เวลาในการเดินทาง ความล่าช้า ความยาวของแถวคอย และปริมาณมลพิษทางอากาศ

3) โปรแกรม NETSIM

กนกวรรณ เด่นพรภูวกล และคณะ (2547) กล่าวว่า NETSIM เป็นโปรแกรมสำหรับจำลองสภาพการจราจรในเขตเมืองและทางด่วน เป็นการจำลองสภาพการจราจรโดยอาศัยพื้นฐานของเวลาในการอธิบาย ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงทุกๆ ช่วงเวลาที่คงที่ โปรแกรมสามารถแบ่งประเภทของยานพาหนะได้ 16 ชนิด โดยแบ่งตามประเภทหลักดังนี้ รถยนต์ส่วนบุคคล รถบรรทุก รถโดยสารประจำทาง และนอกจากนี้ยังพิจารณาถึงพฤติกรรมการขับขี่ รูปแบบของโครงข่ายถนน เป็นต้น นอกจากนี้ ยังสามารถกำหนดการควบคุมจราจร เช่น สัญญาณไฟจราจรแบบคงที่ สัญญาณไฟ

จราจรที่แปรเปลี่ยนตามปริมาณการจราจร เป็นต้น รวมทั้งสามารถกำหนดพฤติกรรมการขับขี่ของยานพาหนะได้ เช่น ลักษณะการขับขี่ของรถยนต์ การเปลี่ยนช่องจราจร และรถโดยสารประจำทาง เป็นต้น

4) โปรแกรม PARAMICS

วุฒิไกร ไชยปัญหา (2553) โปรแกรม PARAllel MICroscopic Simulation (PARAMICS) เป็นโปรแกรมที่สามารถจำลองสภาพการจราจรบนถนน ทั้งถนนในเมือง (Urban) และถนนนอกเมือง (Rural) โปรแกรมยังช่วยจำลองลักษณะการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและพฤติกรรมการขับขี่ของยานพาหนะ เพื่อเสนอเป็นแนวทางในการออกแบบ แก้ไขปัญหาการจราจร และทดสอบมาตรการต่างๆ ตามแผนเชิงนโยบายได้ โดยโปรแกรม PARAMICS สามารถแสดงผลในรูปแบบสองมิติและสามมิติได้

5) โปรแกรม VISSIM

ทวี วิชัยเมธาวี (2546) ได้กล่าวว่า โปรแกรม VISSIM ย่อมาจาก Verkehr In Städten – Simulation ได้รับการพัฒนาจากประเทศเยอรมณี โดยบริษัท PTV (Planning Transport Verkehr) เป็นโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคที่มีความยืดหยุ่นสูง ใช้สำหรับจำลองสภาพจราจรในเมืองและการให้บริการระบบขนส่งมวลชน และยังสามารถใช้ประเมินมาตรการด้านการจัดการจราจรได้อีกด้วย นอกจากนี้ โปรแกรม VISSIM ยังสามารถแสดงผลการจำลองสภาพจราจรในรูปแบบของภาพสองมิติและสามมิติ และสามารถประเมินผลตัวชี้วัดต่างๆ ด้านจราจรได้ เช่น ความยาวแถวคอย เวลาและความล่าช้าในการเดินทาง นอกจากนี้ ยังสามารถวิเคราะห์ผลตามประเภทของระบบสัญญาณไฟจราจรได้หลายรูปแบบ เช่น สัญญาณไฟจราจรแบบคงที่ (Fixed Time) ระบบสัญญาณไฟจราจรที่แปรเปลี่ยนตามปริมาณการจราจร (Vehicle Actuated) และสามารถประยุกต์ใช้สำหรับการสร้างช่องจราจรพิเศษสำหรับรถโดยสารประจำทาง เช่น พื้นที่จอดรับส่งผู้โดยสาร เป็นต้น อีกทั้งสามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางเคลื่อนที่ได้ของยวดยานกับเวลา (Time Space Diagram) และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา (Speed Profile) ได้อีกด้วย

โปรแกรมที่กล่าวไว้ข้างต้น เป็นเพียงส่วนหนึ่งของโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ซึ่งโปรแกรมที่คัดเลือกมานั้น มีความแตกต่างในการใช้งาน รวมทั้งเครื่องมือและประสิทธิภาพในการแสดงผลอีกด้วย ดังนั้น ในหัวข้อลำดับถัดไป ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบโปรแกรมในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค โดยมีการเปรียบเทียบคุณสมบัติ ประสิทธิภาพในการใช้งาน และความเหมาะสมกับพื้นที่ศึกษาในการใช้งาน พร้อมทั้งข้อดีและข้อด้อยของการใช้งาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.3 การเปรียบเทียบโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค เพื่อแสดงถึงประสิทธิภาพการทำงาน ข้อมูลทั่วไปสำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองสภาพการจราจร และข้อจำกัดการใช้งานแต่ละโปรแกรม โดยนำข้อมูลที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลองไปใช้ในการคัดเลือกโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรในงานวิจัยนี้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Ryder (2001) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรที่มีใช้ทั่วไปในสหราชอาณาจักรในช่วงปี ค.ศ. 1999-2000 โดยมีการทบทวนผลการศึกษาที่ผ่านมาเพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ ซึ่งผลจากการศึกษา พบว่า โปรแกรม PARAMICS และ VISSIM สามารถแสดงภาพเคลื่อนไหวสามมิติได้ และสามารถสร้างปริมาณการเดินทางได้จากตารางการเดินทางจากต้นทางถึงปลายทาง (OD-Matrix) คือโปรแกรม AIMSUN2 PARAMICS และ VISSIM และนอกจากนี้โปรแกรมที่สามารถจำลองสภาพการจราจรในเขตเมืองและทางด่วน คือ โปรแกรม AIMSUN2 PARAMICS และ VISSIM ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวสามารถสร้างแบบจำลองทางเลือกในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความหลากหลาย ดังแสดงในตารางที่ 2-2 และตารางที่ 2-3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2-2 การประยุกต์ใช้งานกับการจราจรบนทางด่วน

ประสิทธิภาพในการใช้งาน	AIMSUN2	PARAMICS	VISSIM	CORSIM
Motorway weaving	√	√	√	√
Motorway merges	√	√	√	√
Ramp metering	√	√	√	√
Dynamic speed controls	-	√	√	-
Motorway junctions	√	√	√	-
Incidents	√	√	√	-
Variable message signs	√	√	√	-
Static route advice	√	√	√	-
Variable route advice	√	√	-	-
Toll Plazas	√	√	√	-
Vehicle detectors	√	√	√	-
Priority Lanes-Buses	√	√	√	-
Priority Lanes-HOV	√	√	√	-
Crawler lanes	√	√	√	-
Road works	√	√	√	-

ที่มา: Ryder (2001)

ตารางที่ 2-3 การประยุกต์ใช้งานกับการจราจรในเขตเมือง

ประสิทธิภาพในการใช้งาน	AIMSUN2	CORSIM	PARAMICS	VISSIM
Fixed time plans	√	√	√	√
Co- ordinated traffic signals-Fixed UTC	√	√	√	√
Adaptive traffic signals-vehicle actuated	√	-	√	√
Priority to public transport	√	-	√	√
Pedestrian phases	√	√	√	√
Pedestrian signals	√	√	√	√
Pedestrian flow	-	-	√	√
Cyclists	-	-	-	-
Cycle lanes	-	-	-	-
Roundabouts	√	-	√	√
Priority junctions	√	√	√	√
Non-standard junction layouts	√	√	√	√
Signalised roundabouts	√	√	√	√
Traffic calming	-	-	√	√
Bus Routes	√	√	√	√
Bus frequencies and schedules	-	-	√	√
Bus bays	-	-	√	√
Bus lanes	√	-	√	√
Bus pre-signals	√	-	√	√
Light Rail	√	-	√	√
Incidents	√	√	√	√
Road works	-	√	√	-
Signing	-	-	√	√
Parked vehicles	-	-	√	√
Overtaking on Single Carriageway Roads	-	-	√	-
Congestion charging	√	-	√	√

ที่มา: Ryder (2001)

Lin (2003) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรม VISSIM AIMSUN และ PARAMICS โดยใช้ทางแยกที่มีลักษณะเป็นวงเวียนเป็นกรณีศึกษาในการจัดการจราจรบริเวณทางแยก ในการศึกษาได้แบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 3 กรณี คือ 1) การสมมติปริมาณการเดินทางเบื้องต้น 2) ปริมาณการเดินทางเพิ่มขึ้น 10% และ 3) ปริมาณการเดินทางเพิ่มขึ้น 30% ผลจากการศึกษาของผู้วิจัยได้สรุปข้อดีและข้อด้อยของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรบริเวณทางแยกที่มีวงเวียน ดังแสดงในตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 ข้อดีและข้อด้อยของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรบริเวณทางแยกที่มีวงเวียน

โปรแกรม	ข้อดี	ข้อด้อย
AIMSUN	1. สามารถใช้งานได้ง่าย 2. ตัวแปรหลายตัวสามารถปรับค่าได้จากส่วนหน้าจอโดยตรง 3. ฟังก์ชั่นหมุนโครงข่ายถนนทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ 4. กำหนดช่องจราจรโดยใช้เมาส์	1. ไม่มีฟังก์ชั่นในการสร้างวงเวียนโดยตรง 2. ไม่มีฟังก์ชั่นในการสร้างขอบโค้ง 3. มีข้อจำกัดด้านการแสดงผล 4. โครงข่ายและโครงสร้างที่จำลองมีความแตกต่างกับสภาพการจราจรจริงอย่างมาก
PARAMICS	1. มีฟังก์ชั่นในการสร้างวงเวียนโดยตรง 2. สามารถปรับขอบปรับมุมได้โดยสะดวก 3. สามารถปรับค่าต่างๆ ได้อย่างสะดวกและมีความสมจริง	1. โปรแกรมค่อนข้างยุ่งยากในการใช้งานและการทำความเข้าใจเมื่อเทียบกับอีกสองโปรแกรม 2. หากต้องการได้ผลที่ถูกต้องกับสภาพจริงมากที่สุด ต้องมีการปรับแก้ค่าต่างๆ อย่างละเอียด ซึ่งต้องใช้เวลามากในการทำงาน
VISSIM	1. สามารถปรับตัวแปรได้อย่างละเอียด 2. สามารถสร้างคนเดินเท้าได้ 3. กำหนดตำแหน่งจุดให้ทางได้ 4. สามารถแสดงผลสามมิติได้อย่างสมจริงและมีประสิทธิภาพ 5. สามารถปรับช่องจราจรได้อย่างสะดวก และผู้ใช้สามารถดูความยาวของช่วงถนนได้โดยตรง	1. ไม่มีฟังก์ชั่นในการสร้างวงเวียนได้โดยตรง 2. การสร้างวงเวียนมีความยุ่งยากซับซ้อน 3. ไม่สามารถสร้างเกาะกลางของวงเวียนได้

ที่มา: Lin (2003)

TfL (2003) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบคุณสมบัติของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค คือ โปรแกรม PARAMICS และโปรแกรม 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

Elshafei (2006) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ของช่องจราจรกับลักษณะของการจราจรและผลกระทบในการเข้าถึงพื้นที่ จากการเปรียบเทียบคุณลักษณะของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคคือ โปรแกรม VISSIM และโปรแกรม PARAMICS ได้มีการกำหนดทางเลือกของรูปแบบการเดินทางต่างๆ เช่น การกำหนดช่องจราจรสำหรับรถโดยสารสาธารณะ การกำหนดช่องจราจรสำหรับรถจักรยาน และกำหนดจุดรับส่งผู้โดยสารบนบริเวณผิวจราจรได้ เป็นต้น พบว่า พฤติกรรมของรถจักรยานในโปรแกรม VISSIM สามารถกำหนดให้รถวิ่งในตำแหน่งซ้าย ขวา หรือกึ่งกลางของช่องจราจรได้ สามารถกำหนดระยะห่างด้านข้างระหว่างยานพาหนะ และสามารถกำหนดให้รถแซงได้เมื่อมีความเร็วที่แตกต่างกันภายในช่องจราจรเดียวกันได้ นอกจากนี้ พฤติกรรมการจอดรถบริเวณทางแยกของรถจักรยาน สามารถแทรกไปตามช่องว่างเข้าไปได้ ในขณะที่โปรแกรม PARAMICS ยานพาหนะจะวิ่งตามหลังคันอื่นในช่องจราจรเดียวกัน และพฤติกรรมการแซงของรถจักรยานจะแซงในช่องจราจรถัดไป ในขณะเดียวกัน การจอดรถบริเวณทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจรจะมีการจอดรถต่อหลังยานพาหนะคันอื่น โดยไม่มีการแทรกไปตามช่องว่าง ทำให้เกิดความยาวแถวคอยมากขึ้นกว่าความเป็นจริง

Boxill (2007) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ใช้สำหรับพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรที่สามารถแสดงผลในรูปแบบของภาพสามมิติ ในการศึกษาได้ทำการวิเคราะห์โปรแกรมต่างๆ ดังนี้ AIMSUN PARAMICS S-PARAMICS และ VISSIM ผลจากการศึกษาแสดงถึงจุดเด่นของโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรแบบสามมิติ ดังแสดงในตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 จุดเด่นของโปรแกรมสำหรับพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรแบบสามมิติ

ชื่อโปรแกรม	ผลที่ได้จากการศึกษา
1. AIMSUN	สามารถสร้างแบบจำลอง Gap Acceptance Behavior of Drivers โดยใช้ความล่าช้าเป็นพื้นฐาน ซึ่งแบบจำลองอื่นไม่สามารถทำได้
2. PARAMICS	เป็นแบบจำลองที่สามารถสร้างแบบจำลองที่มีความน่าเชื่อถือสูง เนื่องจากใช้ข้อมูลการเดินทางจากต้นทางถึงปลายทางโดยตรง (OD Matrix)
3. S-PARAMICS	เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมกับการจำลองในพื้นที่กว้างและมีความสามารถในการจำลองระบบการขนส่งสาธารณะได้ เช่น รถบัส และรถราง เป็นต้น
4. VISSIM	เป็นแบบจำลองที่สามารถจำลองการขับขี่ของยานพาหนะบริเวณทางแยกที่มีความซับซ้อนได้อย่างดี และสามารถจำลองพฤติกรรมการจอดรถริมทาง โดยสามารถแสดงผลเป็นภาพเคลื่อนไหวสองมิติและสามมิติ

ที่มา: Boxill (2007)

Ratrout and Rahman (2008) ได้ศึกษาคุณลักษณะและความสามารถของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรภายใต้เงื่อนไขต่างๆ เพื่อเลือกโปรแกรมที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรในประเทศซาอุดิอาราเบีย โดยเน้นการศึกษาการจัดการจราจรบริเวณทางด่วนและถนนในเขตเมือง ซึ่งได้ทำการเลือกโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังนี้ โปรแกรม PARAMICS INTEGRATION AIMSUN CORSIM และ VISSIM ซึ่งผลจากการศึกษา พบว่า โปรแกรม PARAMICS INTEGRATION และ CORSIM มีประสิทธิภาพในการจำลองระบบขนส่งสาธารณะได้ดี ส่วนโปรแกรม AIMSUN CORSIM และ VISSIM มีความเหมาะสมในการจำลองสภาพการจราจรที่ติดขัดบนถนนสายหลักและทางด่วนได้ดี และโปรแกรม AIMSUN จะมีความเหมาะสมในการสร้างโครงข่ายในเมืองขนาดใหญ่

FDOT (2014) ได้ศึกษาและจัดทำคู่มือการใช้งานในการวิเคราะห์สภาพการจราจรด้วยโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ซึ่งได้มีการเปรียบเทียบโปรแกรมต่างๆ ซึ่ง พบว่าโปรแกรม VISSIM มีประสิทธิภาพในการใช้งานมากที่สุด ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 การเปรียบเทียบการใช้งานของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจร

ประสิทธิภาพการใช้งาน	โปรแกรมจำลองสภาพการจราจร				
	HCM/ HCS	SIDRA	Synchro/ SimTraffic	CORSIM	VISSIM
การทำงานและลักษณะการควบคุมจราจร (Traffic Operations and Control Characteristics)					
ความเร็ว (Speed)	√	√	√	√	√
การจำกัดความเร็ว (Speed Limit)	√	√	√	√	√
การกำหนดพฤติกรรมการขับขี่ (Driver Behavior)	-	-	-	√	√
การจอดรถ (Parking)	√	√	√	-	√
ป้ายจราจร (Signs)	-	√	-	√	√
สัญญาณไฟจราจร (Signals)	√	-	√	√	√
ระบบตรวจจับ (Detectors)	√	√	√	√	√
การควบคุมการจราจรบริเวณทางแยก (Intersection control)	√	√	√	√	√
การกำหนดทิศทางจราจร (Right/left turn treatment)	√	√	√	√	√
การข้ามทางรถไฟ (Railroad Crossing)	-	-	√	-	√
การจำกัดช่องจราจร (Lane Restriction)	-	-	-	√	√
สิ่งอำนวยความสะดวก (Toll Facility)	-	-	-	√	√
การควบคุมทางเข้าและออกทางด่วน (Ramp Metering)	-	-	-	√	√

ที่มา: FDOT (2014)

ตารางที่ 2-6 การเปรียบเทียบการใช้งานของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจร (ต่อ)

ประสิทธิภาพการใช้งาน	โปรแกรมจำลองสภาพการจราจร				
	HCM/ HCS	SIDRA	Synchro/ SimTraffic	CORSIM	VISSIM
ลักษณะการจราจร (Traffic Characteristics)					
ความต้องการเดินทาง (Demand)	√	√	√	√	√
ความยาวแถวคอย (Queue)	-	√	√	√	√
ความจุ (Capacity/Saturation Flow)	-	-	√	√	√
คนเดินเท้า (Pedestrian Counts)	√	√	√	-	√
รถจักรยาน (Bicycle counts)	√	√	-	-	√
การขนส่งสาธารณะ (Bus & Transit)	√	-	√	-	√
การครอบครองยานพาหนะ (Occupancy)	-	-	-	√	√
การกำหนดการเดินทางบนเส้นทางหลัก (Major traffic generators)	-	-	-	√	√
ลักษณะและประเภทของถนน (Roadway Characteristics)					
การจำแนกประเภทถนน (Road Classification)	√	√	√	√	√
ภาพตัดขวางของถนน (Cross Section)	√	√	√	√	√
ลักษณะทางกายภาพ (Geometry)	√	√	√	√	√
สภาพข้างทาง (Roadside)	√	-	-	√	√
การควบคุมเข้าถึงพื้นที่ (Access Control)	√	-	-	√	√
การควบคุมความหนาแน่น (Access Density)	√	-	-	√	√
การจอดรถข้างทาง (Parking)	-	√	√	-	√
สภาพภูมิอากาศ (Aerial images)	√	-	√	√	√

ที่มา: FDOT (2014)

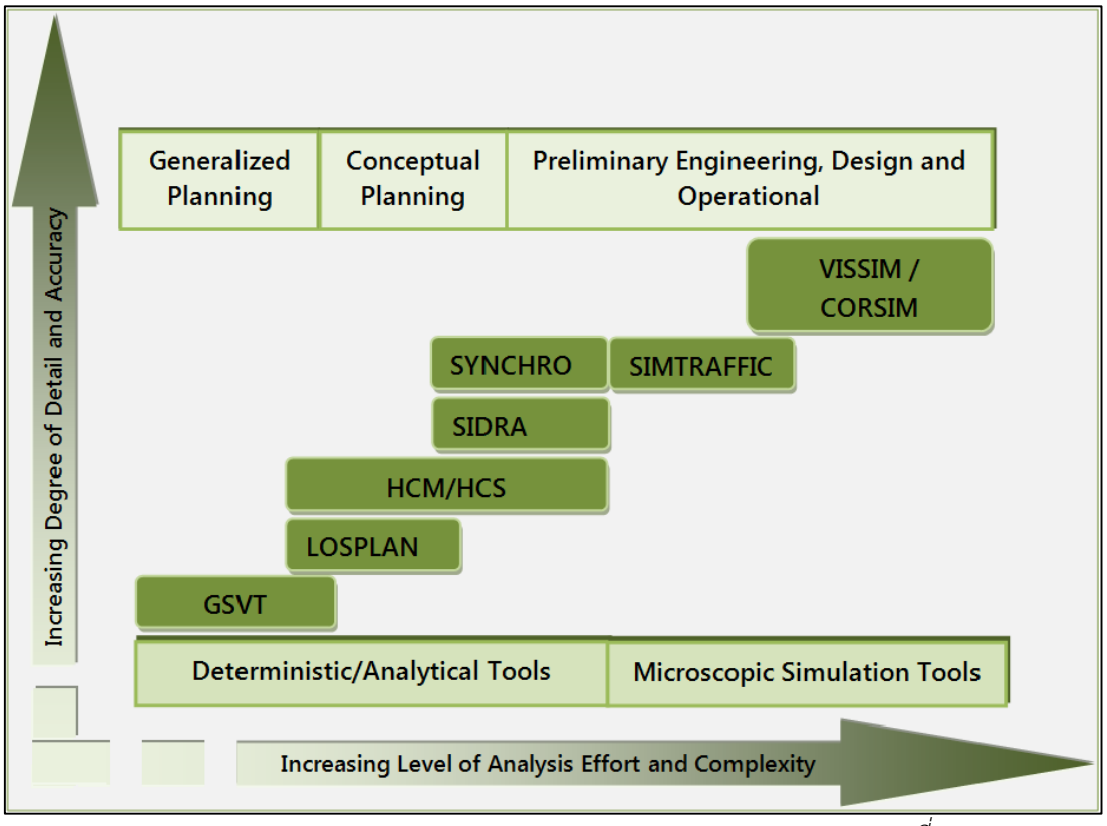
นอกจากนี้ FDOT (2014) ได้สรุปการเลือกใช้งานในการวิเคราะห์ของโปรแกรมต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยโปรแกรม Florida's GSVT, Cube, LOSPLAN, Highway Capacity Manual (HCM)/Highway Capacity Software (HCS), SIDRA INTERSECTION, Synchro/SimTraffic, CORSIM และ VISSIM โดยมีรายละเอียดของการทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-7 การเลือกใช้งานของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

ประเภทในการวิเคราะห์	รายละเอียด	การวิเคราะห์	โปรแกรมที่เหมาะสม
การร่างและวางแผนงาน	การวิเคราะห์องค์ประกอบการทำงานพื้นฐานทั่วไป โดยประเมินจากประสิทธิภาพการควบคุมและการจัดการจราจรที่จำกัด	การวางแผนทั่วไป	GSVT, LOSPLAN, HCM/HCS
การกำหนดมาตรการหรือกลยุทธ์	เป็นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพและข้อจำกัดของความจุถนน และการวิเคราะห์ทางด้านลักษณะทางกายภาพ เช่น การควบคุมการจราจรและการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น	การกำหนดกรอบวางแผนและการออกแบบทางวิศวกรรมเบื้องต้น	LOSPLAN, HCM/HCS, Synchro, SIDRA
การจำลองความต้องการในการเดินทาง	การวิเคราะห์รูปแบบความต้องการในการเดินทาง เป็นการศึกษาผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินและการกำหนดแผนระยะยาว ซึ่งผลที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การจำลองระดับจุลภาคได้	การกำหนดกรอบในการวางแผนงาน	Cube Voyager
การจำลองระดับจุลภาค	ประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ผล จะได้มาจากรายละเอียดของผู้ใช้งานแต่ละคน เช่น ลักษณะทางกายภาพ และรายละเอียดการดำเนินงาน เป็นต้น	การออกแบบและการจัดการทางวิศวกรรมเบื้องต้น	CORSIM, SimTraffic, VISSIM

ที่มา : FDOT (2014)

ดังนั้น ในการวิเคราะห์สภาพการจราจร กระบวนการในการพัฒนาหรือการกำหนดเครื่องมือ ถือเป็นขั้นตอนสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากการวิเคราะห์สภาพการจราจรจะต้องมีความเหมาะสมและตรงกับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ดังนั้น ผู้ใช้งานควรตระหนักถึงความเหมาะสมและข้อจำกัดของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมดก่อนการนำไปใช้งานจริง ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์การวางแผนทั่วไป ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีความละเอียดมาก เช่น โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้งานควรพิจารณาการเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน โดย FDOT (2014) ได้สร้างกราฟในการเลือกใช้เครื่องมือการวิเคราะห์สภาพการจราจร เพื่อให้เกิดความเข้าใจและเลือกใช้เครื่องมือได้ง่ายและมีความเหมาะสมมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2-2



ที่มา: FDOT (2014)

รูปที่ 2-2 การเลือกใช้เครื่องมือที่มีความเหมาะสมกับการใช้งาน

นอกจากนี้ งานวิจัยของ University of leeds (2000) โดยอ้างอิงข้อมูลจาก วิจิตรา วัชสังค์ (2548) ซึ่งได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรของโปรแกรมต่างๆ จากประสบการณ์การใช้งานจริง โดยคำนึงถึงความสามารถและวัตถุประสงค์ในการใช้งาน เพื่อเสนอเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้โปรแกรมให้มีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์และพื้นที่ใช้งานมากยิ่งขึ้น ผลจากการศึกษา พบว่า ความสามารถในแต่ละโปรแกรมมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกัน และยังพบว่า มีเพียงโปรแกรม VISSIM เท่านั้นที่สามารถจำลองยานพาหนะประเภทรถจักรยานและรถจักรยานยนต์ได้ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2-8 และตารางที่ 2-9 ตามลำดับ

ตารางที่ 2-8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศกับการขนส่ง

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

ที่มา: วิจิตรา วัชสังค์ (2548)

ตารางที่ 2-9 การเปรียบเทียบความสามารถในการจำลองวัตถุและปรากฏการณ์

ระดับของวัตถุและปรากฏการณ์ที่ถูกจำลองขึ้น (Index of Object and Phenomena)	CORSIM	NETSIM	PARAMICS	VISSIM
สภาวะอากาศ (Weather Condition)	-	-	√	-
การค้นหาพื้นที่จอดรถ (Search for a Parking Space)	√	√	√	-
ยานพาหนะในที่จอดรถ (Parked Vehicles)	√	√	-	√
ยานพาหนะที่ใช้ในกิจการ ธุรกิจต่างๆ (Commercial Vehicles)	√	√	√	√
รถจักรยานและรถจักรยานยนต์ (Bicycles/Motorbikes)	-	-	-	√
คนเดินเท้า (Pedestrians)	√	√	-	√
อุบัติการณ์ (Incidents)	√	√	√	√
การขนส่งสาธารณะ (Public Transports)	√	√	√	√
การยับยั้งการจราจร (Traffic Calming Measures)	-	-	√	√
การสะสมของแถวคอย (Queue Spill Back)	√	√	√	√
การตัดกันของกระแสจราจร (Weaving)	√	√	√	√
วงเวียน (Roundabouts)	√	-	√	√

ที่มา: วิจิตรา วัชสังค์ (2548)

2.2.4 การคัดเลือกโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคสำหรับงานวิจัย

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ และจากการเปรียบเทียบคุณสมบัติและประสิทธิภาพในการทำงานของโปรแกรมที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันนี้ สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 2-10 ซึ่งพบว่า โปรแกรม VISSM มีความเหมาะสมในการจำลองสภาพการจราจรที่ติดขัดได้ดี สามารถจำลองการเดินทางจากตารางการเดินทางต้นทาง-ปลายทางได้ สามารถกำหนดพฤติกรรมการขับขี่ของรถจักรยานและรถจักรยานยนต์ได้ รวมทั้งสามารถสร้างแบบจำลองทางเลือกในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความหลากหลาย รวมทั้งสามารถแสดงผลในรูปสองมิติและสามมิติได้อีกด้วย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงคัดเลือกโปรแกรม VISSIM เป็นเครื่องมือในการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคสำหรับงานวิจัยนี้ โดยข้อมูลของโปรแกรม VISSIM ในเบื้องต้น มีดังนี้

ตารางที่ 2-10 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

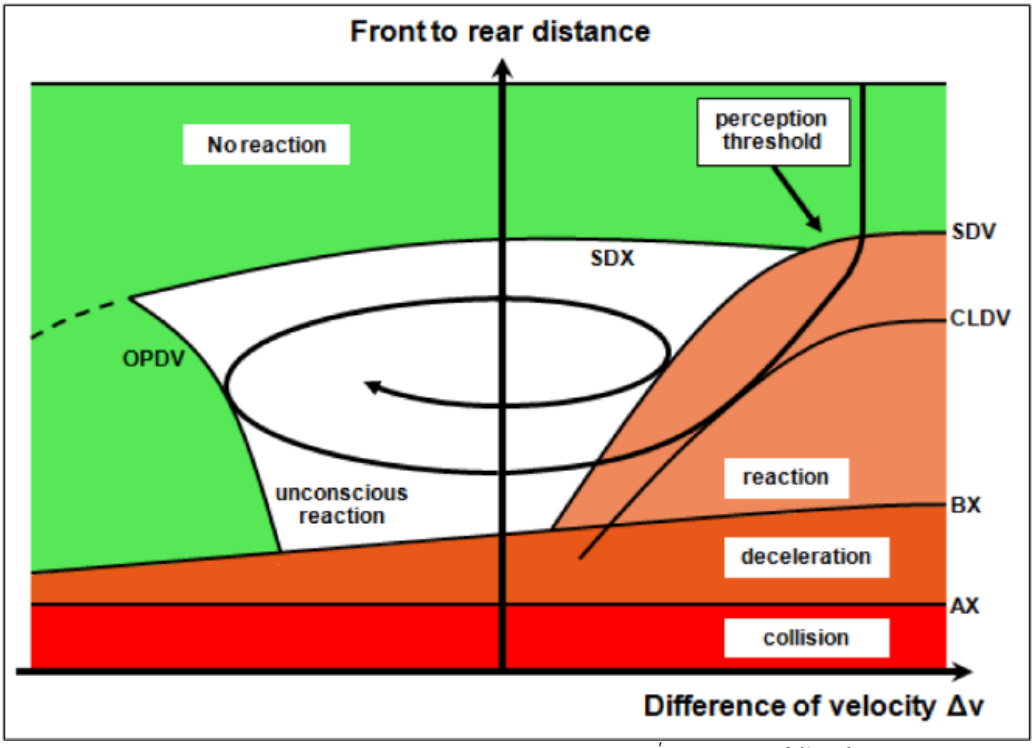
ประสิทธิภาพในการจำลองสภาพการจราจร	โปรแกรมจำลองระดับจุลภาค					
	AIMSUN	CORSIM	FRESIM	NETSIM	PARAMICS	VISSIM
ประสิทธิภาพในการจำลองทั่วไป						
เครื่องมือตรวจจับยวดยาน	√	-	√	√	√	√
วงเวียน	-	√	-	-	√	√
การปรับขอบทาง	-	√	-	-	√	√
การควบคุมการเข้าถึงพื้นที่	-	√	√	-	√	√
ระบบขนส่งสาธารณะ	√	√	√	√	√	√
สัญญาณไฟจราจรแบบคงที่	√	√	√	√	√	√
การแสดงผลสามมิติ	√	-	-	-	√	√
ประสิทธิภาพในการจำลองสิ่งอำนวยความสะดวกและสถานการณ์ต่างๆ						
สัญญาณไฟจราจรแบบเชื่อมโยง	√	√	-	√	√	√
สัญญาณไฟจราจรแบบปรับตามปริมาณการจราจรได้	√	-	-	-	√	√
การจัดลำดับสิทธิพิเศษแก่ระบบขนส่งสาธารณะ	√	√	-	√	√	√
การกำหนดเส้นทางของระบบขนส่งสาธารณะ	√	√	-	√	√	√
ช่องจราจรเฉพาะสำหรับระบบขนส่งสาธารณะ	√	-	-	√	√	√
การยับยั้งการจราจร	-	-	-	-	√	√
การควบคุมการเข้าออกทางด่วน	√	√	√	-	√	√
รถจักรยานยนต์	-	-	-	-	-	√
คนเดินเท้า	-	√	-	√	√	√
ที่จอดรถ	-	-	-	-	√	√

1) ลักษณะทั่วไปของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจร VISSIM

PTV (2014) คำว่า 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 จากนั้นทำการคำนวณและส่งผลลัพธ์ที่ได้กลับไปยังแบบจำลองสภาพการจราจรอีกครั้ง เพื่อใช้ในการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบต่อเนื่องของสภาพการจราจร และวิเคราะห์ผลจากการจำลอง เช่น ความยาวแถวคอยหรือเวลาในการเดินทาง เป็นต้น

2) การจำลองพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับขี่ในโปรแกรม VISSIM

โดยปกติโปรแกรม VISSIM ใช้รูปแบบการรับรู้ทางจิตเพื่อเลียนแบบพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับขี่ (Psycho-physical Perception Model) ซึ่งพัฒนาขึ้นในปีค.ศ. 1974 โดย Rainer Wiedemann แบบจำลองนี้อาศัยแนวคิดพื้นฐานคือ การรับรู้ของพฤติกรรมการขับขี่ของแต่ละบุคคลในแต่ละสถานการณ์ โดยพฤติกรรมการขับขี่จะเริ่มชะลอความเร็วลง เมื่อรับรู้ระยะห่างจากการขับขี่ยานพาหนะที่แล่นอยู่ข้างหน้าให้เข้าสู่สภาวะใดสภาวะหนึ่ง ประกอบด้วย 1) การขับขี่อิสระ เมื่อรับรู้ว่ามีระยะห่างที่ปลอดภัยและมากพอ 2) การลดความเร็ว เมื่อรับรู้ว่าระยะห่างจากยานพาหนะข้างหน้าเริ่มลดลงเรื่อยๆ จนเข้าสู่ระยะห่างที่มีความปลอดภัย 3) การขับขี่ตามกัน เมื่อรับรู้ถึงระยะห่างจากยานพาหนะที่อยู่ข้างหน้าเท่ากับระยะห่างที่ปลอดภัย ซึ่งจะมีการรักษาระยะห่างนั้นไว้ และ 4) การหยุดรถ เมื่อรับรู้ว่าระยะห่างลดลงอย่างรวดเร็วจนเข้าใกล้ระยะห่างที่ปลอดภัย ดังแสดงในรูปที่ 2-3



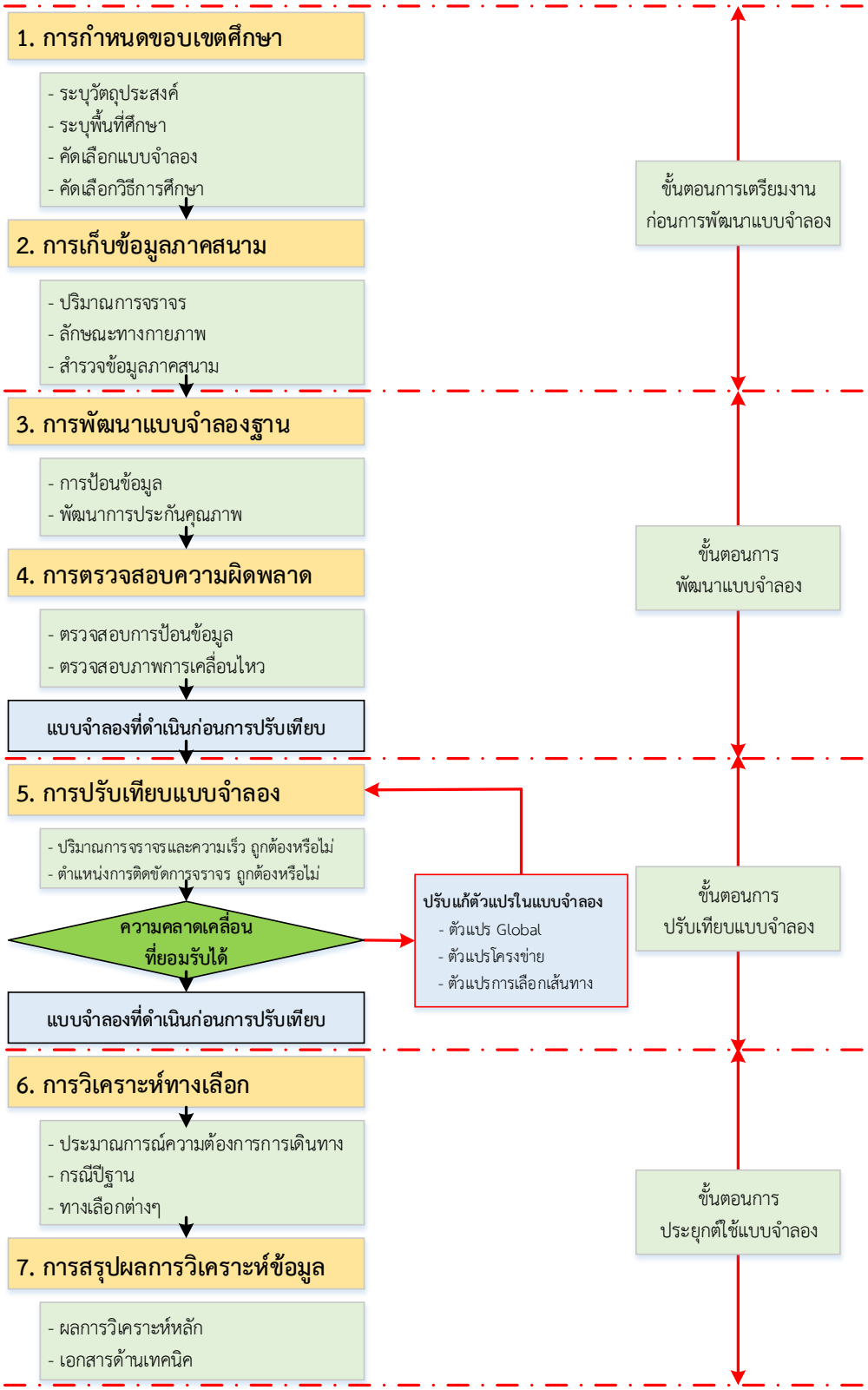
ที่มา: คู่มือการใช้งานโปรแกรม VISSIM 7.00

รูปที่ 2-3 ตรรกะลักษณะพฤติกรรมการขับขี่ของโปรแกรม VISSIM

นอกจากนี้ โปรแกรม VISSIM ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นโปรแกรมที่ได้จากการจัดซื้อเพื่อใช้ในการศึกษาและวิจัย และมีลิขสิทธิ์การใช้งานของสาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา (วิศวกรรมขนส่ง) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยโปรแกรม VISSIM ถือว่าเป็นรุ่นล่าสุดที่มีฟังก์ชั่นในการทำงานครบถ้วนและครอบคลุมในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคอย่างดียิ่ง

2.2.5 ขั้นตอนการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

จากการทบทวนโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคดังกล่าวข้างต้น ทำให้ทราบว่า โปรแกรม VISSIM มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกของงานวิจัยนี้ โดยขั้นตอนในการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจร Dowling (2004) ได้กล่าวว่า การพัฒนาและการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค สามารถแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอนหลัก ดังแสดงในรูปที่ 2-4 โดยมีรายละเอียดในแต่ขั้นตอนดังต่อไปนี้



ที่มา: ดัดแปลงจาก FHWA (2004)

รูปที่ 2-4 ขั้นตอนในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

1) กำหนดขอบเขตการศึกษา (Project Scope)

การกำหนดขอบเขตการศึกษา เป็นขั้นตอนแรกที่ต้องมีการกำหนดขอบเขตที่ชัดเจน เพื่อประเมินความพร้อม ความสามารถของแบบจำลองก่อนการสร้างแบบจำลอง เช่น การกำหนดวิธีการที่ต้องใช้ ระยะเวลา เครื่องมือ รวมไปถึงการทบทวนและรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

2) การสำรวจและรวบรวมข้อมูลภาคสนาม (Data Collection)

การสำรวจและรวบรวมข้อมูล เป็นการเตรียมข้อมูล และเตรียมความพร้อมสำหรับการพัฒนาและวิเคราะห์แบบจำลอง ประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ ดังนี้ 1) ลักษณะทางกายภาพบริเวณขอบเขตที่ศึกษา เช่น ความกว้าง จำนวนช่องจราจร เป็นต้น 2) การควบคุมการจราจรบริเวณขอบเขตที่ศึกษา เช่น ระบบสัญญาณไฟจราจร ทิศทางกระแสจราจร หรือจำนวนรอบของสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น 3) ปริมาณการจราจร เช่น ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก ความเร็ว เป็นต้น 4) ข้อมูลสำหรับการปรับเทียบแบบจำลอง เช่น ความยาวของแถวคอย ความล่าช้า และระยะเวลาในการเดินทาง เป็นต้น

3) การพัฒนาแบบจำลองฐาน (Base Model Development)

การพัฒนาแบบจำลองฐาน เป็นขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เพื่อให้มีความถูกต้องและมีความใกล้เคียงกับข้อมูลในภาคสนามมากที่สุด โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ข้อมูลฐานของแบบจำลอง และ 2) ข้อมูลการควบคุมจราจร เรียกว่า โครงข่ายพื้นฐาน หลังจากนั้น เพิ่มข้อมูลความต้องการและพฤติกรรมในการเดินทางบนโครงข่าย

4) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Error Checking)

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เพื่อหาความคลาดเคลื่อนและความผิดพลาดที่เกิดขึ้น จากการนำเข้าข้อมูลต่างๆ เข้าสู่แบบจำลอง

5) การปรับเทียบแบบจำลองกับข้อมูลภาคสนาม (Compare Model MOEs to Field Data)

การปรับเทียบแบบจำลองกับข้อมูลภาคสนาม เป็นขั้นตอนในการปรับเทียบแบบจำลอง โดยผู้วิจัยพิจารณาเลือกตัวแปรจากแบบจำลองในการปรับเทียบซ้ำๆ เพื่อให้ได้ค่าของตัวแปรที่มีความใกล้เคียงกับข้อมูลภาคสนามมากที่สุด ซึ่งในขั้นตอนนี้อาจใช้ระยะเวลานานมากในการทำการปรับเทียบ โดยรายละเอียดในการปรับเทียบแบบจำลองและการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง ได้นำเสนอไว้ในหัวข้อที่ 2.2.6 ซึ่งในหัวข้อดังกล่าว ได้กล่าวถึงหลักเกณฑ์และวิธีการปรับเทียบแบบจำลอง

6) การวิเคราะห์ทางเลือก (Alternatives Analysis)

การวิเคราะห์ทางเลือก เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจร โดยทำการวิเคราะห์หลายๆ ทางเลือก ในการวิเคราะห์ของแบบจำลองของทุกทางเลือกจะต้องใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน และใช้ค่าตัวแปรเดียวกันจากขั้นตอนของการปรับเทียบแบบจำลอง โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการจราจร และประเมินหาทางเลือกที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

7) การสรุปผลการวิเคราะห์ (Analysis Report)

การสรุปผลการวิเคราะห์ เป็นขั้นตอนสุดท้ายสำหรับการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจร โดยผู้วิจัยต้องจัดทำรายงานเพื่อสรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์ อาทิเช่น การปรับเทียบแบบจำลอง ผลการวิเคราะห์ทางเลือกต่างๆ เป็นต้น รวมทั้งการนำเสนอผลการศึกษาในรูปแบบอื่นเพื่อเสนอแก่ผู้ที่สนใจสำหรับการประเมินโครงการต่างๆ

2.2.6 ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ในการปรับเทียบและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

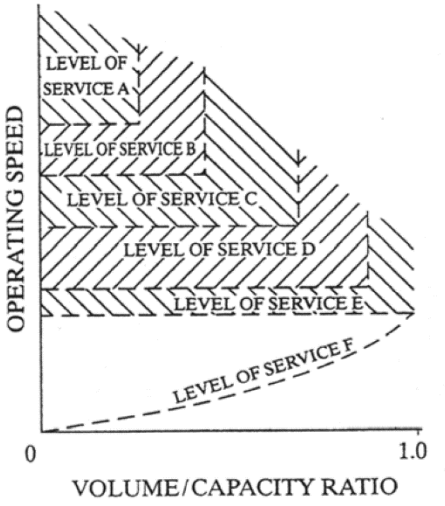
ก่อนการนำแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคไปประยุกต์ใช้นั้น ต้องทำการปรับเทียบแบบจำลองและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความใกล้เคียงกับข้อมูลภาคสนามมากที่สุด ดังนั้น ในหัวข้อนี้เป็นการนำเสนอทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการปรับเทียบ การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง และขั้นตอนการประยุกต์ใช้แบบจำลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ระดับการให้บริการ

Highway Capacity Manual หรือ HCM (1965) ได้เสนอแนวคิดในการประเมินสภาพการจราจรและประสิทธิภาพของถนนด้วยระดับการให้บริการ (Level of service, LOS) โดยที่ลักษณะของแผนภาพในการประเมินสภาพการจราจรนั้นจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและปริมาณการจราจร โดยการนำค่าสัดส่วนระหว่างปริมาณการจราจรหารด้วยความสามารถรองรับปริมาณการจราจร (V/C ratio) ซึ่งพื้นที่ภายในเส้นกราฟสามารถแบ่งออกเป็น 6 พื้นที่ย่อย แทนขอบเขตของระดับการให้บริการจาก A ถึง F ดังแสดงในรูปที่ 2-5 และรูปที่ 2-6 ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1) ระดับการให้บริการ A

เป็นระดับการให้บริการที่ยานพาหนะสามารถเคลื่อนที่ได้โดยอิสระ ด้วยความเร็วอิสระ โดยที่ผู้ขับขี่ยานพาหนะสามารถเลือกใช้ความเร็วในการสัญจรได้โดยอิสระ ซึ่งเป็นระดับการให้บริการที่ทำให้เกิดความสบายในการขับขี่มากที่สุด อุบัติเหตุและสภาพถนนที่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่จะไม่ส่งผลกระทบมากนักที่ระดับการให้บริการนี้



ที่มา: สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ (2551)

รูปที่ 2-5 แผนภาพจำแนกระดับการให้บริการ

1.2) ระดับการให้บริการ B

เป็นระดับการให้บริการที่ยานพาหนะสามารถเคลื่อนที่ได้โดยอิสระ และยังสามารถเลือกใช้ความเร็วในการสัญจรได้โดยอิสระ แต่การเปลี่ยนช่องจราจรอาจถูกจำกัดบ้างเล็กน้อย โดยรวมแล้วยังคงเป็นระดับการให้บริการที่ทำให้เกิดความสบายในการขับขี่ เช่นเดียวกับระดับการให้บริการ A อุบัติเหตุและสภาพถนนที่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่จะไม่ส่งกระทบต่อสภาพการจราจรมากนักที่ระดับการให้บริการนี้

1.3) ระดับการให้บริการ C

เป็นระดับการให้บริการที่สามารถใช้ความเร็วในการสัญจรได้ใกล้เคียงความเร็วอิสระ แต่ความมีอิสระในการสัญจรจะถูกจำกัดมากขึ้น โดยที่ผู้ขับขี่ต้องให้ความระมัดระวังในขณะที่มีการเปลี่ยนช่องจราจรมากขึ้น อุบัติเหตุบนท้องถนนยังไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพการจราจรมากนัก แต่สภาพถนนที่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่อาจเริ่มส่งผลกระทบมากขึ้น และอาจทำให้เกิดแถวคอยหรือรถติดได้ในตำแหน่งที่สภาพถนนเป็นอุปสรรคต่อการสัญจรอย่างมีนัยสำคัญ

1.4) ระดับการให้บริการ D

เป็นระดับการให้บริการที่ความเร็วในการสัญจรเริ่มลดลงเล็กน้อย ขณะที่ปริมาณการจราจรและความหนาแน่นเริ่มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ความมีอิสระในการสัญจรในกระแสจราจรถูกจำกัดมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ทำให้ความสบายในการขับขี่ลดลงและเกิดความเครียดในการขับขี่เพิ่มขึ้น อุบัติเหตุเพียงเล็กน้อยก็ทำให้เกิดการจราจรติดขัดขึ้นได้ที่ระดับการให้บริการนี้ทันที เพราะมีพื้นที่ในการสัญจรและใช้ในการหลบหลีกลดลง

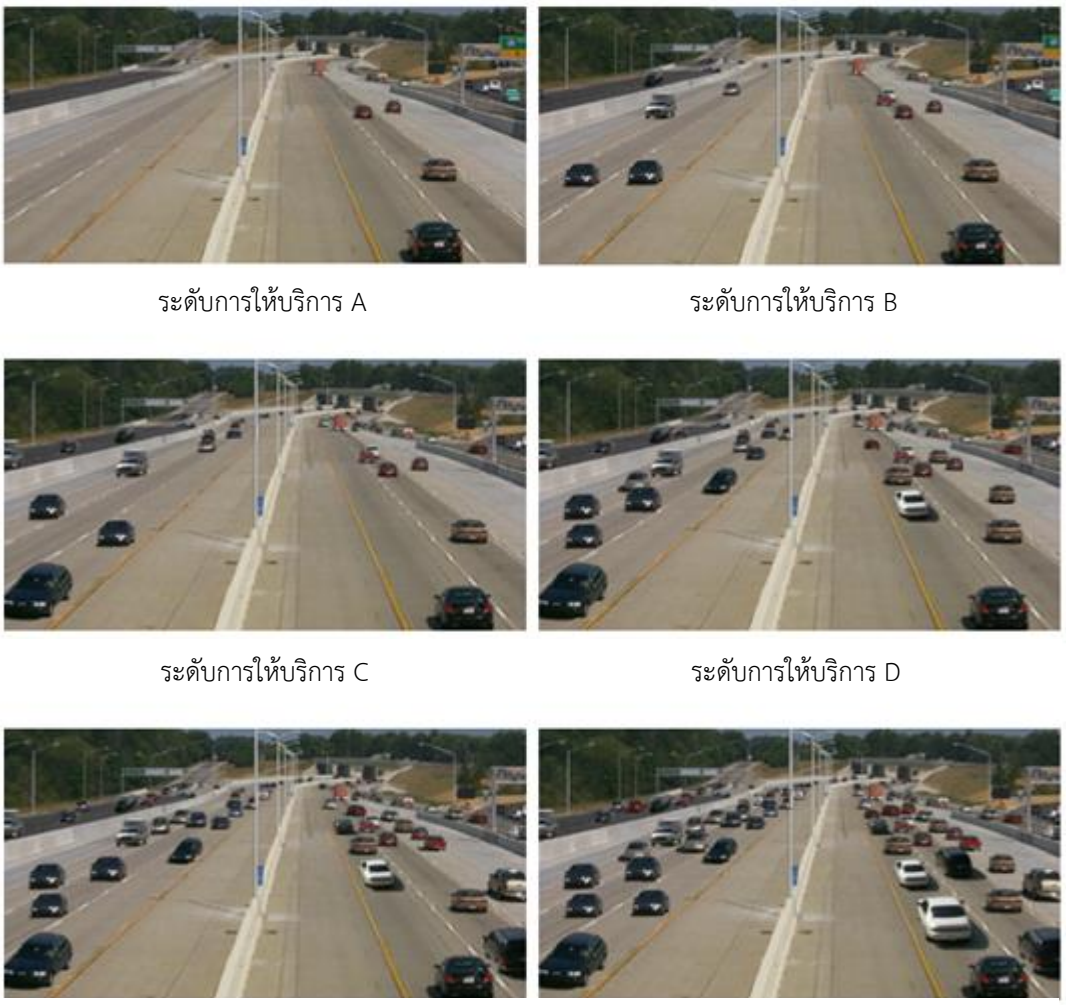
1.5) ระดับการให้บริการ E

เป็นระดับการให้บริการที่ระดับสูงสุดที่ถนนจะสามารถรองรับปริมาณการจราจรได้ การสัญจรเป็นได้ด้วยความยากลำบาก โดยเฉพาะการขัดกระแสจราจรเพียงเล็กน้อยไม่ว่าจะเป็น การเปลี่ยนช่องจราจร หรือการที่รถวิ่งออกจากทางเชื่อมเข้ามาในกระแสจราจรหลักสามารถทำให้เกิดกระแสการจราจรติดขัดย้อนกลับไปยังกระแสจราจรต้นทางได้ ที่ระดับการจราจรสูงสุดนี้ หากเกิดอุบัติเหตุเกิดขึ้นแม้เพียงเล็กน้อย ก็สามารถทำให้เกิดการจราจรติดขัดอย่างรุนแรงได้ เนื่องจากมีพื้นที่ไม่เพียงพอสำหรับระบายการจราจร และเป็นสภาพการจราจรที่ส่งผลให้เกิดความอึดอัดและความเครียดต่อผู้ขับขี่เป็นอย่างมาก

1.6) ระดับการให้บริการ F

เป็นระดับการให้บริการที่เกิดจากสภาพการจราจรติดขัดอย่างมากของกระแสจราจร โดยทั่วไปจะสังเกตได้จากแถวคอยที่เกิดขึ้นด้านหลังจุดที่เกิดการติดขัด การติดขัดของกระแสจราจรเกิดจากสาเหตุหลัก ดังนี้

- อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นชั่วขณะ ส่งผลให้ถนนช่วงที่เกิดอุบัติเหตุนั้นมีความสามารถในการรองรับปริมาณการจราจรลดลง นั่นคือจำนวนรถยนต์ที่วิ่งเข้ามามากกว่าจำนวนรถยนต์ที่ถูกระบายออกไปจากจุดดังกล่าว
- มีปริมาณการจราจรวิ่งเข้าสู่ตำแหน่งที่เกิดการขัดแย้งกันของกระแสจราจรอาทิ ตำแหน่งที่กระแสจราจรรวมเข้าด้วยกัน (Merging) ตัดกัน (Weaving) หรือตำแหน่งที่จำนวนช่องจราจรลดลงมากกว่าปริมาณการจราจรที่วิ่งออกจากตำแหน่งนั้น
- การคาดการณ์ปริมาณการจราจรที่ผิดพลาด ทำให้ปริมาณการจราจรสูงสุดในชั่วโมงนั้นสูงเกินกว่าความสามารถรองรับปริมาณการจราจรของถนน



ระดับการให้บริการ A ระดับการให้บริการ B

ระดับการให้บริการ C ระดับการให้บริการ D

ระดับการให้บริการ E ระดับการให้บริการ F

ที่มา: สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ (2551)

รูปที่ 2-6 สภาพการจราจรที่ระดับการให้บริการ

2) ระดับการให้บริการของช่วงถนนในเขตเมือง

Transportation Research Board หรือ TRB (2000) ได้กล่าวว่า ถนนในเขตเมืองประกอบด้วยถนนสายหลักและถนนสายรอง โดยประเภทของถนนหรือลำดับของถนนขึ้นอยู่กับหน่วยงานที่รับผิดชอบ เช่น ถนนทางหลวง ถนนท้องถิ่น เป็นต้น และขึ้นอยู่กับการใช้งาน การควบคุมจราจร ลักษณะการจราจร และการพัฒนาการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งการประเมินระดับการให้บริการของช่วงถนนในเขตเมือง นิยมใช้ตัวแปรที่สำคัญ คือ ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง โดยขึ้นอยู่กับความเร็วและลำดับชั้นของถนน ดังแสดงในตารางที่ 2-11 ในกรณีที่มีปริมาณการจราจรเกินค่าความจุของช่วงถนนความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางจะไม่มีความเหมาะสม หลักเกณฑ์ในการประเมินระดับการให้บริการบนช่วงถนนในเขตเมือง ดังแสดงในตารางที่ 2-12

ตารางที่ 2-11 ลำดับชั้นของถนน

ประเภทของถนน	หน้าที่การใช้งาน	
	ถนนสายประธานหลัก	ถนนสายประธานหลัก
ความเร็วสูง	I	N/A
ชานเมือง	II	II
กึ่งในเมือง	II	III หรือ IV
ในเมือง	III หรือ IV	IV

ที่มา: TRB (2000)

ตารางที่ 2-12 เกณฑ์การประเมินระดับการให้บริการของช่วงถนนในเมืองแบ่งตามลำดับชั้นของถนน

ประเภทของถนนในเมือง	**I**	**II**	**III**	**IV**
ความเร็วการไหลอิสระ (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	90 – 70	70 – 55	55 – 50	55 – 40
ระดับการให้บริการ	**ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง (กิโลเมตร/ชั่วโมง)**			
A	>72	>59	>50	>41
B	>56-72	>46-59	>39-50	>32-41
C	>40-56	>33-46	>28-39	>23-32
D	>32-40	>26-33	>22-28	>18-23
E	>26-32	>21-26	>17-22	>14-18
F	>26	>21	>17	<14

ที่มา: TRB (2000)

นอกจากนี้ การพิจารณาระดับการให้บริการของทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจรและไม่มีสัญญาณไฟจราจรในเขตเมือง ส่วนใหญ่จะใช้ความล่าช้าเป็นหลักเกณฑ์ ในบางครั้งจะต้องพิจารณาถึงค่าความจุบนช่วงถนนร่วมด้วย ซึ่ง Austroads (1998) อ้างใน Luk (2006) ได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณาระดับการให้บริการของช่วงถนนในเมือง ดังแสดงในตารางที่ 2-13

ตารางที่ 2-13 การประเมินระดับการให้บริการของถนนในเขตเมือง

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)

3) ระดับการให้บริการของทางแยกที่มีการควบคุมด้วยระบบสัญญาณไฟจราจร

TRB (2000) ได้กล่าวว่า การประเมินค่าระดับการให้บริการของทางแยกที่มีการควบคุมด้วยระบบสัญญาณไฟจราจร สามารถประเมินระดับการให้บริการได้โดยตรงจากค่าของความล่าช้าของยานพาหนะ โดยพิจารณาจากจำนวนยานพาหนะต่อช่องจราจร หรือแต่ละทิศทางที่เข้าสู่ทางแยก ซึ่งหลักเกณฑ์การประเมินระดับการให้บริการของทางแยกที่มีการควบคุมด้วยระบบสัญญาณไฟจราจร ดังแสดงในตารางที่ 2-14

ตารางที่ 2-14 การประเมินระดับการให้บริการของทางแยกที่ควบคุมด้วยระบบสัญญาณไฟจราจร

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

ที่มา: TRB (2000)

4) หลักเกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลอง

วัตถุประสงค์ของการปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค เพื่อต้องการให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการประยุกต์แบบจำลองมีความใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมากที่สุด ซึ่งสามารถสรุปหลักเกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลอง ได้ดังนี้

Oketch and Carrick (2005) การปรับเทียบและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองกับปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม ซึ่งค่าที่ได้จะต้องมีความคลาดเคลื่อนในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามหลักการทางสถิติของ GEH ซึ่งเป็นอักษรย่อจากชื่อ Geoffrey E. Havers ซึ่งเป็นผู้คิดค้นหลักการทางสถิติเมื่อในปีค.ศ. 1970 ในขณะทำงานและเป็นผู้วางแผนการขนส่งอยู่ในกรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ โดยค่าที่ยอมรับได้ต้องมีค่าที่น้อยกว่า 5 ถึงจะอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งโดยทั่วไปการปรับเทียบแบบจำลอง มักใช้ค่าปริมาณการจราจรบนช่วงถนนหรือปริมาณการจราจรที่ทางแยก ส่วนการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองนั้น มักใช้ค่าของเวลาในการเดินทางเฉลี่ย และความยาวแถวคอย โดยค่าที่ได้จะต้องมีค่าที่ใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการสำรวจในสนาม

Tindall (2007) อ้างอิงใน วุฒิไกร ไชยปัญหา (2553) การปรับเทียบแบบจำลองในการจัดการจราจร 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

นอกจากนี้ การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ของแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการสำรวจภาคสนามจริงมากที่สุด ซึ่งตัวแปรส่วนใหญ่ที่มักใช้เป็นตัวชี้วัดความถูกต้องของแบบจำลอง คือ ปริมาณการจราจร ความเร็ว ความยาวของแถวคอย ความล่าช้าและเวลาในการเดินทาง เป็นต้น โดยที่ Austroad, Caltrans, California PATH, Design manual for roads and bridges (DMRB) และ Wisconsin Department of Transportation (Wisconsin DOT) ได้เสนอหลักเกณฑ์เพื่อใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ดังแสดงในตารางที่ 2-15 ถึงตารางที่ 2-19 ตามลำดับ

ตารางที่ 2-15 เกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคโดย Austroads

Criteria and Measures (model values versus observed values)	**Acceptance targeted**	**Comments / source**
Condon flow (with more than 5 counts)	Accuracy = 3 %	RTA NSW
Screen line flow (with more than 5 counts)	Accuracy = 5 %	
All link flows on cordon / Screen line –		
Within 20% or 200 veh/h	95% of link flows	
Within 10% or 100 veh/h	90% of link flows	
Within 5% or 50 veh/h	80% of link flows	
Individual link flows		FHWA (2004)
Within 100 veh/h for flow < 700 veh/h	> 85% of cases	
Within 15% for 700 veh/h < flow < 2,700 veh/h	> 85% of cases	
Within 400 veh/h for flow < 2,700 veh/h	> 85% of cases	
Sum of all link flows	Accuracy = 5%	
GEH* statistics <5 for individual link flow	> 85% of cases	
GEH* statistics for sum of all link flow	< 4	
Travel times for selected routes		RTA NSW
Median time relative to observed	Within 10 %	
Root-mean-square values (based on 5 runs)	90 % of all routes	

ที่มา: Ryder (2001).

ตารางที่ 2-15 เกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคโดย Austroads (ต่อ)

Criteria and Measures (model values versus observed values)	Acceptance targeted	Comments / source
Model stability Total screen line variation between maximum and minimum values	Within 5 %	Five runs using different random number seeds are recommended.
Tabulation of minimum and maximum flows of each road link on each cordon and each screen line according to variations of 20% (or 200 veh/h), 10% (or 100 veh/h) and 5% (or 50 veh/h)	To modeler's satisfaction	
Congestion pattern Inspect the dispersal of queues, the distribution of lane demand, path allocation, etc.	To modeler's satisfaction	Lane distribution of traffic had significant effect on network delay

ที่มา: Ryder (2001).

ตารางที่ 2-16 เกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคโดย California PATH

Criteria and Measures	Calibration Acceptance Targets
Hourly flows, Model Versus Observed	
Individual Link Flows	
Within 15% for 700 veh/h < Flow < 2,700 veh/h	**> 85% of case**
Within 100 veh/h, for Flow < 700 veh/h	**> 85% of case**
Within 400 veh/h, for Flow < 2,700 veh/h	**> 85% of case**
Total Link Flows	
Within 5%	**All acceptance link**
GEH Statistic < 5 for Individual Link Flows	
GEH < 5	**> 85% of case**
GEH Statistic for Sum of All Link Flows	
GEH < 4	**All acceptance link**
Travel Times, Model Versus Observed	
Journey Times	
Within 15% (or within one minute, if higher)	**> 85% of case**

ตารางที่ 2-16 เกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคโดย California PATH (ต่อ)

Criteria and Measures	Calibration Acceptance Targets
Travel Speed, Model Versus Observed	
Average Travel Speed: Routes	
Within 5% (or one mile per hour, if higher)	**> 85% of case**
Individual link speed	
Visually acceptable speed-flow relationship	**To analysis satisfaction**
Speed Contour Network	
Bottleneck location	**All**
Bottleneck congestion duration	**All**
Within ±2 Analysis periods (often 15 min)	
Bottleneck congestion spillback	**All**
Within ±1 Analysis periods (often freeway between ramp)	
Signal Control System Performance, Model Versus Observed	
Travel time in Queue	
Within 90% confidence interval	**All approaches**
Delay time per vehicle	
Within 90% confidence interval	**All**
Maximum Queue length	
Within 90% confidence interval	**85% of case**
Percentage of Vehicles Stopped	
Within 90% confidence interval	**All**

ที่มา: Adapted from FREEWAY SYSTEM OPERATIONAL ASSESSMENT, Paramics Calibration & Validation Guideline, Wisconsin DOT. อ้างใน Zhang and Ma (2008)

ตารางที่ 2-17 เกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคโดย Caltrans

	Parameters	Description	Validation Criteria
1	Volume Served	Percent difference between input volume and the simulation model output or assigned volume	95 to 105 % of observed value
2	Average Travel Time	Standard deviation between floating car average travel times and simulated average travel time for a series of links	1 Standard Deviation
3	Average Travel Speed	Standard deviation between floating car average travel speed and simulated average travel time for a series of links	1 Standard Deviation
4	Freeway Density	Percent difference between observed freeway density (from volume counts and floating car travel speed) and simulated density	90 to 110 % of observed value
5	Average and Maximum Vehicle Queue Length	Percent difference between observed queue lengths and simulated queue lengths	80 to 120 % of observed value

ที่มา: California Department of Transportation (Caltrans), (2002)

ตารางที่ 2-18 เกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคโดย DMRB

Criteria and Measures	Acceptability Guideline
Assigned Hourly flows compared with observed flows	
1) Individual Flows within 15%, for flows 700 - 2700 veh/h	> 85% of cases
2) Individual Flows within 100 veh/h for flows < 700 veh/h	
3) Individual Flows within 400 veh/h for flows > 2700 veh/h	
4) Individual Flows within (normally > 5 links) to be within 5%	All (or nearly all) screen lines
5) GEH Statistics:	
Individual Flows : < 5	> 85% of cases
Screen line (+) totals : GEH < 4	All (or nearly all) screen lines
Modelled journey times compared with observed times	
6) Times within 15% (or 1 minute, if higher)	> 85% of routes

ที่มา: Design manual for road and bridges (DMRB), (1996)

ตารางที่ 2-19 เกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคโดย 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: Wisconsin DOT (2002)

จากหลักเกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองข้างต้น จะใช้ค่าทางสถิติ GEH เพื่อปรับเทียบปริมาณการจราจร และเวลาในการเดินทาง โดยค่าทางสถิติดังกล่าวชื่อว่า Geoffrey E. Havers หรือ GEH (อ้างอิงจาก Quadstone Paramics, 2007) ซึ่งเป็นผู้พัฒนาสมการค่าทางสถิติโดยเน้นการเปรียบเทียบค่าปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจพื้นที่จริงใน 1 ชั่วโมงเท่านั้น ซึ่งหลักเกณฑ์ในการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ดังแสดงในสมการที่ 2-1

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

โดยที่ Simulated คือ ค่าที่ได้จากแบบจำลอง

Observed คือ ค่าที่ได้จากการสำรวจจริง

1) ค่า GEH < 5.0 หมายถึง ผลจากการตรวจสอบข้อมูลปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองมีความสอดคล้องเป็นอย่างดีกับผลการสำรวจภาคสนาม

2) ค่า 5 < GEH < 10 หมายถึง ผลจากการตรวจสอบข้อมูลปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับผลการสำรวจภาคสนามดี แต่มีความจำเป็นต้องทำการตรวจสอบข้อมูลปริมาณการจราจรใหม่อีกครั้ง

3) ค่า 10 < GEH หมายถึง ผลจากการตรวจสอบข้อมูลปริมาณการจราจรที่ได้จากแบบจำลองนั้น ไม่มีความสอดคล้องกับผลการสำรวจจริงในภาคสนาม

5) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

วัตถุประสงค์ของการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐานที่ได้จากการปรับเทียบในขั้นตอนก่อนหน้านี้มีความใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมากที่สุด โดยวุฒิไกร ไชยปัญหา และคณะ (2553) ได้กล่าวว่า การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เพื่อตรวจสอบแบบจำลองว่ามีความถูกต้องและมีความสอดคล้องกับข้อมูลภาคสนามมากน้อยเพียงใด หลังจากนั้นจึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแบบจำลองทางเลือกอื่นๆ ได้ โดยส่วนใหญ่ตัวแปรที่มักใช้เป็นดัชนีตัวชี้วัดความถูกต้องของแบบจำลอง คือ ปริมาณการจราจร ความเร็ว ความยาวแถวคอย ความล่าช้า และเวลาในการเดินทาง เป็นต้น

2.3 การจำลองสภาพการจราจรเพื่อจัดการจราจรในต่างประเทศด้วยโปรแกรม VISSIM

Pitaksringkarn and Pitaksringkarn (2003) ได้เสนอกระบวนการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคที่ถูกพัฒนาด้วยโปรแกรม VISSIM เพื่อประเมินประสิทธิภาพของทางเลือกที่ถูกนำเสนอในโครงการปรับปรุงของทางแยกต่างระดับระหว่าง Interstate 5 กับ State Route 56 ในเมืองซานดิเอโก รัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา โดยสำรวจข้อมูลที่จำเป็นในการใช้พัฒนาแบบจำลอง เช่น ความเร็วของยานพาหนะบนช่วงถนน ความยาวของช่องรอเลี้ยว สัดส่วนของยานพาหนะของกระแสจราจร และความยาวแถวคอย เป็นต้น เพื่อนำไปสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรฐาน จากนั้นทำการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐาน โดยตัวแปรสำคัญที่ต้องมีการปรับแก้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มของตัวแปรที่ส่งผลต่อแบบจำลองโดยตรง (Global Parameters) เช่น ลักษณะของยานพาหนะ และเวลาห่างที่น้อยที่สุด เป็นต้น 2) กลุ่มตัวแปรที่ส่งผลต่อแบบจำลองบางส่วน (Local Parameters) เช่น ความเร็วรอบของสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น

Ahmed (2005) ได้ศึกษาเรื่องกระบวนการสอบเทียบและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค โดยการใช้โปรแกรม VISSIM ในประเทศซาอุดิอาระเบีย เพื่อวิเคราะห์หาตัวแปรที่จำเป็นให้ได้ค่าที่ถูกต้องและเหมาะสม โดยข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) ข้อมูลพื้นฐาน เช่น ลักษณะทางกายภาพ ปริมาณการจราจร ประเภทของยานพาหนะ การควบคุมการจราจร เป็นต้น 2) ข้อมูลในการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลอง เช่น เวลาในการเดินทางเฉลี่ย ความเร็วเฉลี่ย ความยาวแถวคอยเฉลี่ย เป็นต้น ซึ่งผลจากการศึกษาเพื่อหาค่าตัวแปร พบว่า ค่าตัวแปรที่ให้ผลการจำลองสภาพการจราจรที่ดีที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 2-20

ตารางที่ 2-20 ค่าตัวแปรที่ได้จากแบบจำลองที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุดจากการศึกษาของ Ahmed

ชนิดตัวแปร	ค่าตัวแปร	
	ค่าปกติ	ค่าที่ได้จากแบบจำลอง
No. of Observed Vehicles	2	4
Additive Part of Desired Safety Distance	2	2.25
Multi. Part of Desired Safety Distance	3	3.25
Amber Signal Decision Model	Continuous Check	Continuous Check
Lane Change Distance (m)	200	300

ที่มา: Ahmed (2005)

Chen and Yu (2007) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคจากการปล่อยมลพิษทางอากาศ ภายใต้เงื่อนไข การประเมินผลมาตรการควบคุมการจราจร ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาแสดงถึงคุณภาพของการปล่อยมลพิษของยานพาหนะที่ได้รับผลกระทบจากความเร็วและอัตราเร่งจากยานพาหนะ เพื่อหามาตรการที่มีประสิทธิภาพสำหรับการควบคุมการปล่อยมลพิษทางอากาศ ซึ่งถือเป็นสิ่งที่สำคัญในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคสำหรับใช้ประเมินการปล่อยมลพิษของยานพาหนะ ที่สามารถแสดงพฤติกรรมของยานพาหนะได้ชัดเจน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคแบบบูรณาการการจราจรจากการปล่อยก๊าซมลพิษ โดยใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคด้วยโปรแกรม VISSIM ซึ่งเป็นการการปล่อยก๊าซในรูปแบบของ Comprehensive Modal Emission Model (CMEM) โดยใช้ย่าน Haidian ของกรุงปักกิ่ง เป็นกรณีศึกษา ในการจำลองสภาพการจราจรได้มุ่งเน้นในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยก๊าซมลพิษกับอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และความเร็วกับอัตราเร่ง หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์และคำนวณการปล่อยก๊าซมลพิษจากประเภทยานพาหนะในพื้นที่ศึกษา เพื่อประเมินผลกระทบการควบคุมการจราจรทางเลือกและมาตรการที่ได้จากการจัดการจราจร

Matsumoto *et al*. (2014) ได้ศึกษาเรื่องประสิทธิภาพการใช้ช่องจราจรร่วมกันระหว่างรถโดยสารประจำทางกับรถจักรยานยนต์ ซึ่งประเทศญี่ปุ่นได้มีกฎจราจรในการขับขี่อยู่ 2 ข้อ สำหรับการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนที่ใช้ยานพาหนะในช่องจราจรเดียวกัน โดยที่กฎข้อแรก คือ กฎโตเกียว ระบุไว้ว่า รถจักรยานยนต์ไม่สามารถขับขี่ในช่องจราจรสำหรับรถประจำทาง (bus exclusive lane) กฎข้อที่สอง คือ กฎของคานาวะ ระบุไว้ว่า อนุญาตให้รถจักรยานยนต์สามารถขับขี่ในช่องจราจรสำหรับรถประจำทางได้ จากการศึกษาที่ผ่านมา ได้มีการเสนอกฎใหม่เพื่อให้สามารถขับขี่ได้ทุกช่องจราจรและเกิดความสมดุล ซึ่งอาจลดอุบัติเหตุจราจรได้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของการควบคุมการจราจรด้วยกฎจราจรรูปแบบใหม่ เพื่อให้รถจักรยานยนต์สามารถผ่านได้ กรณีศึกษา เมืองคานากาวะ และเมืองโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น โดยใช้โปรแกรม VISSIM ในการจำลองสภาพการจราจรภายใต้เงื่อนไข คือ การใช้ช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ สัดส่วนผสมผสานของรถจักรยานยนต์และยานพาหนะอื่น ๆ และปริมาณการจราจรของรถจักรยานยนต์ในแต่ช่องจราจร โดยผลจากการวิเคราะห์การจราจรในกฎจราจรรูปแบบต่างๆนั้น ทำให้ทราบว่า ปริมาณการจราจรของยานพาหนะแต่ละช่องจราจรของกฎจราจรรูปแบบใหม่มีค่าที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบอื่น ๆ ดังนั้นการจราจรของกฎจราจรรูปแบบใหม่ที่ได้สามารถลดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุการจราจรลงได้

2.4 การใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคเพื่อจัดการจราจรในประเทศไทย

การศึกษาของผู้วิจัย ได้ทำการทบทวนการประยุกต์ใช้และมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยก ซึ่งในหัวข้อดังกล่าวได้แบ่งออกเป็น 2 หัวข้อหลัก คือ การจำลองสภาพการจราจรเพื่อจัดการจราจรในประเทศด้วยโปรแกรม VISSIM และการจำลองสภาพการจราจรเพื่อจัดการจราจรในประเทศด้วยโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 การจำลองสภาพการจราจรเพื่อจัดการจราจรในประเทศด้วยโปรแกรม VISSIM

Kojima *et al.* (2014) ได้ศึกษาเรื่องการประเมินผลการใช้วงเวียนด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลการใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคด้วยโปรแกรม VISSIM โดยใช้ทางแยกที่มีวงเวียนในเขตอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาเป็นกรณีศึกษา จากนั้นทำการสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา และพัฒนาแบบจำลองบริเวณทางแยกวงเวียน พร้อมนำเข้าผลปริมาณการจราจรในแบบจำลองสภาพการจราจร และทำการเปรียบเทียบกับผลของการจำลอง โดยใช้ปริมาณการจราจร ความเร็วและเวลาในการเดินทาง ผลการวิเคราะห์ พบว่า เวลาในการเดินทางก่อนติดตั้งและหลังติดตั้งวงเวียนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ อาจมาจากความแตกต่างระหว่างความเร็วในการขับขี่บริเวณวงเวียนที่ได้จากแบบ จำลองและพื้นที่จริง เนื่องจากการกระจายตัวของความเร็วในแบบจำลองเป็นค่าเริ่มต้นจากโปรแกรม จึงสรุปได้ว่า แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคมีความเป็นไปได้ ในการประเมินผลการออกแบบวงเวียน แต่การศึกษาในอนาคตต้องมีวิธีการตั้งค่าการกระจายความเร็วในการขับขี่ในวงเวียนในรูปแบบของแบบจำลอง

ปิยวัฒน์ ทองเกรียว และคณะ (2556) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองระดับจุลภาคเพื่อหาความจุและระดับการให้บริการของถนน กรณีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น งานวิจัยนี้ มุ่งเน้นการหาค่าความจุและระดับการให้บริการของถนน ซึ่งปัจจุบันได้มีการใช้วิธีคำนวณโดยอ้างอิงจาก Highway capacity manual (HCM) เพียงอย่างเดียว โดยหลักการดังกล่าวมีการพัฒนาจากต่างประเทศ ซึ่งยังไม่มีความเหมาะสมกับพฤติกรรมการขับขี่ของประเทศไทย ผู้วิจัยได้ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค VISSIM เป็นเครื่องมือ เพื่อนำผลที่ได้จากการคำนวณด้วย HCM เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค พบว่า ค่าของความจุของถนนที่ได้จากแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคมีค่าใกล้เคียงกับ HCM

พลศรี ประเสริฐพรรณ และคณะ (2556) ได้มีการวิเคราะห์ความแปรผันของตัวแปรด้านจราจร ที่เกิดจากสัดส่วนของประเภทยานพาหนะในพื้นที่กิจกรรมขนาดใหญ่ โดยใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ในการวิเคราะห์การจราจร โดยทำการทดสอบตัวแปรต่างๆ ดังนี้ ความเร็ว ระยะเวลาในการเดินทาง และความล่าช้า เป็นดัชนีตัวชี้วัด ซึ่งจากการศึกษา พบว่า กรณีที่ปริมาณการจราจรเข้าพื้นที่น้อย สัดส่วนของยานพาหนะจะส่งผลต่อตัวชี้วัดด้านการจราจรน้อย แต่ถ้า

หากมีปริมาณการจราจรเข้าพื้นที่มาก สัดส่วนของยานพาหนะจะส่งผลต่อตัวชี้วัดด้านการจราจรมากขึ้นตามไปด้วย

วราศักดิ์ ปะสังติโย (2556) ได้มีการวิเคราะห์การจัดการจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์บริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจร เพื่อวิเคราะห์และประเมินการจัดการจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์บริเวณทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจรในรูปแบบต่างๆ โดยกำหนดมาตรการของการจัดการจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ ออกเป็น 2 มาตรการดังนี้ 1) การกำหนดพื้นที่เฉพาะหยุดรอสัญญาณไฟจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ 2) การกำหนดช่องทางเฉพาะสำหรับรถจักรยานยนต์ด้านซ้ายร่วมกับการกำหนดให้รถจักรยานยนต์วิ่ง Hook Turn เมื่อต้องการเลี้ยวขวาบริเวณทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร จากการศึกษา พบว่า มาตรการทั้งสองมาตรการ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระดับการให้บริการที่ทางแยกได้ ส่งผลให้เวลาในการเดินทาง ความล่าช้า และความยาวของแถวคอยลดลง และยังสามารถลดปริมาณก๊าซมลพิษทางอากาศได้อีกด้วย

สมิทธิ์ อักขิโสภา และคณะ (2556) ได้ศึกษาการปรับปรุงจุดตัดทางรถไฟ โดยใช้ระบบอาณัติสัญญาณไฟอัตโนมัติและใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค กรณีศึกษาป้ายหยุดรถไฟพระจอมเกล้า โดยมีการเปรียบเทียบสภาพการจราจรบริเวณทางตัดทางรถไฟที่ป้ายหยุดรถไฟพระจอมเกล้าในปัจจุบัน กับกรณีสภาพการจราจรบริเวณจุดตัดทางรถไฟโดยใช้ระบบสัญญาณไฟอัตโนมัติ โดยใช้ตัวชี้วัดคือ ความล่าช้า ความเร็ว ความยาวแถวคอย และระยะเวลาในการเดินทาง จากการศึกษา พบว่า สภาพการจราจรแบบติดตั้งระบบสัญญาณไฟอัตโนมัติ จะมีความล่าช้า และระยะเวลาในการเดินทางน้อยกว่าสภาพการจราจรในปัจจุบัน

สุวิช เพชรชมพูพันธ์ และคณะ (2556) ได้ศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์ความจุบนถนนสายหลักโดยใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค กรณีศึกษาช่วงถนนอ่อนนุช–ลาดกระบัง โดยศึกษาความสามารถในการรองรับของปริมาณการจราจรจากระดับการให้บริการ เพื่อพิจารณาการปรับปรุงและออกแบบถนนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการ เช่น การขยายเพิ่มจำนวนช่องจราจร การปรับปรุงจุดตัดทางแยก การออกแบบช่องจราจรสำหรับ U-Turn การออกแบบจุดจอดรับส่งผู้โดยสารของรถโดยสาร เป็นต้น ซึ่งค่าของความจุที่ใช้ออกแบบถนนสำหรับประเทศไทยในปัจจุบันนั้น ยังไม่ได้วิเคราะห์ถึงการรองรับจากตัวหน่วงต่างๆ ผู้วิจัยมีการวิเคราะห์ค่าความจุและมีการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรด้วยโปรแกรม VISSIM เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ออกมา ซึ่งจากการวิเคราะห์จากแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค พบว่า ค่าความจุของถนนดังกล่าว มีความสามารถในการรองรับปริมาณการจราจรน้อยกว่าที่ออกแบบไว้ เนื่องจากมีการจอดรถข้างทางบางช่วงของถนนทั้งสองข้างทาง

เสกสรร บุญฉวี (2553) ได้ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ระยะห่างที่มีความเหมาะสมระหว่างทางแยกแบบกระแสจราจรไหลต่อเนื่อง โดยใช้โปรแกรม VISSIM ในการพัฒนาแบบจำลอง

สภาพการจราจรระดับจุลภาค ในการศึกษาครั้งนั้นได้พิจารณาอิทธิพลของระยะห่างระหว่างทางแยกหลักกับทางแยกรองที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานด้านการจราจรแบบกระแสจราจรไหลแบบต่อเนื่อง (Continuous Flow Intersection หรือ CFI) และได้วิเคราะห์หารอบของสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมที่สุดของตัวแทน CFI ในแต่ละเงื่อนไขของการจราจร เพื่อนำเสนอข้อเสนอแนะในการออกแบบระยะห่างระหว่างทางแยกหลักกับทางแยกรองของ CFI ให้เหมาะสมกับลักษณะการจราจร ลักษณะทางกายภาพ และการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบของทางแยกที่ต้องการประยุกต์ใช้ โดยเลือกสี่แยกประตูเมืองขอนแก่นเป็นพื้นที่ศึกษา พร้อมทั้งได้ทำการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยพิจารณาจากค่าตัวแปรของพฤติกรรมการขับขี่ตามกันและการตอบสนองต่อวัตถุด้านข้างที่มีความเหมาะสมที่สุด เพื่อให้มีความใกล้เคียงกับข้อมูลภาคสนามมากที่สุด ได้แก่ ปริมาณการจราจร ความยาวของแถวคอยเฉลี่ย โดยพบว่า จำนวนของปริมาณการจราจรจากแบบจำลองและปริมาณการจราจรจากการสำรวจจริงมีความสอดคล้องกัน และผ่านเกณฑ์การตรวจสอบความถูกต้อง ในส่วนของความยาวแถวคอยนั้นไม่ผ่านเกณฑ์ตรวจสอบความถูกต้องจำนวนหนึ่งชุด อาจมาจากด้านพฤติกรรมของการขับขี่ตามกันมีความแตกต่างกันมาก ส่งผลให้ค่าที่ได้ต่างจากความเป็นจริง แต่อย่างไรก็ตาม แบบจำลองดังกล่าวมีความถูกต้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านการจราจรได้อีกด้วย

2.4.2 การจำลองสภาพการจราจรเพื่อจัดการจราจรในประเทศด้วยโปรแกรมอื่นๆ

กมล ปุ่นศิริ (2542) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้โปรแกรม SIDRA ในการวิเคราะห์สัญญาณไฟจราจรในเมืองหาดใหญ่และเมืองอุบลราชธานี ซึ่งเป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลสำรวจข้อมูลที่ได้จากภาคสนามประกอบด้วย ความล่าช้าเฉลี่ย และความความยาวของแถวคอย จากการศึกษา พบว่า ข้อมูลความล่าช้าและความยาวของแถวคอย มีความแตกต่างเฉลี่ยร้อยละ 20-27 และนำผลจากการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการสำรวจจริง จะมีความสอดคล้องกันกับข้อมูลจากภาคสนาม หากไม่นำปริมาณการจราจรของรถจักรยานยนต์มาวิเคราะห์ร่วมกัน

จักรกริศน์ กนกกันฑพงษ์ (2546) ได้ศึกษาและปรับปรุงการจราจรบริเวณทางแยกประตู 108 โดยมีการสำรวจปริมาณการจราจร ความล่าช้าที่บริเวณทางแยก สำรวจการจอดรถ นอกจากนี้ยังมีการสำรวจแบบสอบถามที่เกี่ยวกับ ปริมาณคนเดินเท้า และการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากการศึกษา พบว่า ผู้ที่ใช้ประตูเป็นบุคลากรมหาวิทยาลัยร้อยละ 92.5 แบ่งเป็นนักศึกษาร้อยละ 65.6 การจราจรหนาแน่นในช่วง 08:00-09:00 น. และ 16:00-17:00 น. นอกจากนี้ยังพบปัญหาที่จอดรถไม่เพียงพอ ปัญหาการจอดซ้อนคัน และสาเหตุที่สำคัญที่ส่งผลให้สภาพการจราจรติดขัดมาจากคนเดินพลุกพล่าน รถจอดเพื่อเข้าถนนปุณณกัณฑ์ และการจอดรอรับบัตรเข้า-ออก บริเวณประตูทางเข้า

พนกฤษณ คลังบุญครอง และคณะ (2546) ได้ศึกษาการประเมินทางเลือกในการจัดการระบบจราจรบริเวณห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง จังหวัดขอนแก่น เพื่อประเมินทางเลือกที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการจัดการจราจรบริเวณห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง เพื่อลดปัญหาการจราจรติดขัด และปัญหาความปลอดภัยด้านการจราจร ผู้วิจัยประยุกต์ใช้โปรแกรม PARAMICS ในการประเมินและเปรียบเทียบทางเลือกต่างๆ ซึ่งมีทั้งหมด 6 ทางเลือก โดยทำการสำรวจข้อมูลภาคสนาม ได้แก่ จังหวะสัญญาณไฟจราจร ปริมาณการจราจร ข้อมูลการเดินทางจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทาง เป็นต้น เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาสร้างตารางการเดินทาง (OD Matrix) ในการประยุกต์ใช้โปรแกรม และได้มีการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองกับข้อมูลภาคสนาม โดยใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการจราจร คือ เวลาในการเดินทางเฉลี่ย และความล่าช้าเฉลี่ย ผลจากการศึกษา พบว่า การตัดถนนใหม่ด้านหลังศาลเจ้าแม่ธรณีเป็น 4 ช่องจราจร และการรวมพื้นที่อนุสาวรีย์ประชาธิปไตยกับศาลเจ้าแม่ธรณีให้เป็นผืนเดียวกัน และให้จัดการจราจรโดยใช้วงเวียนขนาดใหญ่และยกเลิกสัญญาณไฟจราจร สามารถช่วยลดโอกาสที่จะเกิดความขัดแย้งและลดอุบัติเหตุการจราจรลงได้มากที่สุด

วุฒิไกร ไชยปัญหา (2553) ศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบการจัดการจราจร ณ บริเวณห้าแยก (ศาลเจ้าพ่อหลักเมือง) จังหวัดขอนแก่น โดยใช้โปรแกรม PARAMICS เพื่อวิเคราะห์สภาพการจราจร การจัดการจราจร ณ บริเวณห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมืองในปัจจุบัน และทำการประเมินทางเลือกที่ใช้ในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกในอนาคต ผลจากการศึกษา พบว่าทางเลือกในการวิเคราะห์การจัดการจราจรเพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรนั้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ในภาพรวมทั้งโครงข่าย โดยใช้ตัวชี้วัด คือ Mean System Speed และ Mean System Delay และโดยเฉพาะบริเวณห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมืองนั้นได้ใช้ตัวชี้วัดคือ ค่าความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง ความล่าช้าเฉลี่ยในการเดินทาง ระยะเวลาในการเดินทาง และความยาวของแถวคอยบริเวณทางแยก จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การห้ามจอดรถตามแนวช่วงถนนที่เข้าสู่บริเวณห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง และปรับปรุงระยะเวลาของรอบสัญญาณไฟจราจรบริเวณห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมืองและบริเวณสี่แยกประตูเมือง เป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการจัดการจราจรในช่วงระยะสั้น 1 ปี และในช่วงระยะกลาง 5 ปี ทางเลือกที่มีประสิทธิภาพในการจัดการจราจรคือ ทางเลือกที่ 5 การก่อสร้างทางลอดบริเวณสี่แยกประตูเมืองและขยายช่องจราจรบริเวณห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง

สรายุทธ อินทวิเชียร (2545) ได้มีการศึกษาการใช้วงเวียนในการควบคุมการจราจรบริเวณทางแยกวงเวียนน้ำพุ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา และวงเวียนหน้าโรงพยาบาลยะลา จังหวัดยะลา ในงานวิจัยนี้มีการนำโปรแกรม SIDRA มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ปริมาณการจราจรที่รองรับได้ สภาพการจราจร ความล่าช้า ความยาวแถวคอย และระดับการให้บริการ เป็นต้น ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาออกแบบให้เหมาะสมกับปริมาณการจราจรในปัจจุบัน ผลจาก

การศึกษา พบว่า ค่าความล่าช้าและความยาวแถวคอยสูงสุดในสนามกับค่าที่ได้จากโปรแกรม มีความแตกต่างกัน ควรมีการศึกษาสมมติฐานและปรับแก้ในการศึกษาอื่นๆ ต่อไป

สุรศักดิ์ เกตุบุญนาค (2549) ได้มีการศึกษาการจำลองการจราจรบริเวณวงเวียนหลักภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ได้มีการพัฒนาแบบจำลองการจราจรบริเวณวงเวียนโดยใช้โปรแกรม SIDRA และ TRIPS 32 มีการนำข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องจากงานวิจัยในอดีตและข้อมูลที่ได้จากการสำรวจใหม่เพิ่มเติม ซึ่งข้อมูลปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยนั้น ได้ใช้วิธีการประมาณจากข้อมูลจำนวนผู้พักอาศัย บุคลากร รวมทั้งบุคคลภายนอกที่เดินทางมาทำธุรกรรมภายในมหาวิทยาลัย ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรได้ทำการทดสอบแนวทางและมาตรการต่างๆ ที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา พบว่า แนวทางที่เป็นไปได้มีอยู่ 3 ทางเลือก โดยทางเลือกที่ 1 และทางเลือกที่ 2 เป็นการเพิ่มทิศทางการจราจรจากเดิมให้รถวิ่งได้ทางเดียว เป็นแบบรถวิ่งสวนทางกัน ส่วนทางเลือกที่ 3 เป็นการบังคับให้มีทิศทางจราจรเพียงทิศทางเดียวที่ออกจากวงเวียนจนกระทั่งถึงทางแยก เพื่อลดปริมาณยานพาหนะที่เข้าสู่วงเวียนในบางเส้นทาง จากการศึกษาแนวทางทั้ง 3 ทางเลือก พบว่า ปริมาณยานพาหนะต่อค่าความจุของถนน (V/C ratio) ในบริเวณวงเวียน มีความคล่องตัวมากขึ้น จากการเพิ่มทิศทางเป็นแบบสวนทางกัน ส่งผลทำให้ยานพาหนะมีทางเลือกในการเลือกเส้นทางอื่นๆ ที่จะเดินทางเข้าสู่วงเวียน ในส่วนของการปรับเปลี่ยนทิศทางให้เหลือเพียงทิศทางเดียวนั้น เพื่อให้ยานพาหนะสามารถใช้เส้นทางอื่น เป็นการหลีกเลี่ยงการติดขัดบริเวณวงเวียนที่ทำการศึกษา นอกจากนี้ข้อเสนอแนะงานวิจัยในอนาคตให้มีการศึกษาโดยใช้โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค และการจำลองมาตรการเพื่อแก้ปัญหาการจราจร ใช้ข้อมูลในปีปัจจุบันในการพยากรณ์ในปีอนาคต และศึกษาเพื่อหาเส้นทางหรือแนวทางที่แก้ไขปัญหาการจราจรเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนยานพาหนะตามเส้นทางต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2.5 สรุปผลการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบคุณลักษณะของโปรแกรมที่ใช้สำหรับสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค สามารถสรุปได้ดังนี้

1) โปรแกรมสำหรับจำลองสภาพการจราจรที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมีจำนวนมากและหลากหลาย ได้แก่ PARAMICS CORSIM AIMSUN NETSIM และ VISSIM เป็นต้น โดยการใช้งานในแต่ละโปรแกรมจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น การจำลองบริเวณทางแยก วงเวียน หรือระบบขนส่งสาธารณะ เป็นต้น ซึ่งการเลือกใช้โปรแกรมนั้นต้องคำนึงถึงผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองนั้นๆ ในการแสดงผลของประสิทธิภาพและความถูกต้องแม่นยำ อีกด้วย

2) โปรแกรม VISSIM เป็นโปรแกรมที่มีคุณลักษณะเหมาะสมสำหรับใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค โดยที่โปรแกรมสามารถจำลองพฤติกรรมการขับขี่ของรถจักรยาน และรถจักรยานยนต์ได้เสมือนจริงมากที่สุด ซึ่งโปรแกรมมีฟังก์ชั่นที่สามารถกำหนดระยะในการขับขี่ตามกัน และระยะห่างด้านข้างระหว่างยานพาหนะแต่ละคัน นอกจากนี้ โปรแกรม VISSIM สามารถกำหนดให้ยานพาหนะสามารถวิ่งแซงยานพาหนะด้านหน้าที่มีความเร็วช้ากว่าภายในช่องจราจรเดียวกันได้

3) โปรแกรม VISSIM มีคุณสมบัติในการจำลองกับพื้นที่ขนาดเล็ก และมีความซับซ้อนทางด้านลักษณะทางกายภาพได้ดี อีกทั้งสามารถจำลองได้ทั้งโครงข่ายถนนในเมือง และนอกเมืองอีกด้วย นอกจากนี้ ยังสามารถแสดงผลในรูปแบบของสองมิติและสามมิติได้อีกด้วย โปรแกรมสามารถนำเข้าข้อมูลปริมาณการจราจรที่สำรวจพื้นที่จริงบริเวณทางแยก ช่วงถนน หรือข้อมูลการเดินทางจากต้นทาง-ปลายทางได้ และสามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการขับขี่ของยานพาหนะได้

4) การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค จะต้องทำการปรับเทียบแบบจำลองก่อนนำไปประยุกต์ใช้ เพื่อให้เกิดความเสมือนจริงมากที่สุด และเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ โดยตัวชี้วัดที่สำคัญที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองได้แก่ ปริมาณการจราจร ความยาวแถวคอย ความเร็ว ความล่าช้า และเวลาในการเดินทาง เป็นต้น

5) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เป็นขั้นตอนของการทำซ้ำ โดยทั่วไปแล้ว การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองจะใช้ข้อมูลที่ต่างกัน เช่น ปริมาณการจราจร (เช้าและเย็น) เป็นต้น เพื่อตรวจสอบค่าตัวชี้วัดที่ได้มีความสอดคล้องกับข้อมูลจากภาคสนามหรือไม่ โดยขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองถือเป็นขั้นตอนสุดท้าย ก่อนการนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ในลำดับถัดไป

6) หลักเกณฑ์ที่ใช้การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ผู้วิจัยใช้หลักเกณฑ์ตามการแนะนำของ Wisconsin Department of Transportation (Wisconsin DOT) และใช้ค่าทางสถิติของ Geoffrey E. Havers หรือ GEH เพื่อปรับเทียบปริมาณการจราจร และเวลาในการเดินทาง โดยใช้สมการทางสถิติเป็นหลักเกณฑ์ในการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

ในการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมจำลองสภาพการจราจร จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้โปรแกรม VISSIM ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในการจัดการจราจรบริเวณทางแยก ถึงแม้ว่าโปรแกรม VISSIM ยังมีข้อด้อยและข้อจำกัดอยู่บ้างก็ตาม แต่โดยรวมแล้วโปรแกรม VISSIM สามารถเทียบเคียงกับโปรแกรมอื่นๆ เพื่อใช้ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคได้เป็นอย่างดี

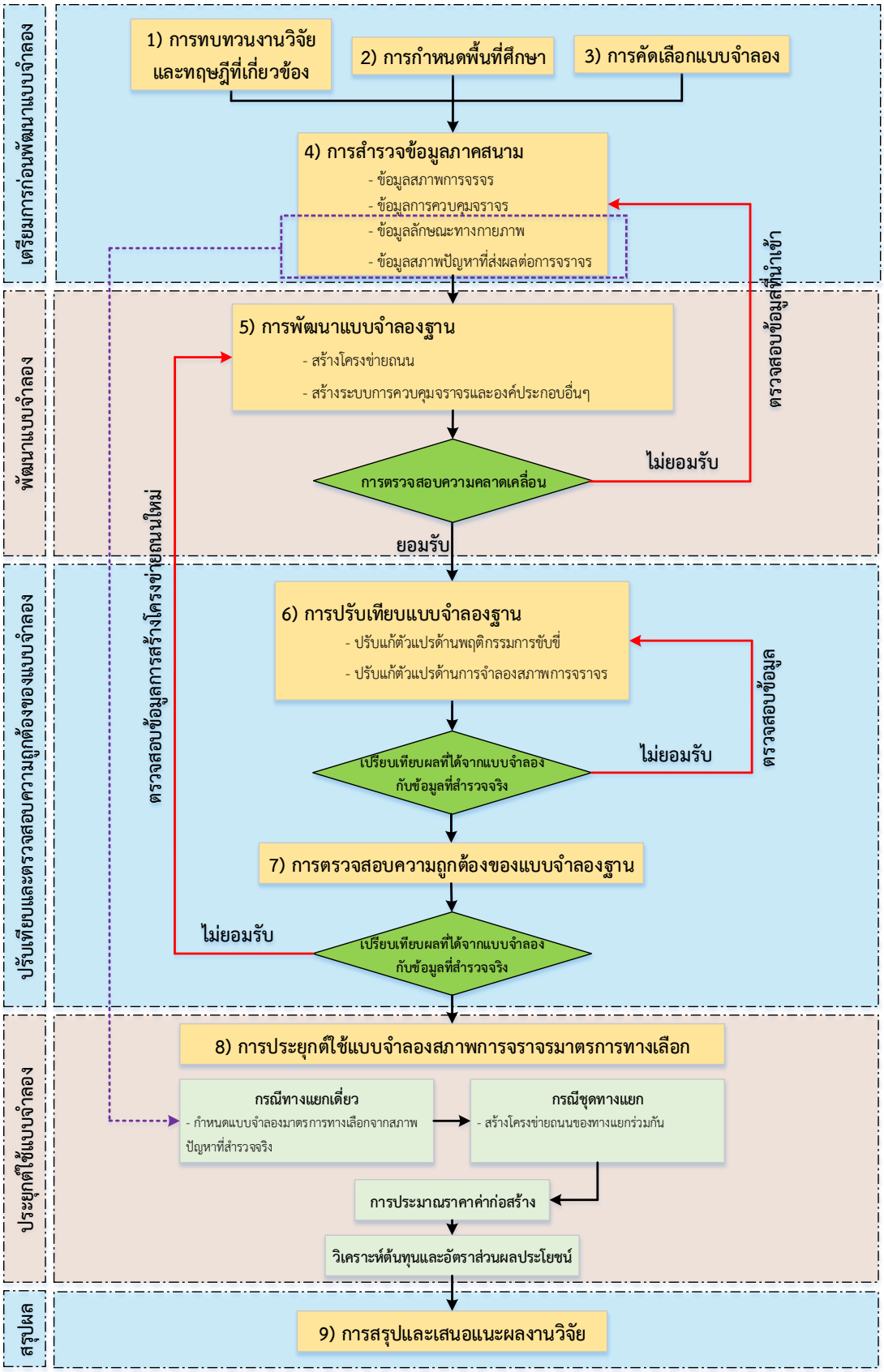
บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 กรอบการดำเนินงานวิจัย

เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนของงานวิจัย โดยจำแนกออกเป็น 9 ขั้นตอนหลัก ดังต่อไปนี้

1) การทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2) การกำหนดพื้นที่ศึกษา
3) การคัดเลือกแบบจำลอง
4) การสำรวจข้อมูลภาคสนาม
5) การพัฒนาแบบจำลองฐาน
6) การปรับเทียบแบบจำลองฐาน
7) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐาน
8) การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรทางเลือก
9) สรุปผลและเสนอแนะผลงานวิจัย

โดยขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย แสดงดังรูปที่ 3-1 และรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนในงานวิจัยดังแสดงในหัวข้อลำดับถัดไป



รูปที่ 3-1 กรอบการดำเนินงานวิจัย

3.2 การทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้ทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยแบ่งกลุ่มในการรวบรวมข้อมูลออกเป็น 4 หัวข้อหลัก ดังนี้ 1) ระดับของแบบจำลองสภาพการจราจร 2) แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค 3) การจำลองสภาพการจราจรเพื่อจัดการจราจรในต่างประเทศ และ 4) การใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคเพื่อจัดการจราจรในประเทศไทย การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยเป็นอย่างมาก ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 2

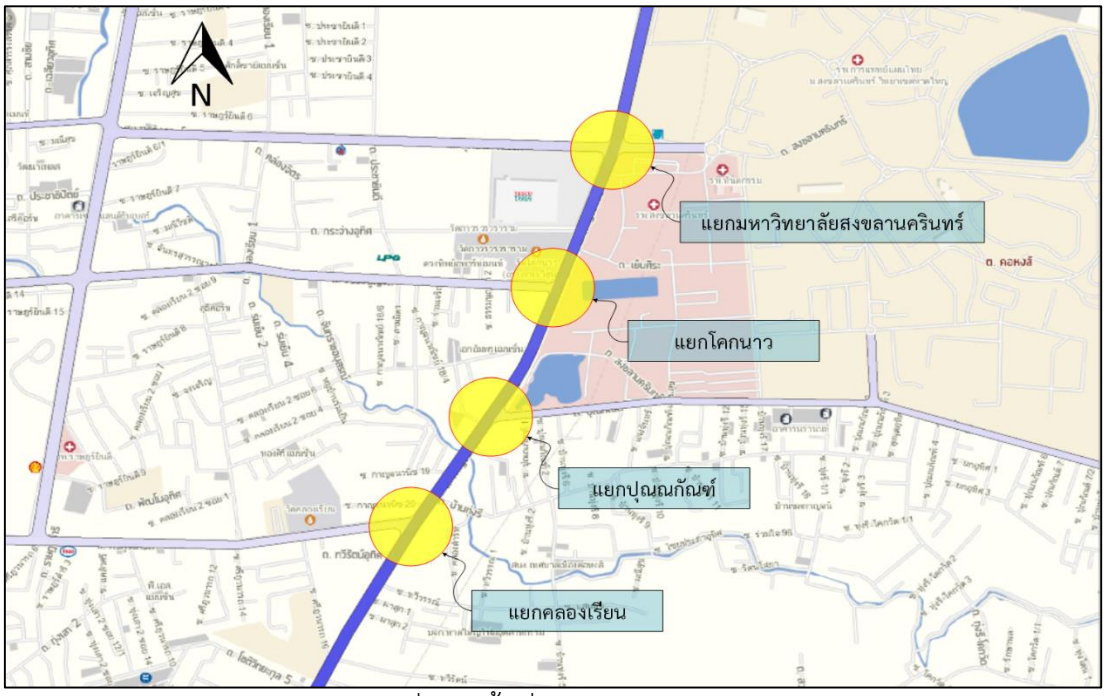
3.3 การกำหนดพื้นที่ศึกษา

ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้เลือกถนนกาญจนวณิชย์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เป็นเส้นทางที่ศึกษา โดยเลือกช่วงทางแยกตั้งแต่ทางแยกคลองเรียนถึงทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เป็นกรณีศึกษา ซึ่งเส้นทางดังกล่าวเป็นเส้นทางเชื่อมต่อไปยังสถานที่สำคัญหลายแห่ง เช่น สถานที่ราชการ บริษัทเอกชน ห้างสรรพสินค้า โรงเรียน โรงพยาบาล เป็นต้น ทั้งนี้ยังเป็นเส้นทางที่ใช้สัญจรระหว่างอำเภอสะเดา หาดใหญ่ และเมืองสงขลา ส่งผลให้เส้นทางดังกล่าวมีสภาพการจราจรติดขัดเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับหน่วยงานท้องถิ่นมีความสนใจในการแก้ไขปัญหาช่วงถนนดังกล่าวอีกด้วย ดังนั้น พื้นที่ดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมในการศึกษาการวิเคราะห์จัดการจราจรบริเวณทางแยกให้ดีขึ้น

โดยเส้นทางที่ศึกษา (ดังแสดงในรูปที่ 3-2) ประกอบด้วยทางแยกจำนวน 4 ทางแยก ได้แก่ ทางแยกคลองเรียน ทางแยกปุณณกัณฑ์ ทางแยกโคกนาว และทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ระยะทางจากทางแยกคลองเรียนถึงทางแยกปุณณกัณฑ์ มีระยะทาง 0.36 กิโลเมตร ส่วนทางแยกปุณกัณฑ์ถึงทางแยกโคกนาว มีระยะทาง 0.43 กิโลเมตร และทางแยกโคกนาวถึงทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีระยะทาง 0.46 กิโลเมตร รวมระยะทางประมาณ 1.25 กิโลเมตร

3.4 การคัดเลือกแบบจำลอง

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 สามารถสรุปได้ว่า โปรแกรม VISSM มีความเหมาะสมในการจำลองสภาพการจราจรที่ติดขัดได้ดี สามารถจำลองการเดินทางจากตารางการเดินทางต้นทาง-ปลายทางได้ สามารถจำลองพฤติกรรมการขับขี่ของรถจักรยานและรถจักรยานยนต์ได้เป็นอย่างดี รวมทั้งสามารถสร้างแบบจำลองทางเลือกในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความหลากหลาย พร้อมทั้งสามารถแสดงผลในรูปแบบสองมิติและสามมิติได้อีกด้วย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงคัดเลือกโปรแกรม VISSIM เป็นเครื่องมือในการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคสำหรับงานวิจัยนี้



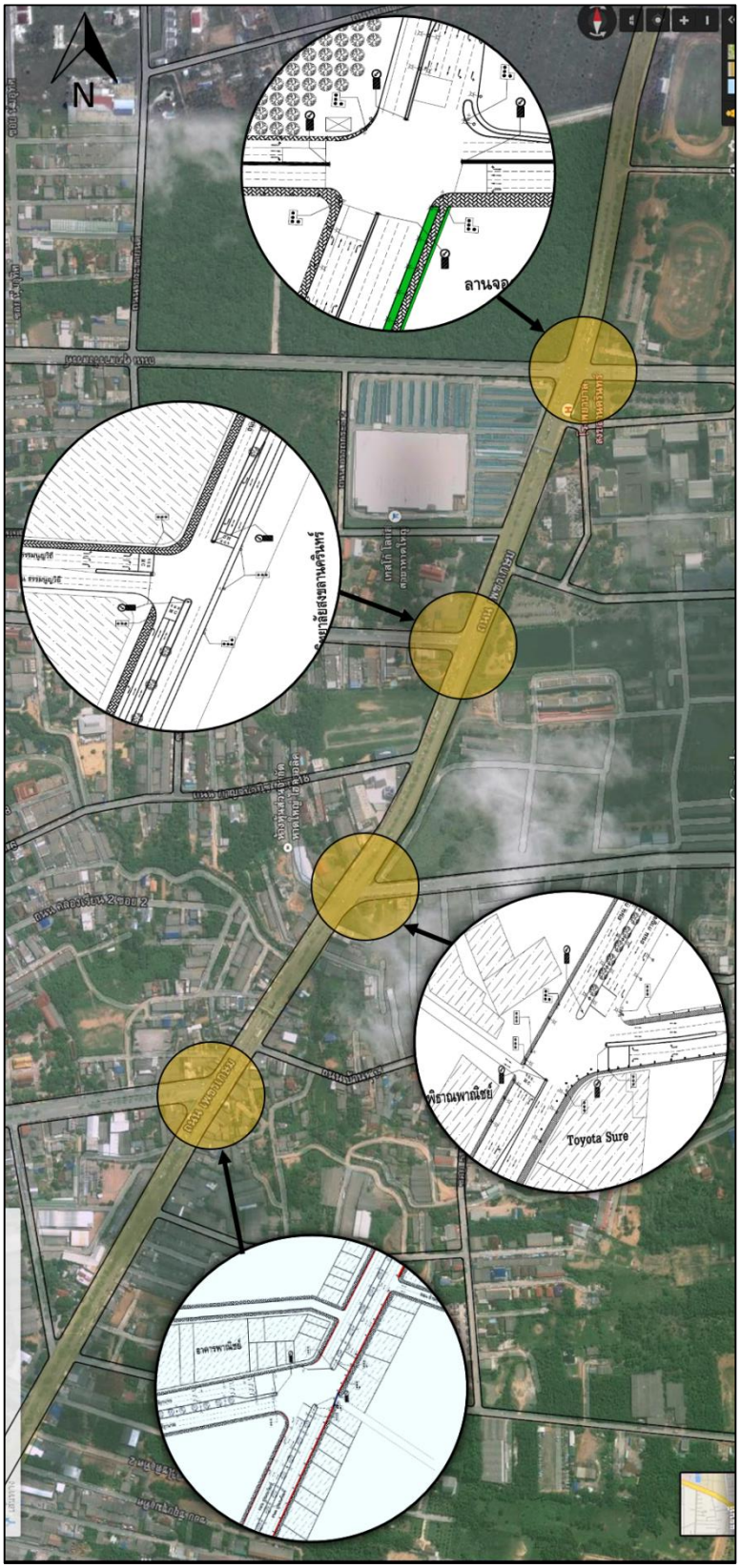
รูปที่ 3-2 พื้นที่ศึกษาของงานวิจัย

3.5 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจข้อมูลที่จำเป็นต่อการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคของเส้นทางศึกษา โดยได้สำรวจข้อมูลภาคสนามดังนี้ 1) ลักษณะทางกายภาพ 2) ปริมาณการจราจร 3) จังหวะสัญญาณไฟจราจร 4) ความเร็วของยานพาหนะ และ 5) สภาพปัญหาการจราจร โดยมีรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

3.5.1 การสำรวจลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก

การสำรวจข้อมูลลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกบนเส้นทางที่ศึกษา เพื่อนำข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรเส้นทางที่ศึกษา ประกอบด้วย 1) แผนที่หรือภาพถ่ายทางอากาศบนเส้นทางศึกษา 2) จำนวนช่องจราจร 3) ความกว้างช่องจราจร 4) ลักษณะของทางแยก เป็นต้น โดยที่ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศได้รวบรวมมาจากเว็บไซต์ Google Map ในปีพ.ศ. 2556 พร้อมทั้งได้ปรับปรุงโดยเพิ่มรายละเอียดของถนนตามลักษณะทางภาพบนเส้นทางศึกษา (ดังแสดงในรูปที่ 3-3) ส่วนข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้แสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 4



รูปที่ 3-3 ลักษณะทางกายภาพบนเส้นทางที่ศึกษา

3.5.2 การสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก

ผู้วิจัยทำการสำรวจข้อมูลเฉพาะปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกเท่านั้น โดยทำการสำรวจในแต่ละทิศทางการจราจร (เลี้ยวซ้าย ตรง เลี้ยวขวา) ในแต่ละทางแยก ซึ่งทำการสำรวจปริมาณการจราจรในวันทำงานปกติ เมื่อวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2556 โดยใช้วิธีการจดบันทึกลงแบบฟอร์ม (แสดงในภาคผนวก ก) ในการสำรวจได้แบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเร่งด่วนเช้า (07:00-09:00 น.) และช่วงเร่งด่วนเย็น (16:00-18:00 น.) การบันทึกข้อมูลปริมาณการจราจรได้ทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 10 นาที เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาปริมาณการจราจรสูงสุดช่วงเวลาเร่งด่วน โดยแบ่งประเภทของยานพาหนะออกเป็น 8 ประเภท ได้แก่

1) รถจักรยานยนต์
2) รถยนต์ส่วนบุคคล
3) รถตุ๊กตุ๊ก
4) รถสองแถวโดยสารสาธารณะ
5) รถตู้โดยสารสาธารณะ
6) รถบรรทุก 6 ล้อ
7) รถบรรทุกขนาดใหญ่
8) รถบัส

รายละเอียดของแบบฟอร์มสำรวจและผลการสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และภาคผนวก ข ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการสำรวจข้อมูลความยาวแถวถอย และความล่าช้า เนื่องจากงบประมาณมีจำกัด จึงทำการสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม การศึกษาในอนาคตควรทำการสำรวจข้อมูลดังกล่าวด้วย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสภาพการจราจรให้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด

3.5.3 การสำรวจจังหวะสัญญาณไฟจราจร

การสำรวจจังหวะสัญญาณไฟจราจรบนเส้นทางที่ศึกษาทั้ง 4 ทางแยก มีการควบคุมการจราจรบริเวณทางแยกด้วยสัญญาณไฟจราจร ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ประกอบด้วย ตำแหน่งอุปกรณ์ควบคุมจราจร ตำแหน่งสัญญาณไฟจราจร ลักษณะของสัญญาณไฟจราจร และจังหวะสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น การสำรวจจังหวะสัญญาณไฟจราจรได้ทำการสำรวจไปพร้อมกับการสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (07:00-09:00 น.) และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (16:00-18:00 น.) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้ถูกนำไปพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจร โดยแบบฟอร์มสำรวจข้อมูลจำนวนรอบสัญญาณไฟจราจร ดังแสดงในภาคผนวก ก.

3.5.4 การสำรวจความเร็วของยานพาหนะ

การสำรวจข้อมูลความเร็ว ได้ใช้วิธีการสำรวจความเร็วแบบเฉพาะจุด (Spot Speed) โดยใช้วิธีการจับเวลายานพาหนะที่วิ่งผ่านจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งบริเวณทางแยก และทำการจดบันทึกเวลาลงแบบฟอร์มการสำรวจความเร็ว (ภาคผนวก ก.) จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ทำการคำนวณหาความเร็วในลำดับถัดไป

โดยการสำรวจความเร็วของยานพาหนะบนเส้นทางศึกษาทั้ง 4 ทางแยก แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 ความเร็วขณะขับผ่านทางแยก และกรณีที่ 2 ความเร็วขณะเลี้ยว ซึ่งการสำรวจทั้ง 2 กรณีได้ใช้วิธีการสำรวจเหมือนกัน เพื่อความเข้าใจในการสำรวจความเร็วทั้ง 2 กรณี จึงได้ยกตัวอย่างการสำรวจความเร็วของยานพาหนะบริเวณทางแยกคลองเรียน โดยตำแหน่งและทิศทางการสำรวจดังแสดงในรูปที่ 3-4 และขั้นตอนการสำรวจความเร็ว มีรายละเอียดดังนี้

กรณีที่ 1 ความเร็วขณะขับผ่านทางแยกสำหรับทิศทาง A-03

1) กำหนดจุดเริ่มต้น คือ ตำแหน่งเสาสัญญาณไฟจราจรบนเกาะกลาง (เส้นสีแดง)

2) กำหนดจุดสิ้นสุด คือ ตำแหน่งเสาไฟฟ้าบนเกาะกลาง (เส้นสีแดง)

3) ทำการวัดระยะทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด (เส้นสีแดง หมายเลข 3) มีความยาวเท่ากับ 63 เมตร

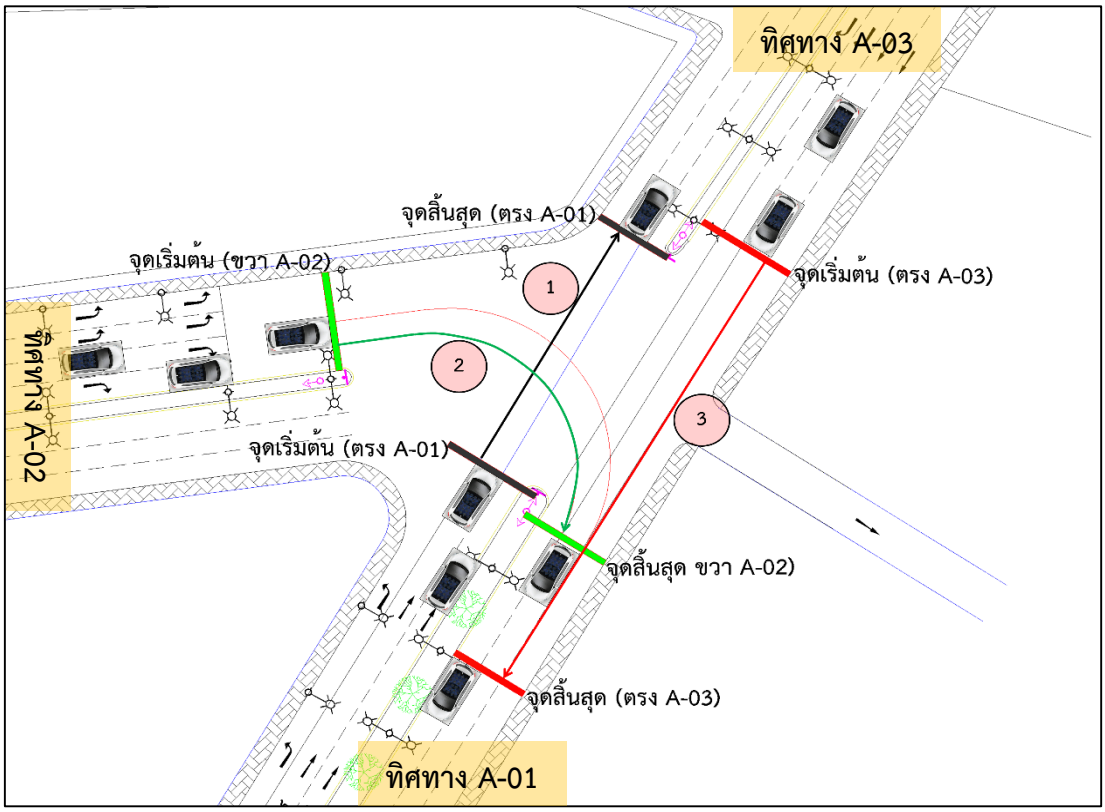
4) จากนั้น ทำการสำรวจความเร็วยานพานหนะทุกประเภทที่ขับผ่านจุดสำรวจ โดยการจับเวลาจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด และบันทึกข้อมูลลงแบบฟอร์มสำรวจความเร็ว

กรณีที่ 2 ความเร็วขณะเลี้ยวสำหรับทิศทาง A-02

การสำรวจความเร็วขณะเลี้ยวมีขั้นตอนเช่นเดียวกับกรณีที่ 1 ซึ่งตำแหน่งจุดเริ่มต้น คือ เสาสัญญาณไฟจราจร และตำแหน่งจุดสิ้นสุด คือ เสาสัญญาณไฟจราจร (เส้นสีเขียว หมายเลข 2) ดังแสดงในรูปที่ 3-4 หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลจากการสำรวจความเร็วที่ได้ ทำการคำนวณหาความเร็วจากสมการที่ 3-1

$$\text{ความเร็ว} = \frac{\text{ระยะทาง}}{\text{เวลา}} \qquad \text{สมการที่ 3-1}$$

โดยที่	ความเร็ว	มีหน่วยเป็น	กิโลเมตรต่อชั่วโมง
	ระยะทาง	มีหน่วยเป็น	กิโลเมตร
	เวลา	มีหน่วยเป็น	ชั่วโมง



รูปที่ 3-4 ตำแหน่งและทิศทางสำรวจความเร็วเฉพาะจุดบริเวณทางแยกคลองเรียน

3.5.5 การสำรวจสภาพปัญหาการจราจรบริเวณทางแยก

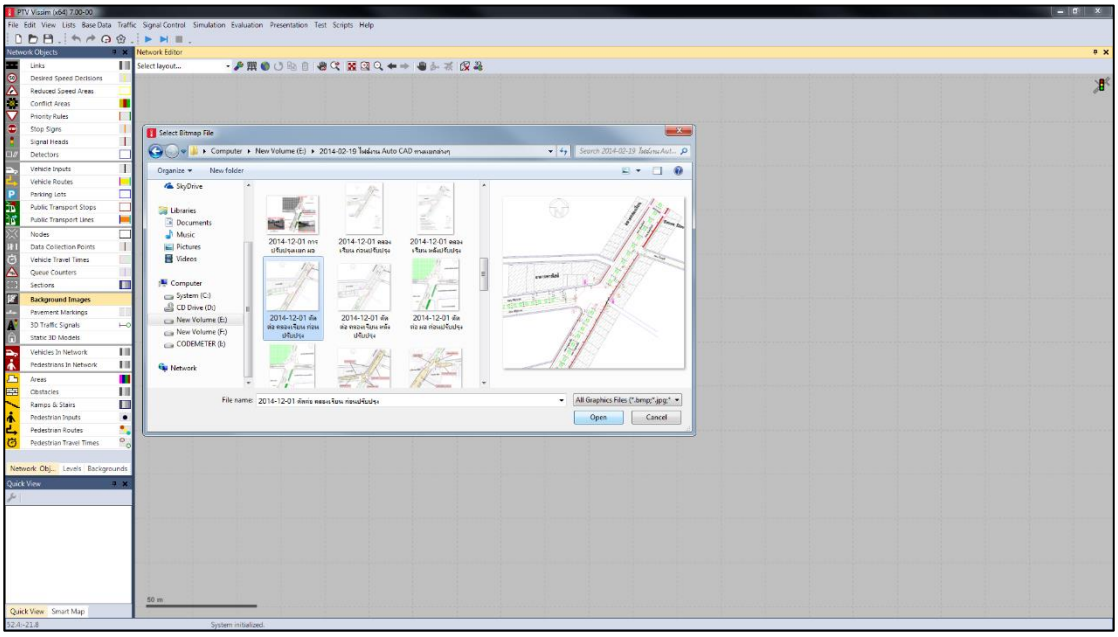
การสำรวจข้อมูลสภาพปัญหาการจราจรบนเส้นทางศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อนำปัญหาต่างๆ ที่ส่งผลต่อการจราจรที่ติดขัดมาพิจารณาเสนอเป็นมาตรการแก้ปัญหาดังกล่าวและนำมาตรการที่นำเสนอมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรเพื่อแก้ไขปัญหาการจราจร โดยนำมาตรการที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในแบบจำลองสภาพการจราจรในการทดสอบมาตรการที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาการจราจร พร้อมทั้งรวบรวมภาพถ่ายสภาพปัญหาต่างๆ ได้แสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 4

3.6 การพัฒนาแบบจำลองฐาน

กระบวนการพัฒนาแบบจำลองฐานด้วยโปรแกรม VISSIM ประกอบด้วย 8 ขั้นตอนหลัก ดังนี้ 1) การสร้างองค์ประกอบของทางแยก 2) การจำลองตัวแทนยานพาหนะ 3) การสร้างกราฟการกระจายตัวความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภท 4) การนำเข้าข้อมูลปริมาณการจราจรและกำหนดทิศทางการจราจรของยานพาหนะ 5) การจำลองจังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก 6) การกำหนดค่าตัวแปรด้านพฤติกรรมการขับขี่ของยานพาหนะ 7) การกำหนดตัวแปรการจำลองสภาพการจราจรเพื่อบันทึกผลแบบจำลอง และ 8) การเลือกใช้เครื่องมือเพื่อประเมินผลจากแบบจำลอง โดยรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

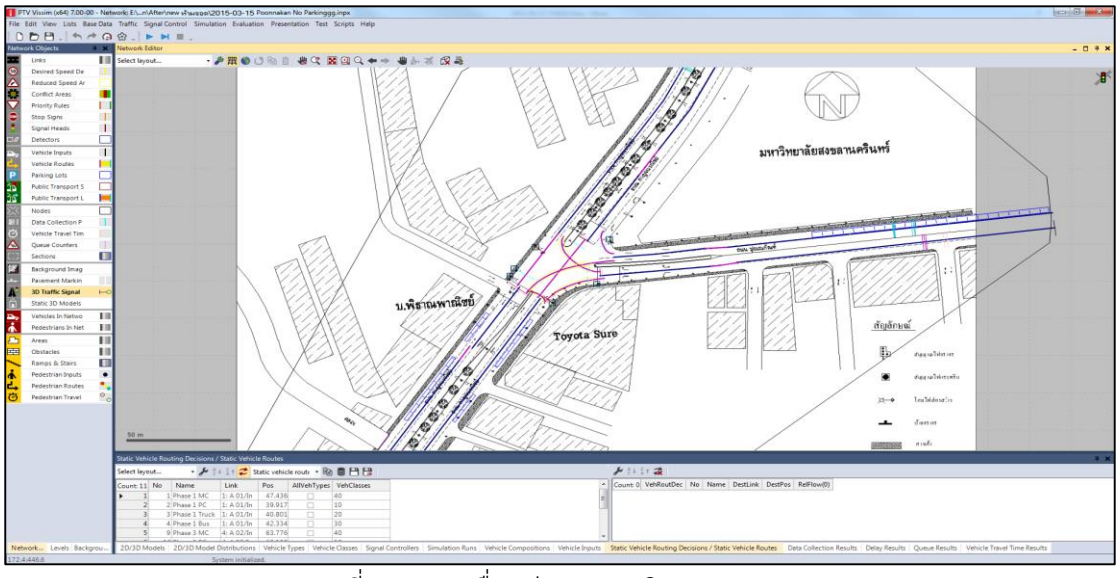
3.6.1 การสร้างองค์ประกอบของทางแยก

การสร้างองค์ประกอบทางแยกในโปรแกรม VISSIM เริ่มจากการนำภาพถ่ายทางอากาศจากเว็บไซต์ Google Map จากนั้นนำภาพถ่ายดังกล่าวมาทำการปรับปรุงในโปรแกรม AutoCAD เพื่อปรับมาตราส่วนและเขียนรายละเอียดของทางแยกให้เสมือนเส้นทางศึกษาจริงทั้ง 4 ทางแยก (แสดงในบทที่ 4) และทำการบันทึกให้อยู่ในไฟล์รูปภาพ เช่น .png .jpeg หรือ .dwg ไปยังโฟลเดอร์ที่ต้องการบันทึกไฟล์ของแบบจำลองด้วยโปรแกรม VISSIM และนำไฟล์รูปภาพดังกล่าวกลับเข้าสู่โปรแกรม VISSIM เพื่อนำมาเป็นภาพพื้นหลังในการสร้างแบบจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-5 การสร้างลักษณะทางกายภาพเหมือนสภาพจริง

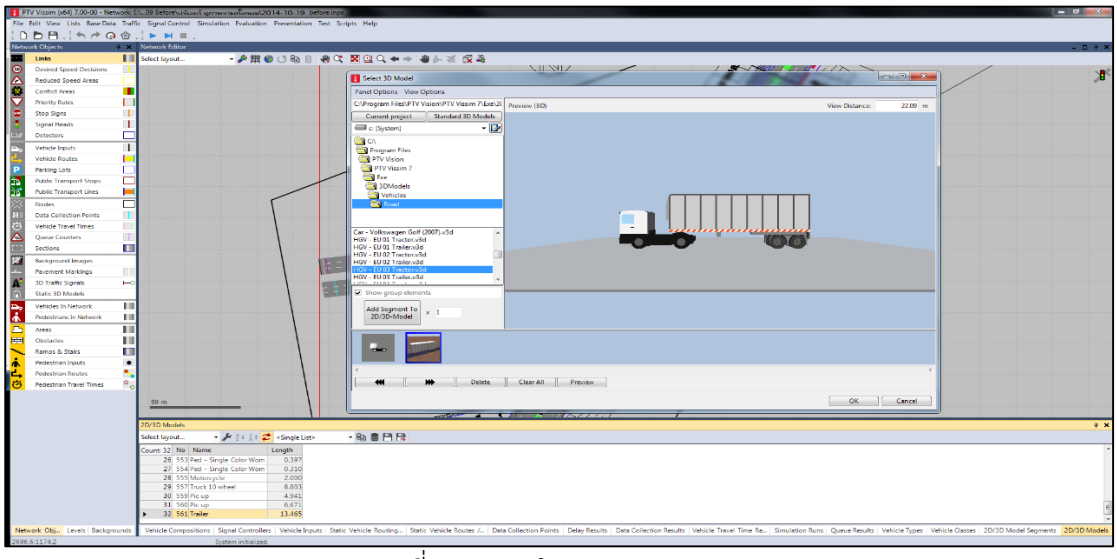
จากนั้นทำการสร้างเส้นทาง (Link) ซึ่งเป็นการสร้างแนวเส้นทางของถนนบริเวณทางแยกที่ศึกษา โดยแต่ละ Link มีการกำหนดจำนวนช่องจราจร และความกว้าง รวมทั้งพื้นที่จอดรถบนผิวจราจร จากนั้นทำการเชื่อม Link แต่ละ Link เข้าด้วยกัน ซึ่งเรียกว่า Connector จนทำให้เกิดโครงข่ายของถนนในแบบจำลองเหมือนสภาพจริง ดังแสดงในรูปที่ 3-6



รูปที่ 3-6 การเชื่อมต่อ Link บริเวณทางแยก

3.6.2 การจำลองตัวแทนยานพาหนะ

เนื่องจากโปรแกรม VISSIM เป็นโปรแกรมจากต่างประเทศ ทำให้ประเภทของยานพาหนะในโปรแกรมไม่มีความหลากหลายและไม่สอดคล้องกับยานพาหนะในพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจำเป็นต้องมีการสร้างตัวแทนของยานพาหนะขึ้นมาเพิ่มเติม โดยเฉพาะรถจักรยานยนต์ และรถบรรทุกขนาดใหญ่ ซึ่งพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพของรถแต่ละประเภท ทั้งความกว้าง ความยาว ความสูงของตัวรถ ดังแสดงในรูปที่ 3-7

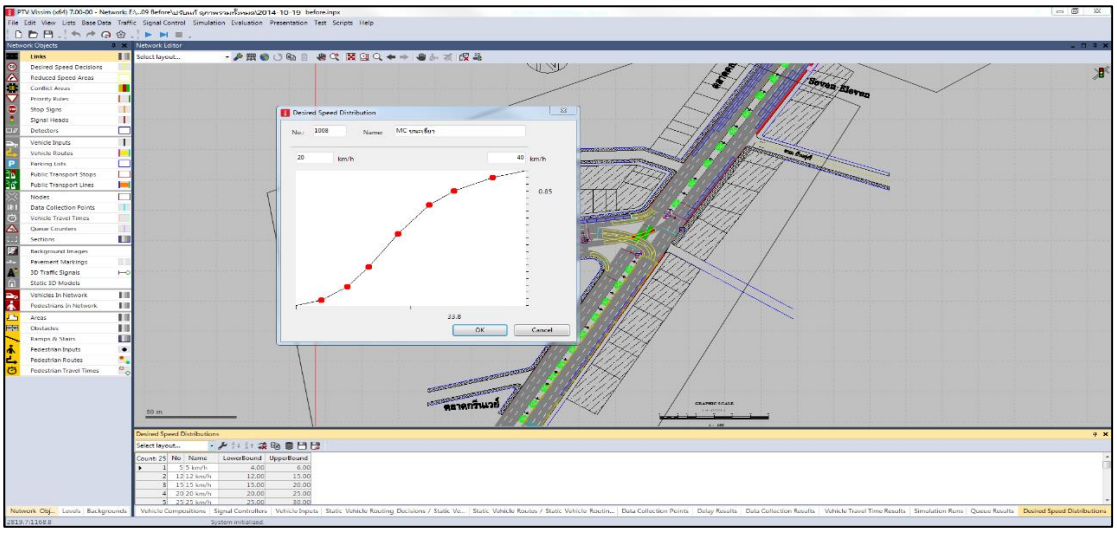


รูปที่ 3-7 การจำลองยานพาหนะ

อย่างไรก็ตาม แบบจำลองไม่สามารถจำลองยานพาหนะได้ครบทุกประเภทในพื้นที่ศึกษาได้ เนื่องจากโปรแกรมมีขีดจำกัดในการใช้งาน ดังนั้น รถตุ๊กตุ๊ก รถสามล้อพ่วงข้าง รถกระบะบรรทุก และรถสองแถว ผู้วิจัยจึงไม่ได้นำยานพาหนะดังกล่าวมาพิจารณาในงานวิจัยนี้ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในอนาคตควรมีการพิจารณาในประเด็นดังกล่าวด้วย

3.6.3 การสร้างกราฟการกระจายตัวความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภท

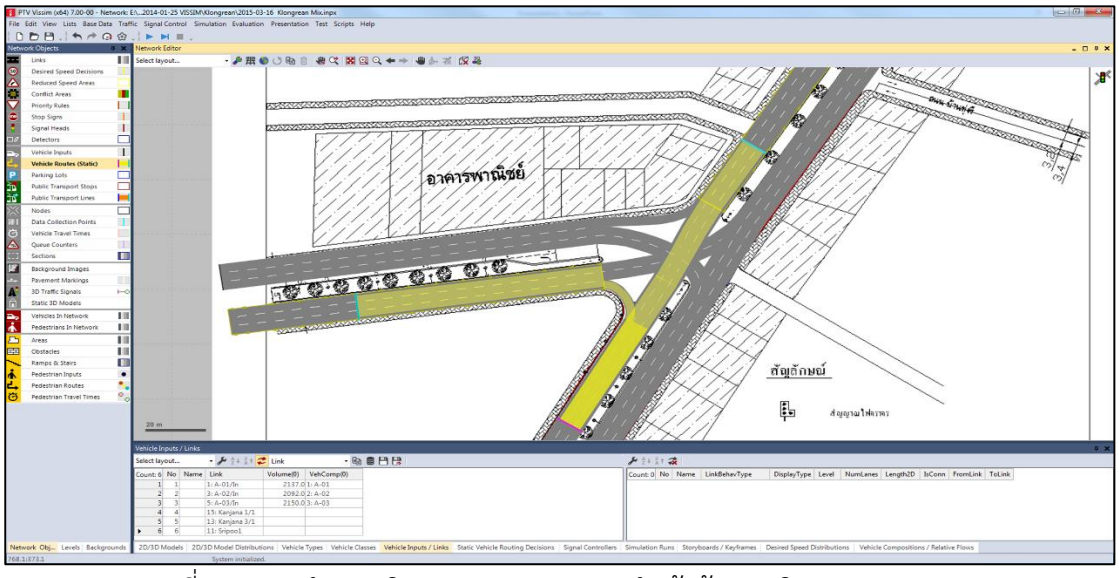
การสร้างกราฟการกระจายตัวความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภท เป็นการนำข้อมูลความเร็วของยานพาหนะที่ได้จากการสำรวจภาคสนามมาปรับเทียบกับกราฟความเร็วที่โปรแกรมกำหนดเบื้องต้นเป็นเส้นตรง เพื่อให้ได้กราฟความเร็วที่สอดคล้องกับสภาพความจริงมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 3-8



รูปที่ 3-8 การกำหนดความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภท

3.6.4 การนำเข้าข้อมูลปริมาณการจราจรและกำหนดทิศทางการจราจรของยานพาหนะ

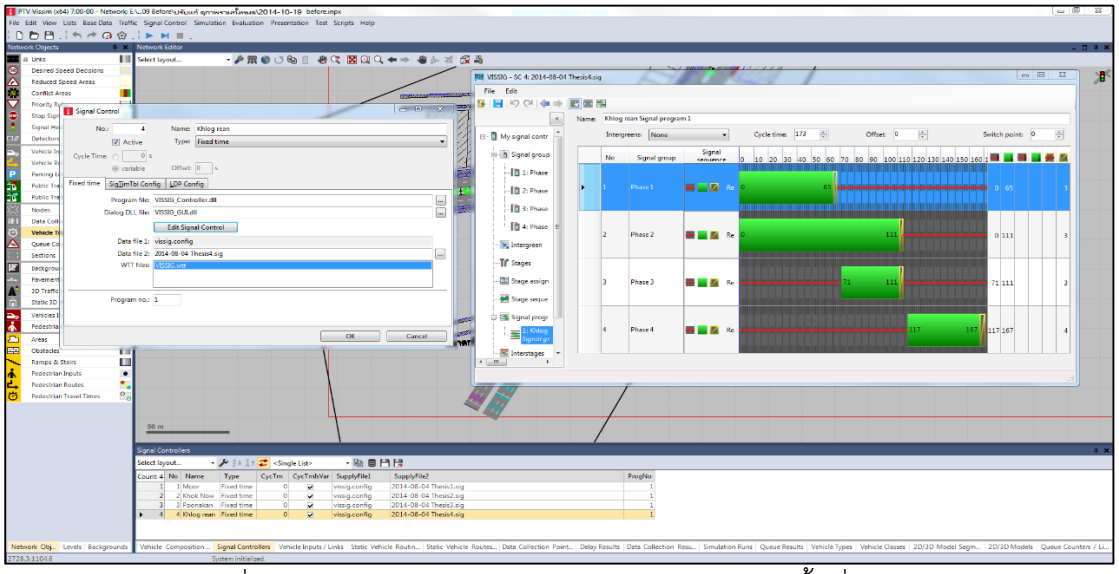
การนำเข้าข้อมูลของปริมาณการจราจรและการกำหนดทิศทางการจราจรของยานพาหนะแต่ละประเภทที่วิ่งผ่านบริเวณทางแยก จากทิศทางหนึ่งไปยังอีกทิศทางหนึ่ง (ซ้าย-ตรง-ขวา) พร้อมกรอกข้อมูลปริมาณการจราจรของยานพาหนะที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม ผู้วิจัยได้รวมประเภทของยานพาหนะเหลือเพียง 4 ประเภท คือ 1) รถจักรยานยนต์ 2) รถยนต์ 3) รถบรรทุก และ 4) รถบัส หลังจากนำเข้าข้อมูลปริมาณการจราจรแล้ว จะต้องมีการกำหนดทิศทางการจราจรจากต้นทางไปยังปลายทาง พร้อมกำหนดสัดส่วนของยานพาหนะแต่ละประเภทบนโครงข่ายถนนทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 3-9



รูปที่ 3-9 การกำหนดทิศทางจราจรและการนำเข้าข้อมูลปริมาณการจราจร

3.6.5 การจำลองจังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก

การจำลองจังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก เป็นการกำหนดระยะเวลารอบสัญญาณไฟจราจรในแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลการสำรวจภาคสนามจากขั้นตอนก่อนหน้า ซึ่งเป็นข้อมูลในช่วงเวลาปกติ (off peak) เนื่องจากในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนทั้งเช้าและเย็นเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรเป็นผู้ควบคุมระบบสัญญาณไฟจราจร ทำให้จำนวนรอบสัญญาณไฟจราจรไม่คงที่ จึงนำข้อมูลจังหวะสัญญาณไฟจราจรนอกช่วงเวลาเร่งด่วนมาใช้แทน ซึ่งลักษณะการจำลองระบบสัญญาณไฟจราจรบนถนนพื้นที่ศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 3-10



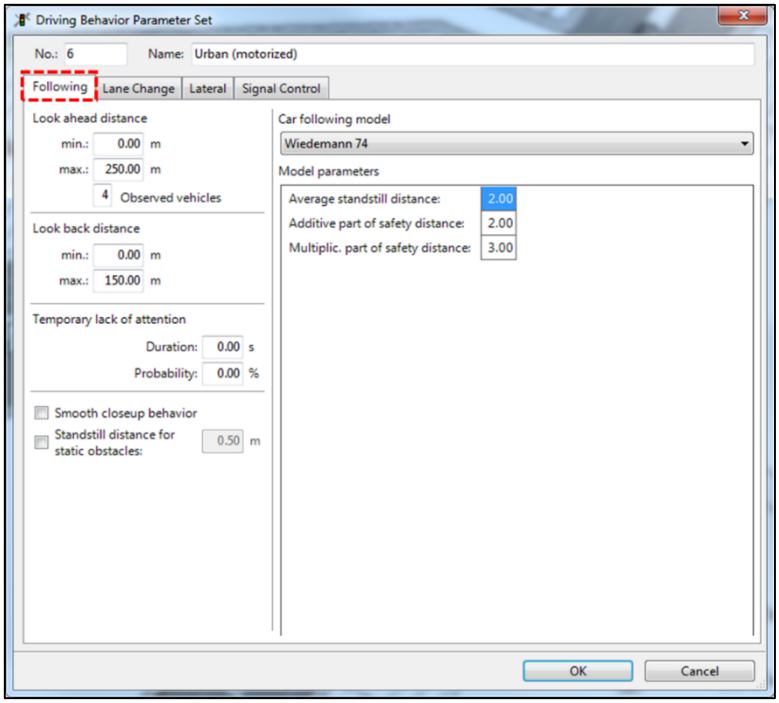
รูปที่ 3-10 การจำลองระบบสัญญาณไฟจราจรบนถนนพื้นที่ศึกษา

3.6.6 การกำหนดค่าตัวแปรด้านพฤติกรรมการขับขี่ของยานพาหนะ

การกำหนดค่าตัวแปรด้านพฤติกรรมการขับขี่ของยานพาหนะ (Driving Behavior Parameters) ในการพัฒนาแบบจำลองฐานด้วยโปรแกรม VISSIM ถือเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อให้ค่าที่ได้จากภาคสนามและแบบจำลองมีความสอดคล้องกัน โดยปกติโปรแกรม VISSIM มีค่าแนะนำเริ่มต้นในการใช้งาน แต่ในการพัฒนาแบบจำลองจำเป็นต้องมีการปรับแก้ค่าให้มีความเหมาะสมกับสภาพการจราจรบนถนนพื้นที่ศึกษา ตัวแปรด้านพฤติกรรมการขับขี่มี 3 กลุ่ม คือ 1) ตัวแปรพฤติกรรมการขับขี่ตามกัน 2) ตัวแปรพฤติกรรมการเปลี่ยนช่องจราจร และ 3) ตัวแปรพฤติกรรมการแซงของยานพาหนะ ซึ่งค่าที่มีความเหมาะสมของตัวแปรแต่ละกลุ่มในงานวิจัยนี้ ดังแสดงในรูปที่ 3-11 ถึงรูปที่ 3-13 ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ตัวแปรพฤติกรรมการขับขี่ตามกัน (Following parameters)

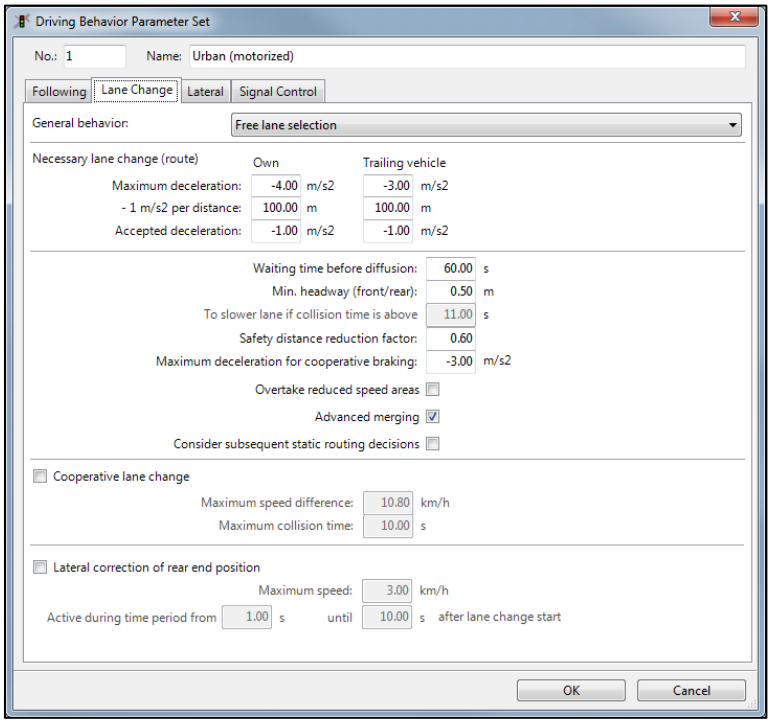
การกำหนดค่าตัวแปรพฤติกรรมการขับขี่ตามกัน เป็นการกำหนดระยะห่างที่มีความเหมาะสม โดยค่าตัวแปรที่ใช้ในการกำหนดพฤติกรรมการขับขี่ตามกันแบบ Widemann 74 (PTV, 2014) ซึ่งมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทดลองกำหนดค่า Max. Look ahead distance เท่ากับ 30 เมตร โดยอ้างอิงจากงานวิจัยของเจตษฎา คำผอง (2556) อย่างไรก็ตาม ผลจากการสังเกต พบว่า การกำหนดค่าดังกล่าวทำให้แบบจำลองไม่มีความสอดคล้องกับสภาพความจริง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองสุ่มค่าดังกล่าวจนพบว่า ค่าที่มีความเหมาะสมกับงานวิจัยนี้ คือ 250 เมตร ส่วนค่าอื่นๆ ผู้วิจัยได้ใช้ค่าเริ่มต้นของโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 3-11



รูปที่ 3-11 ตัวแปรด้านพฤติกรรมการขับขี่ตามกัน

2) ตัวแปรพฤติกรรมการเปลี่ยนช่องจราจร (Lane change parameters)

การกำหนดค่าตัวแปรพฤติกรรมการเปลี่ยนช่องจราจรสำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดค่า General behavior คือ free lane selection ซึ่งเป็นตัวกำหนดให้ยานพาหนะสามารถเปลี่ยนช่องจราจรใดก็ได้ เมื่อรับรู้ว่ายานพาหนะข้างหน้าขับขี่ช้ากว่าหรือมีสิ่งกีดขวาง ยานพาหนะสามารถเปลี่ยนช่องจราจรได้ทันที โดยค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ผู้วิจัยได้ทดสอบแบบจำลองโดยทดลองนำค่าอ้างอิงที่มีความเหมาะสมจากวิจัยของเสกสรร บุญฉวี (2553) แต่กลับพบว่า ค่าดังกล่าวไม่มีความสอดคล้องกับสภาพพื้นที่ในงานวิจัยนี้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ใช้ค่าเริ่มต้นจากโปรแกรมซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ศึกษามากกว่าค่าจากงานวิจัยข้างต้น ดังแสดงในรูปที่ 3-12

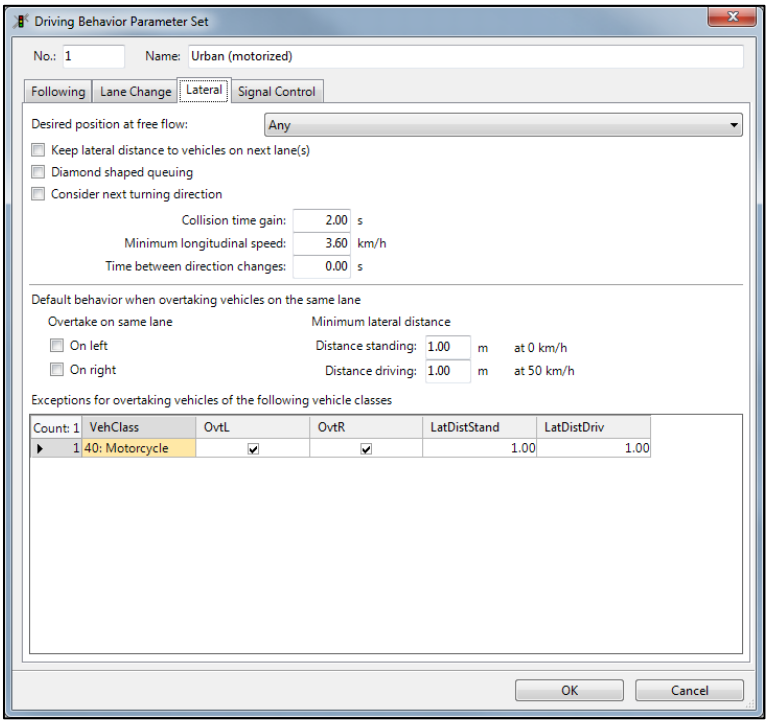


รูปที่ 3-12 ตัวแปรด้านพฤติกรรมการเปลี่ยนช่องจราจร

3) ตัวแปรพฤติกรรมการแซงของยานพาหนะ (Lateral parameters)

การกำหนดตัวแปรพฤติกรรมการแซงของยานพาหนะ เป็นการกำหนดให้ยานพาหนะประเภทใดบ้างสามารถแซงยานพาหนะประเภทเดียวกันหรือต่างประเภทได้ เมื่อความเร็วของยานพาหนะที่วิ่งตามกันมีความแตกต่างมาก ยานพาหนะที่ตามหลังสามารถแซงยานพาหนะในช่องถัดไปได้ เช่น รถจักรยานยนต์สามารถกำหนดให้มีการแซงในช่องจราจรเดียวกันได้ ผู้วิจัยได้กำหนดการจราจรไหลอย่างอิสระ และจากการสังเกตพฤติกรรมการแซงของยานพาหนะบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า รถจักรยานยนต์ มีพฤติกรรมการแซงด้านขวาเช่นเดียวกับรถยนต์ โดยกำหนดให้

ยานพาหนะทั้ง 2 ประเภทสามารถแซงได้ทางด้านขวา โดยเลือกเครื่องหมายถูกในช่อง Overtake on same lane เป็นแบบ On Right (ดังแสดงในรูปที่ 3-13) และกำหนดค่าตัวแปรอื่นๆ เป็นค่าเริ่มต้นของโปรแกรม

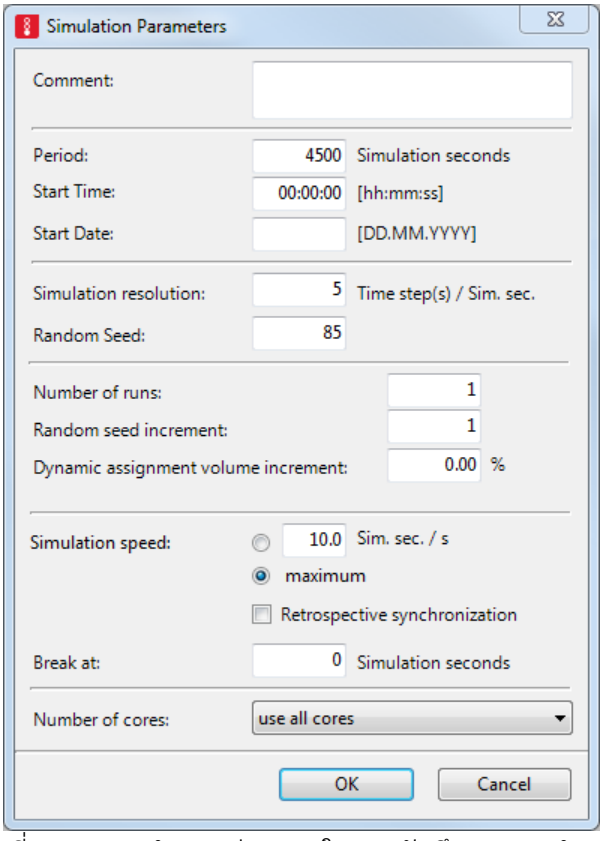


รูปที่ 3-13 การกำหนดพฤติกรรมการแซงของยานพาหนะ

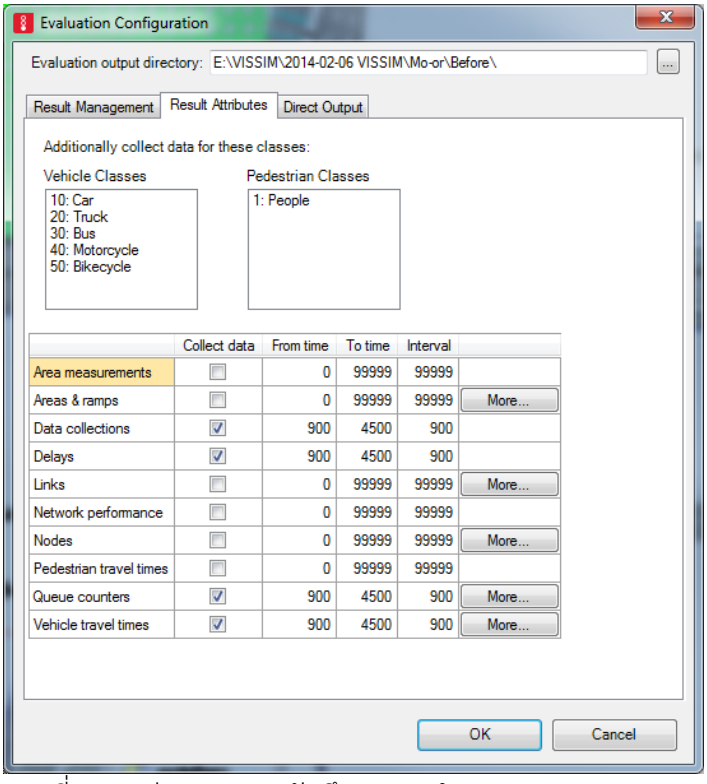
3.6.7 การกำหนดตัวแปรการจำลองสภาพการจราจรเพื่อบันทึกผลแบบจำลอง

การกำหนดตัวแปรเพื่อจำลองสภาพการจราจรด้วยโปรแกรม VISSIM ประกอบด้วย 1) เวลาที่ใช้ในการจำลอง (Period) เป็นการกำหนดเวลาการวิเคราะห์ผล ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดเวลาไว้ที่ 4,500 วินาที 2) ค่า Simulation resolution โดยงานวิจัยส่วนใหญ่กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 5 ส่วน 3) ค่า Random Seed เป็นการกำหนดโดยวิธีสุ่ม ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดไว้ที่ 85 และ 4) ค่า Number of cores โดยเลือกค่า use all cores เพื่อเพิ่มความสามารถและประสิทธิภาพการทำงานของคอมพิวเตอร์ให้มากที่สุด การกำหนดตัวแปรข้างต้นดังแสดงในรูปที่ 3-14

นอกจากนี้ ในงานวิจัยนี้ ได้กำหนดช่วงเวลาให้โปรแกรมบันทึกข้อมูลทุกๆ 900 วินาที โดยช่วงเวลาตั้งแต่ 0 - 900 วินาทีแรกจะไม่นำผลจากแบบจำลองมาพิจารณา เนื่องจากเป็นช่วงเริ่มต้นของการจำลอง แต่จะนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ผล ตั้งแต่วินาทีที่ 900 ถึงวินาทีที่ 4,500 ซึ่งการกำหนดช่วงเวลาการจำลองสภาพการจราจร ดังแสดงในรูปที่ 3-15



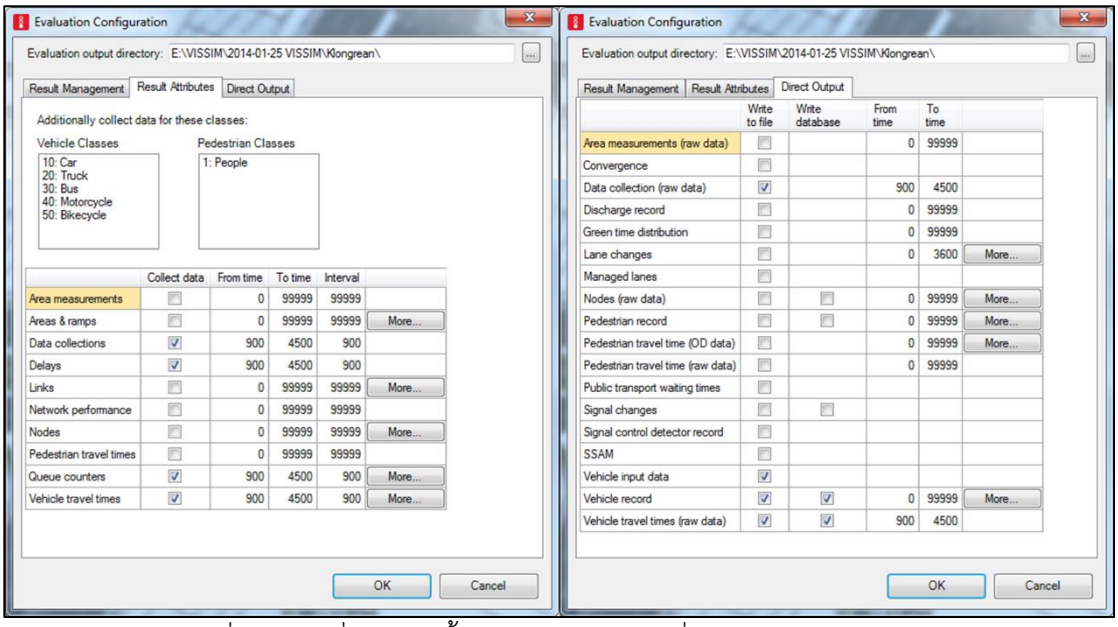
รูปที่ 3-14 การกำหนดช่วงเวลาในการบันทึกผลแบบจำลอง



รูปที่ 3-15 ช่วงเวลาการบันทึกผลการจำลองสภาพการจราจร

3.6.8 การเลือกใช้เครื่องมือเพื่อประเมินผลจากแบบจำลอง

การเลือกใช้เครื่องมือในการประเมินผลจากแบบจำลอง เป็นการนำข้อมูลจากเครื่องมือที่มีตัวชี้วัดจากโปรแกรมมาประเมินผลแบบจำลองฐาน ซึ่งโปรแกรม VISSIM มีเครื่องมือที่เป็นตัวชี้วัดในด้านต่างๆ มากมาย (ดังแสดงในรูปที่ 3-16) นอกจากนี้ การนำข้อมูลต่างๆ มาใช้งานนั้นจะต้องมีการตั้งค่าเพื่อเลือกเครื่องมือที่ตรงกับวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการศึกษาตัวแปรด้านการจราจรเป็นหลัก ผู้วิจัยจึงได้เลือกเครื่องมือตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย 1) ข้อมูลปริมาณการจราจร 2) ข้อมูลความยาวแถวคอย 3) ข้อมูลความล่าช้า 4) ข้อมูลเวลาในการเดินทาง และ 5) ข้อมูลการนำเข้าปริมาณการจราจร ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลที่ต้องนำไปใช้ในการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองในลำดับถัดไป



รูปที่ 3-16 เครื่องมือตัวชี้วัดจากแบบจำลองเพื่อใช้ในการประเมินผล

ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองฐานดังที่กล่าวมาข้างต้น เป็นเพียงการอธิบายขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองโดยย่อเท่านั้น เนื่องจากการจำลองสภาพการจราจรด้วยโปรแกรม VISSIM มีขั้นตอนและรายละเอียดจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงได้จัดทำขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม VISSIM แบบละเอียดไว้ในภาคผนวก ง

3.7 การปรับเทียบแบบจำลองฐาน

การปรับเทียบแบบจำลองเป็นกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องของผลที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลอง และทำการเปลี่ยนค่าตัวแปรบางตัวแปรในแบบจำลองฐาน เพื่อให้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองมีค่าที่ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด ดังนั้น ขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลองฐานถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ซึ่งการปรับเทียบแบบจำลองฐานสามารถทำได้โดยนำผลที่ได้จากแบบจำลองฐานเปรียบเทียบกับข้อมูลภาคสนามที่สำรวจในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น โดยผลที่ได้ต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงสามารถนำแบบจำลองฐานดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การจัดการจราจรต่อไปได้

โดยทั่วไป การปรับเทียบแบบจำลองฐาน มักพิจารณาจากตัวชี้วัดเช่น ปริมาณการจราจร ความยาวแถวคอย ความเร็ว เวลา และความล่าช้าในการเดินทาง เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ปริมาณการจราจรในการปรับเทียบแบบจำลองฐานเป็นหลัก ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบผลของปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกจากแบบจำลองฐานที่มีการสัญจรเข้าออกจากโครงข่ายถนนกับข้อมูลที่สำรวจจากภาคสนาม โดยใช้ข้อมูลปริมาณการจราจรช่วงเร่งด่วนเช้าช่วงเวลา 07:30-08:30 น. ผลการปรับเทียบแบบจำลองฐานแสดงในบทที่ 5

3.8 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐาน

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐาน มีวัตถุประสงค์เพื่อยืนยันว่าแบบจำลองฐานที่ได้ทำการปรับเทียบแล้วนั้นมีความถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด โดยการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐานมีวิธีดำเนินการเช่นเดียวกับการปรับเทียบแบบจำลองฐาน เพียงแต่เปลี่ยนข้อมูลปริมาณการจราจรที่นำเข้าในแบบจำลองใหม่ ซึ่งจากเดิมเป็นข้อมูลปริมาณการจราจรในช่วงเร่งด่วนเช้าเปลี่ยนเป็นข้อมูลปริมาณการจราจรช่วงเร่งด่วนเย็นเวลา 16:40-17:40 น. โดยข้อมูลดังกล่าว ถือว่าข้อมูลมีความอิสระจากกันสามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐานได้ ซึ่งผลของข้อมูลปริมาณการจราจรจากแบบจำลองฐานจะต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่สำรวจจากภาคสนามเช่นกัน ผลการปรับเทียบแบบจำลองฐานแสดงในบทที่ 5

3.9 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกบนเส้นทางศึกษา ได้นำมาตรการที่ได้จากการสำรวจสภาพปัญหาที่ส่งผลต่อการจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนในลำดับก่อนหน้านี้ โดยการประยุกต์จากแบบจำลองฐานเพื่อวิเคราะห์มาตรการจัดการจราจรโดยใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค มีรายละเอียดดังนี้

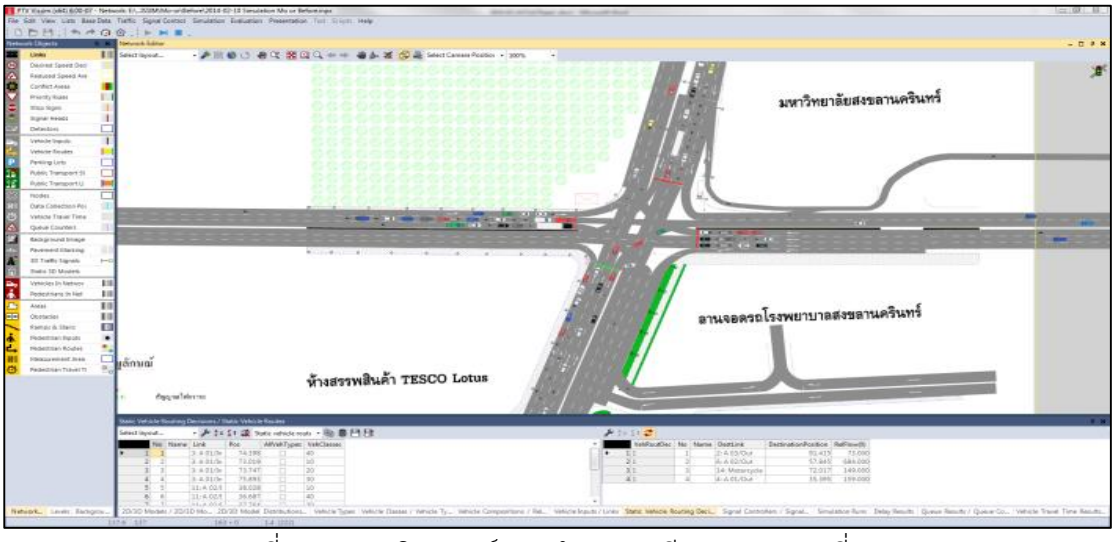
3.9.1 การวิเคราะห์สภาพการจราจรและการจัดการจราจรแบบทางแยกเดี่ยว

การศึกษากรณีทางแยกเดี่ยวเป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองฐานเพื่อทดสอบหามาตรการที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการแก้ไขปัญหาจราจรมากที่สุด โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองแบ่งออกเป็น 5 แบบจำลอง ดังนี้

แบบจำลองทางแยกเดี่ยว 1 สภาพการจราจรในปัจจุบัน
แบบจำลองทางแยกเดี่ยว 2 มาตรการการห้ามจอดรถ
แบบจำลองทางแยกเดี่ยว 3 มาตรการการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ
แบบจำลองทางแยกเดี่ยว 4 มาตรการการปรับเปลี่ยนทิศทางกระแสจราจร
แบบจำลองทางแยกเดี่ยว 5 การรวมทุกมาตรการ (มาตรการที่ 2+3+4)

การกำหนดแบบจำลองดังกล่าวข้างต้นนี้ มาจากผลการสำรวจสภาพปัญหาการจราจรบนเส้นทางศึกษา และได้สรุปเป็นมาตรการตัวอย่าง (ดังแสดงในรูปที่ 3-17) ผลการสำรวจสภาพปัญหาการจราจรมีรายละเอียดอยู่ในบทที่ 4

นอกจากนี้ การวิเคราะห์ผลจากแบบจำลองทั้ง 5 แบบจำลองนี้ ได้นำไปประยุกต์ใช้กับทั้ง 4 ทางแยก โดยผลการวิเคราะห์การจัดการจราจรบนถนนพื้นที่ศึกษากรณีแบบทางแยกเดี่ยวดังแสดงไว้ในบทที่ 5



รูปที่ 3-17 การวิเคราะห์แบบจำลองกรณีแบบทางแยกเดี่ยว

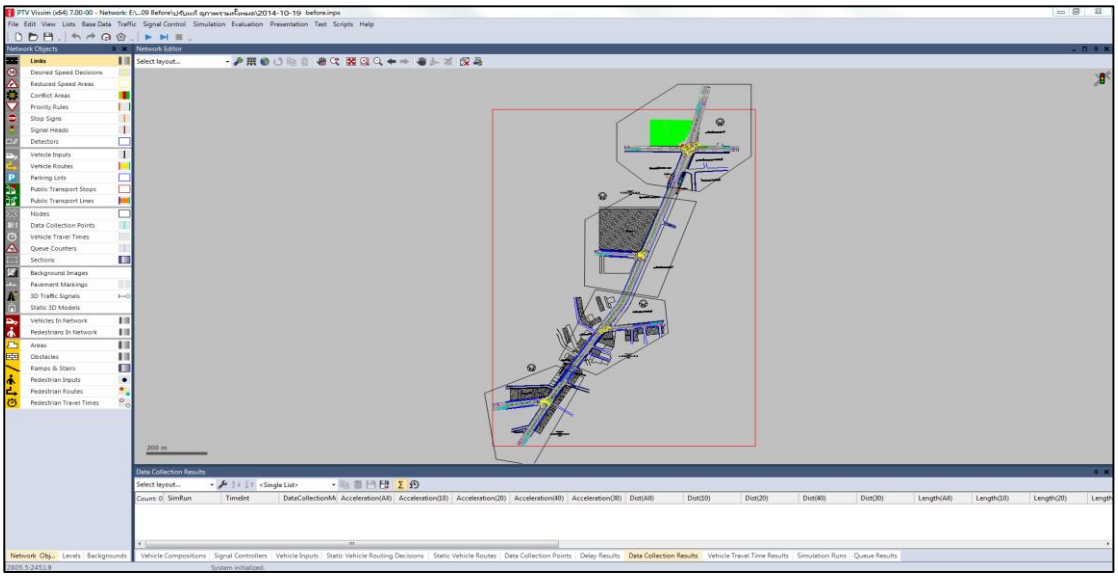
3.9.2 การวิเคราะห์สภาพการจราจรและการจัดการจราจรแบบชุดทางแยก

การวิเคราะห์สภาพการจราจรและการจัดการจราจรแบบชุดทางแยก เป็นการนำผลมาตรการที่ได้จากกรณีทางแยกเดี่ยวมาประยุกต์ เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรกรณีชุดทางแยก

การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรในการวิเคราะห์แบบจำลองการจัดการจราจรแบบชุดทางแยก ได้นำมาตรการจัดการจราจรจากแบบจำลองแบบทางแยกเดี่ยว พบว่าแบบจำลองที่ 5 การรวมกันทุกมาตรการ ซึ่งประกอบด้วย การห้ามจอดรถใกล้ทางแยก การปรับเปลี่ยนทิศทางกระแสจราจร และการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ (รายละเอียดกล่าวในบทที่ 5) นำมาสร้างแบบจำลองแบบชุดทางแยกร่วมกันทั้ง 4 ทางแยก (ดังแสดงในรูปที่ 3-18) โดยแบ่งการวิเคราะห์แบบจำลองออกเป็น 8 แบบจำลอง ดังนี้

แบบจำลองชุดทางแยก 1	สภาพการจราจรปัจจุบัน
แบบจำลองชุดทางแยก 2	ปรับปรุงเฉพาะทางแยกคลองเรียน
แบบจำลองชุดทางแยก 3	ปรับปรุงเฉพาะทางแยกปุณณกัณฑ์
แบบจำลองชุดทางแยก 4	ปรับปรุงเฉพาะทางแยก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
แบบจำลองชุดทางแยก 5	ปรับปรุงทางแยกคลองเรียนและทางแยกปุณณกัณฑ์
แบบจำลองชุดทางแยก 6	ปรับปรุงทางแยกคลองเรียนและทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
แบบจำลองชุดทางแยก 7	ปรับปรุงทางแยกปุณณกัณฑ์และทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
แบบจำลองชุดทางแยก 8	ปรังปรุงทุกทางแยกร่วมกัน

การวิเคราะห์แบบชุดทางแยกทั้ง 8 แบบจำลองข้างต้น ผู้วิจัยไม่ได้นำทางแยกโคกนาวมาพิจารณาร่วมด้วย เนื่องจากทางแยกดังกล่าวมีปัญหาน้อยกว่าทางแยกอื่นๆ บนเส้นทางศึกษา ประกอบกับข้อจำกัดด้านงบประมาณและเวลาในงานวิจัย ซึ่งงานวิจัยในอนาคตควรพิจารณาทางแยกโคกนาวด้วย โดยผลการวิเคราะห์การจัดการจราจรแบบชุดทางแยกแสดงไว้ในบทที่ 6



รูปที่ 3-18 การวิเคราะห์แบบจำลองกรณีแบบชุดทางแยก

3.9.3 การวิเคราะห์สัดส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน

ขั้นตอนสุดท้าย เป็นการวิเคราะห์หาผลประโยชน์และต้นทุนจากมาตรการจัดการจราจร โดยเป็นการประมาณต้นทุนค่าก่อสร้างจากจัดการจราจรที่มีประสิทธิภาพเป็นหลัก ซึ่งเป็นการประมาณเนื้องานในแต่ละทางแยกโดยอ้างอิงราคากลางจากสำนักงานบำรุงทางสงขลาที่ 2 (2557) ร่วมกับราคากลางจากเทศบาลนครหาดใหญ่ (2557) ซึ่งผลการประมาณต้นทุนของมาตรการจัดการจราจรและผลประโยชน์แสดงไว้ในบทที่ 6

3.10 สรุปผลการศึกษาและเสนอแนะ

ผลจากการวิเคราะห์มาตรการต่างๆ ของแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคที่กล่าวมาในหัวข้อ 3.9 โดยนำมาตรการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดและมีความคุ้มค่าในการลงทุน เสนอเป็นมาตรการแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่มีความสนใจในการแก้ไขปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกบนเส้นทางศึกษาต่อไป ซึ่งผลการสรุปและข้อเสนอแนะต่างๆ ได้กล่าวไว้ในบทที่ 7

บทที่ 4
ผลการศึกษาสภาพการจราจรและปัญหาการจราจรบนเส้นทางศึกษา

ผู้วิจัยได้สำรวจสภาพการจราจรและปัญหาการจราจรบนเส้นทางศึกษาทั้ง 4 ทางแยก และได้ติดตามผลการนำข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหาการจราจรไปใช้ปฏิบัติงานจริง โดยมีผลการศึกษาในแต่ละประเด็น ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาสภาพการจราจรบนเส้นทางศึกษา

ผู้วิจัยได้ศึกษา ข้อมูลทั่วไปและลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก ปริมาณการจราจร สัดส่วนยานพาหนะ ความเร็วของยานพาหนะ และจังหวะสัญญาณไฟจราจร โดยมีผลการศึกษา ดังนี้

4.1.1 ข้อมูลทั่วไปและลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกในปัจจุบัน พร้อมทั้งรายละเอียดตำแหน่งอุปกรณ์การควบคุมการจราจรต่างๆ ของทั้ง 4 ทางแยก โดยรายละเอียดของแต่ละทางแยก มีดังนี้

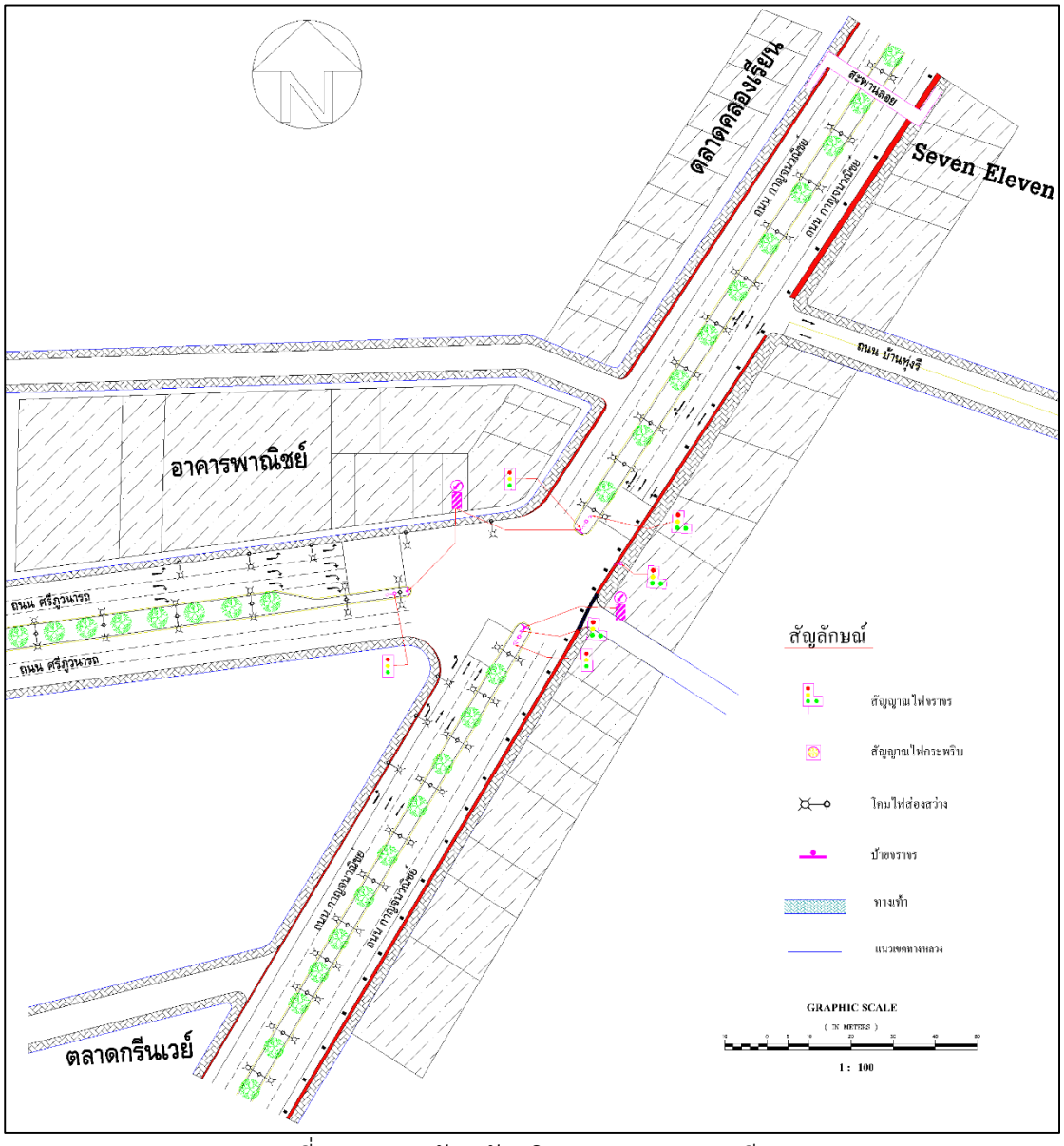
1) ทางแยกคลองเรียน

ทางแยกคลองเรียน (รูปที่ 4-1) มีลักษณะเป็นสามแยกรูปตัว T ที่เกิดจากถนนกาญจนวณิชย์ตัดกับถนนศรีภูวนารถ มีการควบคุมการจราจรด้วยสัญญาณไฟจราจรทุกทิศทาง (แบบ 3 จังหวะ) ปริมาณการจราจรสูงสุดที่ผ่านทางแยกในช่วงเวลาเร่งด่วนประมาณ 1,300 PCU/ชั่วโมง และจำนวนรอบสัญญาณไฟจราจรเท่ากับ 173 วินาที (สำรวจเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2556)

ถนนกาญจนวณิชย์ บริเวณทางแยกคลองเรียนเป็นถนนขนาด 6 ช่องจราจร แบ่งเป็น 3 ช่องจราจรในแต่ละทิศทาง กว้างเฉลี่ยช่องละ 3.00 เมตร มีเกาะกลางกว้างประมาณ 3.40 เมตร มีการปลูกต้นไม้ยืนต้นบนเกาะกลางตลอดความยาวถนน ถนนบริเวณทางแยกคลองเรียนไม่สามารถกลับรถได้ และผิวจราจรเป็นแบบแอสฟัลท์ติกคอนกรีต นอกจากนี้บริเวณช่วงถนนระหว่างทางแยกคลองเรียนถึงทางแยกปุณณกัณฑ์ มีตลาดสดอยู่ฝั่งทิศตะวันออกและตะวันตกของถนน มีการจอดรถส่วนตัวในช่องเดินรถโดยสารสาธารณะ และมีการจอดรถซ้อนคันจำนวนมากในบริเวณดังกล่าวเป็นประจำ ส่งผลให้สภาพการจราจรติดขัดตามมา

ถนนศรีภูวนารถ บริเวณทางแยกคลองเรียนเป็นถนนที่ใช้สัญจรเข้าและออกเมืองหาดใหญ่ มีขนาด 6 ช่องจราจร แบ่งเป็น 3 ช่องจราจรในแต่ละทิศทาง มีความกว้างเฉลี่ยช่องละ 3.00 เมตร สามารถจอดรถได้ในช่องจราจรซ้ายสุดของถนนจำนวน 1 ช่องจราจรทั้งสองทิศทาง มีช่อง

จราจรสำหรับรอเลี้ยวขวากว้าง 2.00 เมตร ยาว 30.00 เมตร มีการปลูกต้นไม้บนเกาะกลางคอนกรีตแบบถาวรตลอดความยาว มีทางเดินเท้ากว้างประมาณ 2.60 เมตร ตลอดความยาวถนน และผิวจราจรเป็นแบบแอสฟัลท์ติกคอนกรีต นอกจากนี้บริเวณทางแยกมีการประกอบกิจการของอาคารพาณิชย์ซึ่งมักมีการจอดรถซ้อนคันบริเวณทางแยก ทำให้รถที่ต้องการเลี้ยวซ้ายไปยังถนนกาญจนวณิชย์ไม่สามารถสัญจรผ่านไปได้โดยสะดวกและปลอดภัย ก่อให้เกิดปัญหาจราจรติดขัดและอุบัติเหตุตามมา สำหรับตำแหน่งอุปกรณ์การควบคุมจราจรที่ทางแยก เขตทาง เสาไฟฟ้า ทางเดินเท้า และป้ายจราจรต่างๆ บริเวณทางแยกคลองเรียนดังแสดงในรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 สภาพปัจจุบันบริเวณทางแยกคลองเรียน

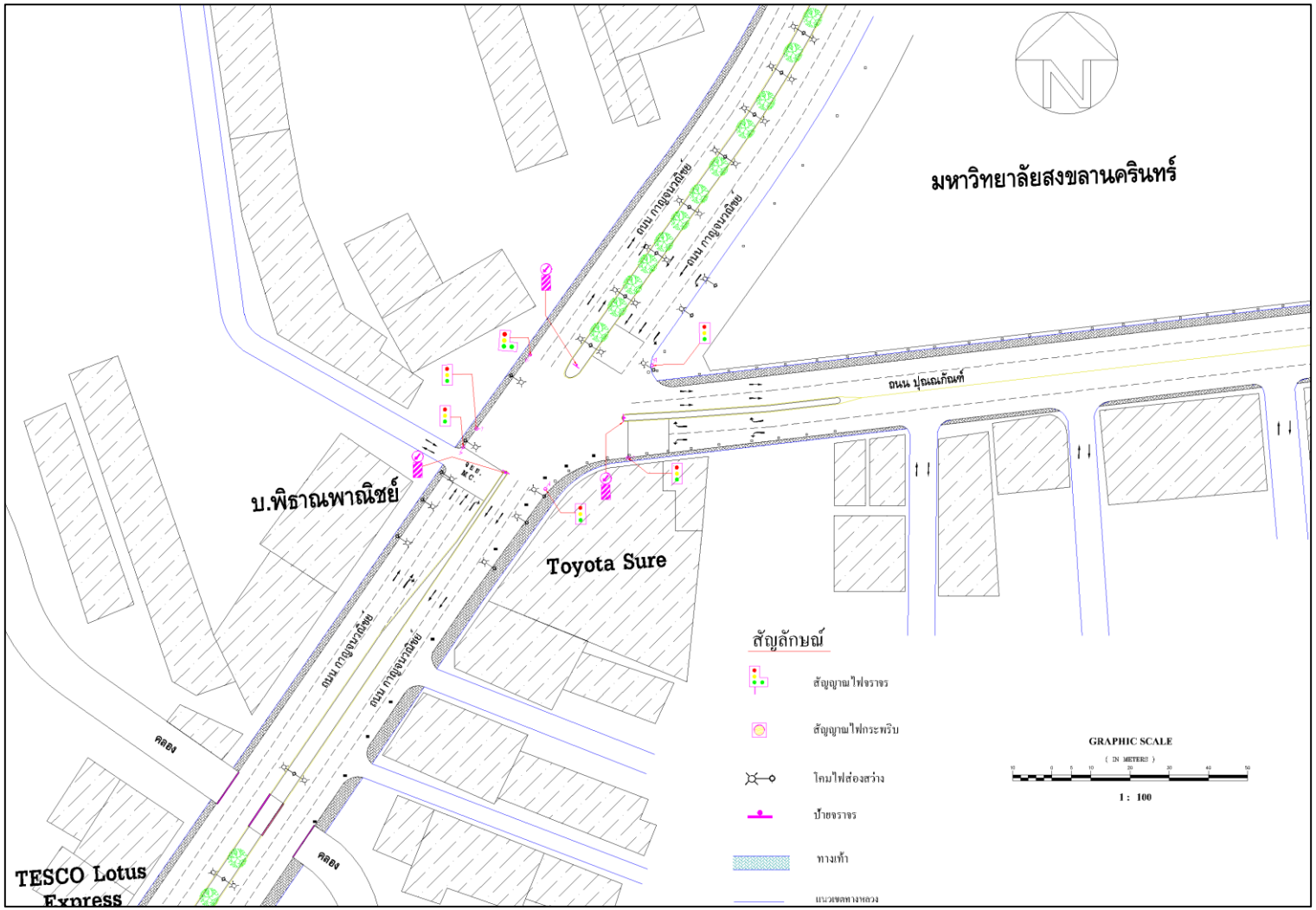
2) ทางแยกปุณณกัณฑ์

ทางแยกปุณณกัณฑ์ (รูปที่ 4-2) มีลักษณะเป็นสามแยกรูปตัว Y และมีทางเชื่อมขนาด 1 ช่องจราจรที่ทางแยก (ซอย.กาญจนวณิชย์ 18/3) ทางแยกนี้เกิดจากถนนกาญจนวณิชย์ตัดกับถนนปุณณกัณฑ์ มีการควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจรทุกทิศทาง (แบบ 3 จังหวะ) และปริมาณการจราจรสูงสุดที่ผ่านทางแยกในช่วงเวลาเร่งด่วนประมาณ 1,200 PCU/ชั่วโมง จำนวนรอบสัญญาณไฟจราจรช่วงเวลาเร่งด่วนเท่ากับ 164 วินาที/รอบ (สำรวจเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2556)

ถนนกาญจนวณิชย์ บริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์เป็นถนนขนาด 6 ช่องจราจร แบ่งเป็น 3 ช่องจราจรในแต่ละทิศทาง กว้างเฉลี่ยช่องละ 3.30 เมตร มีเกาะกลางกว้างประมาณ 3.30 เมตร มีช่องจราจรสำหรับรถบนถนนกาญจนวณิชย์จากทิศใต้สามารถรอเลี้ยวขวาไปยังถนนปุณณกัณฑ์ได้ โดยมีความกว้าง 2.60 เมตร ยาว 30.00 เมตร และสามารถกลับรถที่จุดนี้ได้เมื่อมีสัญญาณไฟเขียว ผิวจราจรเป็นแบบแอสฟัลท์ติกคอนกรีต

ถนนปุณณกัณฑ์ บริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์เป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจร แบ่งเป็น 2 ช่องจราจรในแต่ละทิศทาง กว้างช่องละ 3.50 เมตร และในช่วงทางแยกมีเกาะกลางคอนกรีตกว้าง 0.70 เมตร ยาว 70.00 เมตร จากนั้นแบ่งช่องจราจรด้วยเกาะสี มีทางเดินเท้ากว้างประมาณ 1.00 เมตร ทั้งสองข้าง ผิวจราจรเป็นแอสฟัลท์ติกคอนกรีต ถนนเส้นนี้เป็นถนนที่ใช้ในการสัญจรเข้าและออกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และศูนย์ประชุมนานาชาติฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี อีกทั้งเป็นเส้นทางสัญจรของผู้ที่อาศัยในหอพัก และคอนโดมิเนียม ผู้ประกอบการและผู้ใช้บริการอาคารพาณิชย์และร้านอาหาร รวมทั้งเป็นเส้นทางลัดไปยังอำเภอนาหม่อมและจังหวัดสงขลาได้อีกด้วย

ลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์ พร้อมทั้งตำแหน่งอุปกรณ์การควบคุมจราจรที่ทางแยก เขตทาง เสาไฟฟ้า ทางเดินเท้า และป้ายจราจรต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4-2



รูปที่ 4-2 สภาพปัจจุบันบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์

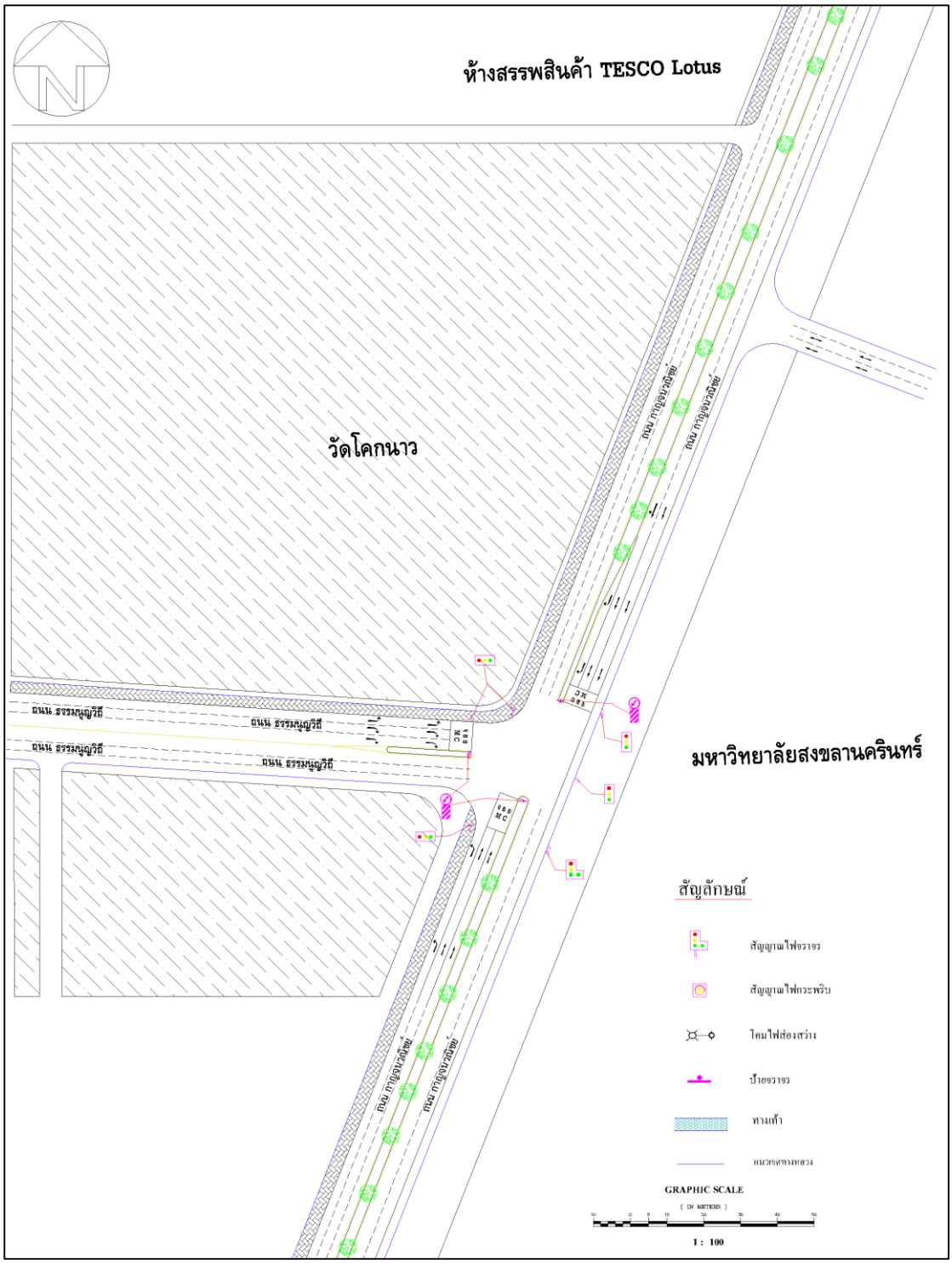
3) ทางแยกโคกนาว

ทางแยกโคกนาว (รูปที่ 4-3) เป็นสามแยกรูปตัว T เกิดจากถนนกาญจนวณิชย์ตัดกับถนนธรรมนูญวิถี มีการควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจรทุกทิศทาง (แบบ 3 จังหวะ) มีปริมาณการจราจรผ่านทางแยกสูงสุดในช่วงเวลาเร่งด่วนประมาณ 1,600 PCU/ชั่วโมง และจำนวนรอบสัญญาณไฟจราจรเท่ากับ 125 วินาที/รอบ (สำรวจเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2556)

ถนนกาญจนวณิชย์ บริเวณทางแยกโคกนาวเป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจร แบ่งเป็น 2 ช่องจราจรในแต่ละทิศทาง กว้างเฉลี่ยช่องละ 3.50 เมตร มีเกาะกลางกว้าง 3.30 เมตร มีไหล่ทางกว้าง 1.70 เมตร สามารถกลับรถได้เมื่อมีสัญญาณไฟเขียว และมีช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวขวาไปยังถนนธรรมนูญวิถี กว้าง 2.60 เมตร ยาว 25.00 เมตร ผิวจราจรเป็นแบบแอสฟัลท์ติกคอนกรีต

ถนนธรรมนูญวิถี บริเวณทางแยกโคกนาวเป็นถนนขนาด 6 ช่องจราจร แบ่งเป็น 3 ช่องจราจรในแต่ละทิศทาง กว้างเฉลี่ยช่องละ 3.50 เมตร บริเวณข้างทางของถนนธรรมนูญวิถีสามารถจอดรถได้ในช่องซ้ายสุดของถนนจำนวน 1 ช่องทั้งสองทิศทาง บริเวณทางแยกมีเกาะคอนกรีตกว้าง 1.00 เมตร ยาวประมาณ 30.00 เมตร และไกลออกไปจากทางแยกใช้เกาะสีในการแบ่งช่องจราจร มีทางเท้ากว้างประมาณ 2.70 เมตร ทั้งสองฝั่งผิวจราจรเป็นแบบแอสฟัลท์ติกคอนกรีต

ลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกโคกนาว พร้อมทั้งตำแหน่งอุปกรณ์การควบคุมจราจรที่ทางแยก เขตทาง เสาไฟฟ้า ทางเดินเท้า และป้ายจราจรต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-3 สภาพปัจจุบันบริเวณทางแยกวัดโคกนาว

4) ทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (รูปที่ 4-4) มีลักษณะเป็นสี่แยกระหว่างถนนกาญจนวณิชย์ตัดกับถนนศุภสารรังสรรค์ มีการควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจรทุกทิศทาง (แบบ 4 จังหวะ) มีปริมาณการจราจรสูงสุดที่ผ่านทางแยกในช่วงเวลาเร่งด่วนประมาณ 4,750 PCU/ชั่วโมง และจำนวนรอบสัญญาณไฟจราจรเท่ากับ 226 วินาที (สำรวจเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2556)

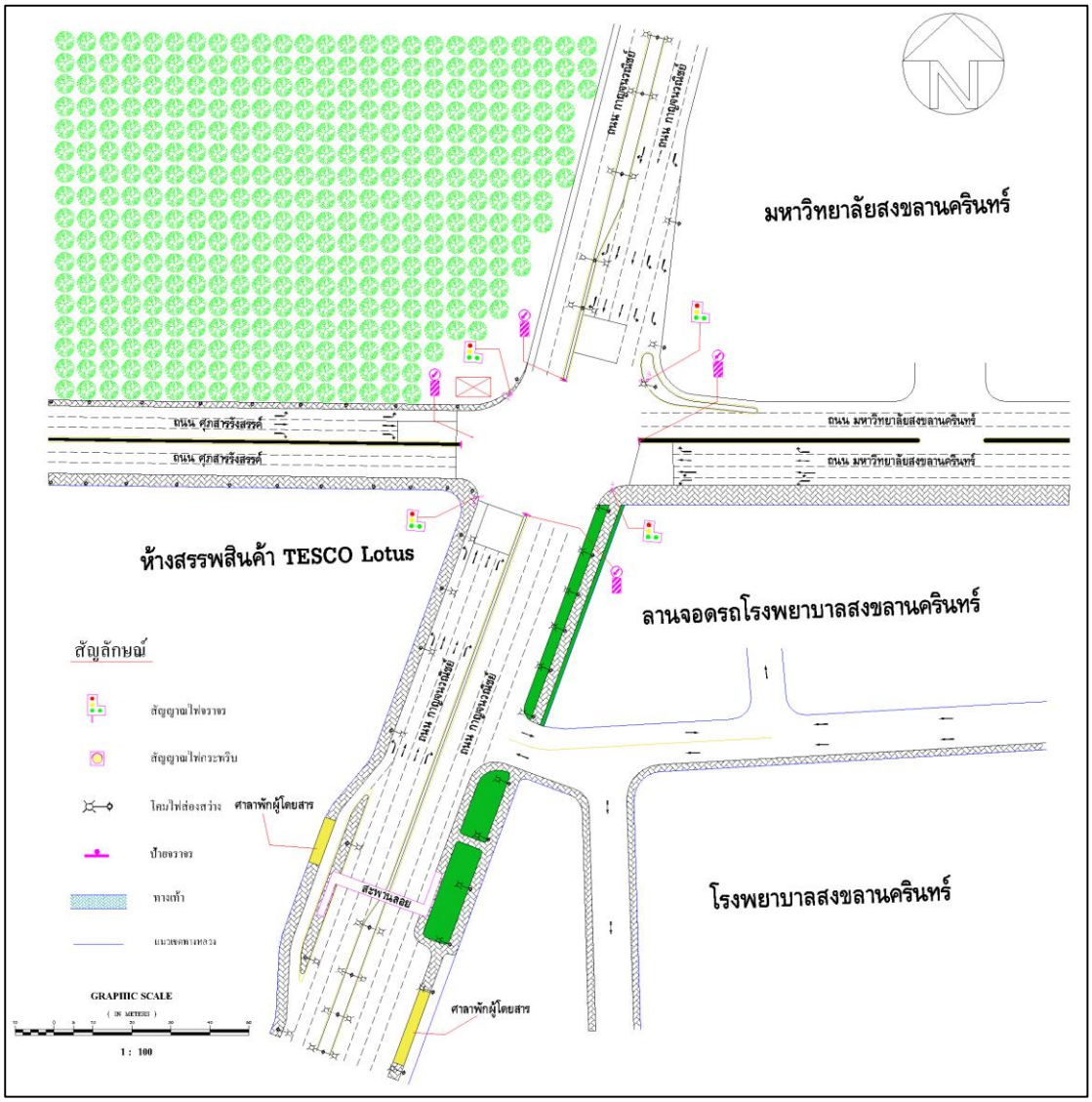
ถนนกาญจนวณิชย์ฝั่งห้างเทสโก้โลตัส (ทิศใต้) มีช่องจราจรในช่วงทางแยกจำนวน 8 ช่องจราจร แบ่งเป็น 4 ช่องจราจรในแต่ละทิศทาง มีช่องจราจรสำหรับเลี้ยวซ้าย 1 ช่องจราจร กว้าง 3.60 เมตร ส่วนช่องจราจรทางตรงมี 2 ช่องจราจร กว้างเฉลี่ย 3.50 เมตร ช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวขวาและกลับรถได้เมื่อมีสัญญาณไฟเขียว กว้าง 0.80 เมตร ยาว 110.00 เมตร นอกจากนี้ บริเวณช่วงถนนก่อนถึงทางแยกมีทางเบี่ยงสำหรับจอดรถรับส่งผู้โดยสารทั้ง 2 ทิศทางของถนน ปัจจุบันผู้ขับรถโดยสารสาธารณะไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร มักรับส่งผู้โดยสารนอกเขตพื้นที่รับส่ง ส่งผลให้มีการจอดรถบริเวณห้ามจอด(ขาว-แดง) และมีการจราจรติดขัดตามมา มีสะพานลอยสำหรับคนเดินเท้าห่างจากทางแยก 100.00 เมตร อยู่บริเวณหน้าห้างเทสโก้โลตัส บันไดสะพานลอยมีความลาดชันและแคบมาก ทำให้ผู้สูงอายุ ผู้ทุพลภาพ และผู้เดินเท้าทั่วไปเดินค่อนข้างลำบาก ทำให้เกิดปัญหาการเดินลัดข้ามถนนมากขึ้น เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุต่อคนเดินเท้าได้

ถนนกาญจนวณิชย์ฝั่งมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ทิศเหนือ) มีช่องจราจรในช่วงทางแยกจำนวน 6 ช่องจราจร ประกอบด้วยช่องรอเลี้ยวขวา 1 ช่องจราจร กว้าง 0.80 เมตร ยาว 40.00 เมตร สามารถกลับรถได้เมื่อมีสัญญาณไฟเขียว ช่องทางตรง 2 ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.70 เมตร และช่องเลี้ยวซ้ายเข้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ กว้าง 3.00 เมตร สามารถเลี้ยวซ้ายผ่านตลอด ส่วนในทิศทางตรงข้ามมีจำนวนช่องจราจร 2 ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.00 เมตร มีไหล่ทางกว้าง 1.50 เมตร ผิวจราจรเป็นแบบแอสฟัลท์ติกคอนกรีต

ถนนศุภสารรังสรรค์ บริเวณทางแยกมีขนาด 6 ช่องจราจร แบ่งเป็น 3 ช่องจราจรในแต่ละทิศทาง กว้างช่องละ 2.80 เมตร มีทางเดินเท้ากว้าง 2.00 เมตร ตลอดความยาว มีเกาะกลางคอนกรีต กว้าง 0.70 เมตร ผิวจราจรเป็นแบบแอสฟัลท์ติกคอนกรีต

ถนนทางเข้าประตูมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีช่องจราจร 6 ช่องจราจร ในทิศทางขาเข้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีจำนวน 2 ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.00 เมตร และมีช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ 1 ช่อง กว้าง 1.70 เมตร ส่วนในทิศทางขาออกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์มีจำนวน 3 ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.00 เมตร และมีเกาะกลางคอนกรีตกว้าง 1.00 เมตร

ลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พร้อมทั้งตำแหน่งอุปกรณ์การควบคุมจราจรที่ทางแยก เขตทาง เสาไฟฟ้า ทางเดินเท้า และป้ายจราจรต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4-4



รูปที่ 4-4 สภาพปัจจุบันบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

4.1.2 ปริมาณการจราจร

ผลการสำรวจปริมาณการจราจรบนเส้นทางศึกษา พบว่า ปริมาณการจราจรบนเส้นทางศึกษามีจำนวนของยานพาหนะหลายประเภท ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งขนาด น้ำหนักและความคล่องตัว ส่งผลให้เกิดการติดขัดของสภาพการจราจร เช่น รถบรรทุก รถพ่วง มักมีความเร็วต่ำและการครอบครองพื้นที่ถนนมากกว่ารถยนต์ส่วนบุคคล เป็นต้น ดังนั้น ในการสำรวจของผู้วิจัยจึงได้จำแนกยานพาหนะออกเป็น 8 ประเภท โดยยานพาหนะแต่ละประเภทถูกกำหนดให้อยู่ในหน่วยเทียบเท่าของรถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger Car Unit หรือ PCU) ซึ่งเป็นหน่วยมาตรฐานที่นิยมใช้และทำการรวมปริมาณการจราจรของยานพาหนะทุกประเภทให้อยู่ในหน่วยเทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคล โดยค่า PCU ของยานพาหนะแต่ละประเภทดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ค่าหน่วยเทียบเท่าของรถยนต์ส่วนบุคคลของยานพาหนะของรถประเภทต่างๆ

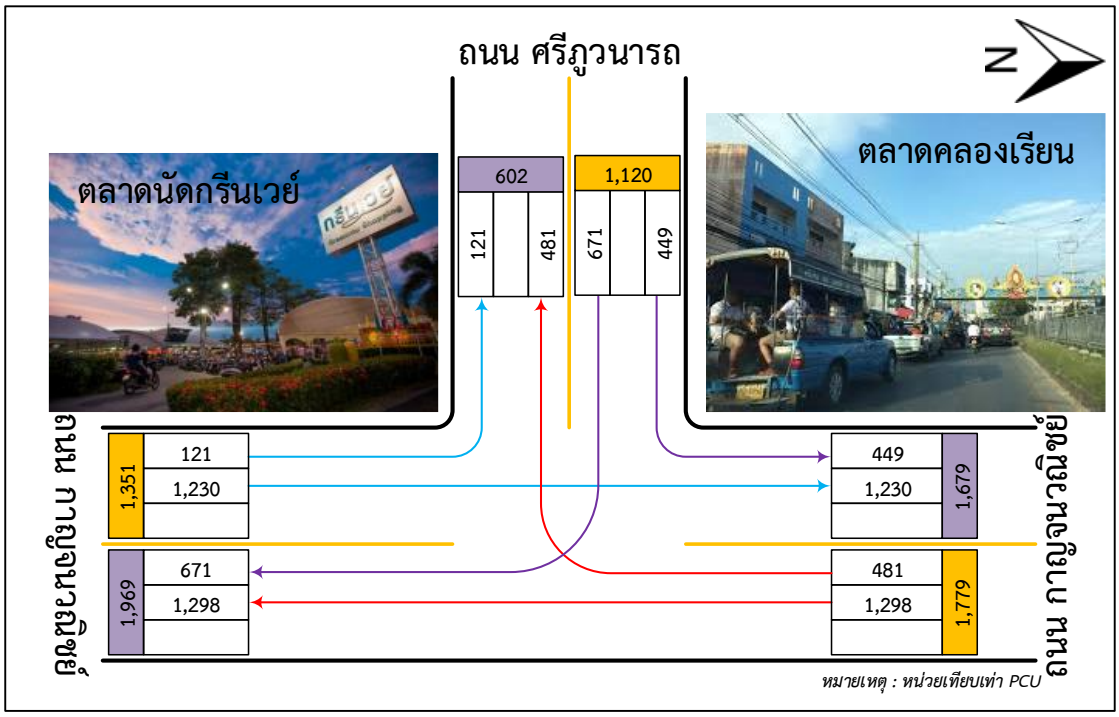
ชนิดของยานพาหนะ	ค่า PCU
รถจักรยานยนต์	0.33
รถยนต์ส่วนบุคคล	1.00
รถบรรทุกเล็ก 4 ล้อ	1.00
รถบรรทุกกลาง 6 ล้อ	2.10
รถบรรทุกใหญ่ 10 ล้อ/รถบรรทุกพ่วง/รถบรรทุกกึ่งพ่วง	2.50
รถตู้โดยสาร/รถสองแถว	1.50
รถโดยสารขนาดกลาง	1.50
รถโดยสารขนาดใหญ่	2.10

ที่มา: สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง (2556)

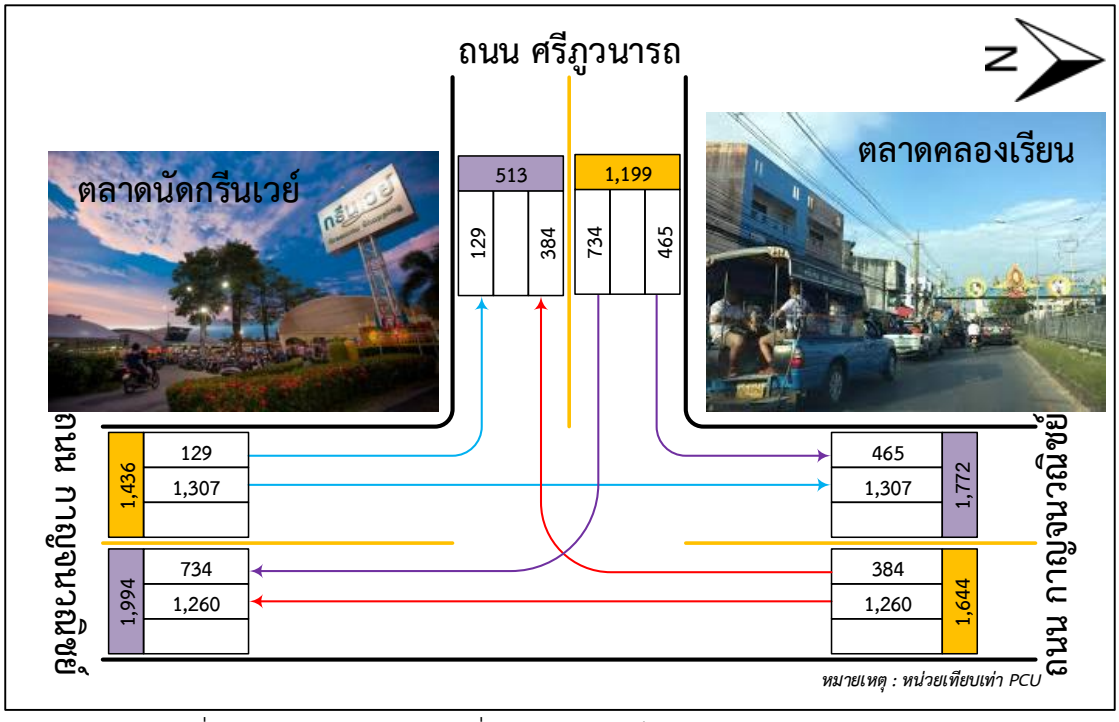
ผลการคำนวณปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกในหน่วยเทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคลบนเส้นทางศึกษาทั้ง 4 ทางแยกในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น ดังแสดงในรายละเอียดต่อไปนี้

1) ทางแยกคลองเรียน

การสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจรที่ทางแยกคลองเรียนช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (07:00-09:00 น.) และชั่วโมงเร่งด่วนเย็น (16:00-18:00 น.) เมื่อวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2556 ผลการสำรวจข้อมูลภาคสนาม สรุปดังแสดงในรูปที่ 4-5 และรูปที่ 4-6 ตามลำดับ ซึ่งมีหน่วยเทียบเท่าเป็น PCU/ชั่วโมง



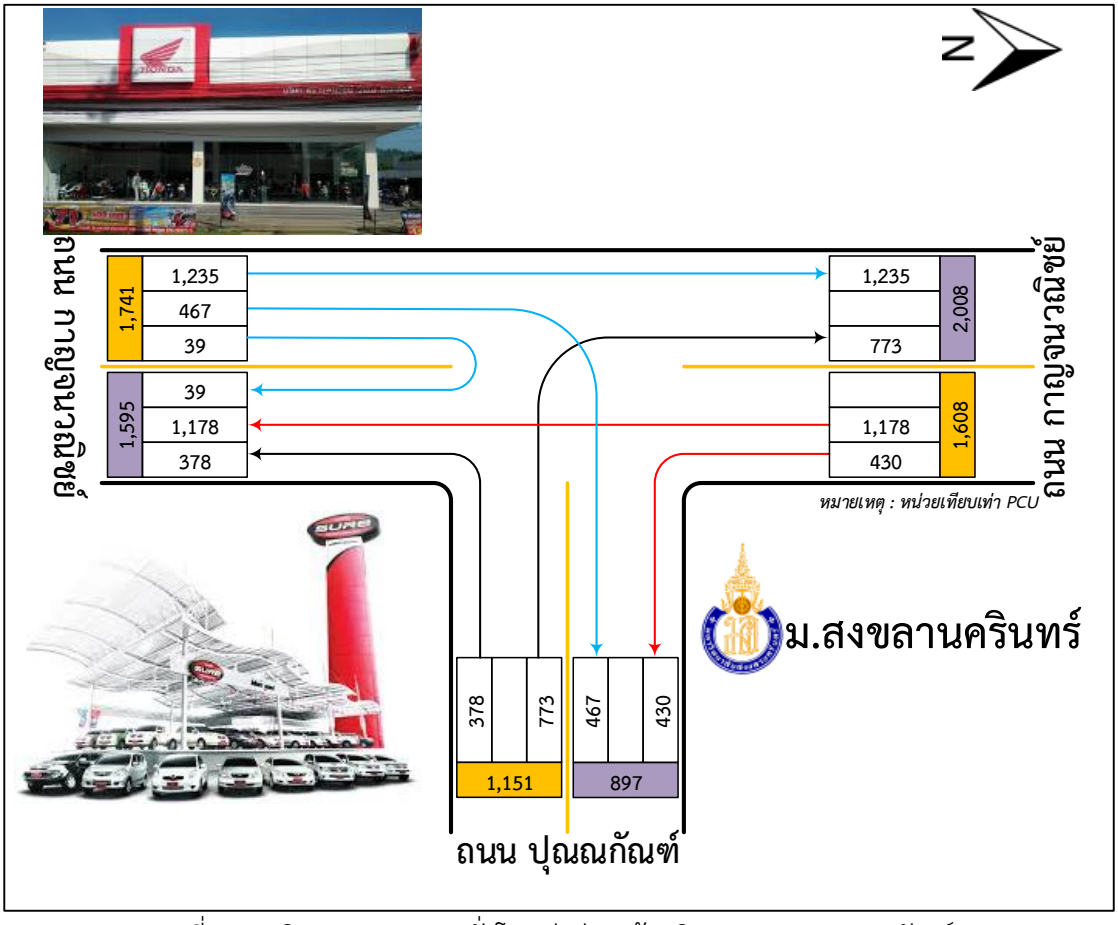
รูปที่ 4-5 ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเช้าบริเวณทางแยกคลองเรียน



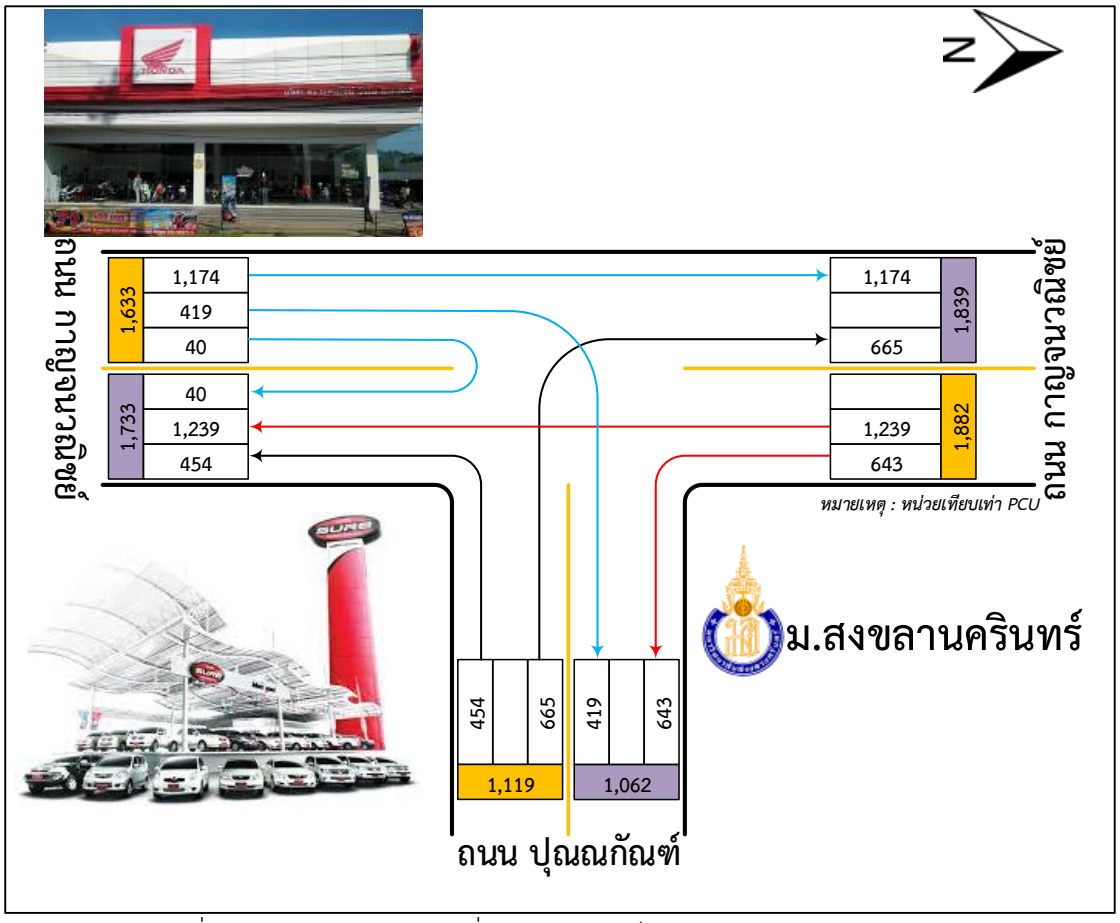
รูปที่ 4-6 ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเย็นบริเวณทางแยกคลองเรียน

2) ทางแยกปุณณกัณฑ์

การสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจรที่ทางแยกปุณณกัณฑ์ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (07:00-09:00 น.) และชั่วโมงเร่งด่วนเย็น (16:00-18:00 น.) เมื่อวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2556 ผลการสำรวจข้อมูลภาคสนาม สรุปดังแสดงในรูปที่ 4-7 และรูปที่ 4-8 ตามลำดับ ซึ่งมีหน่วยเทียบเท่าเป็น PCU/ชั่วโมง



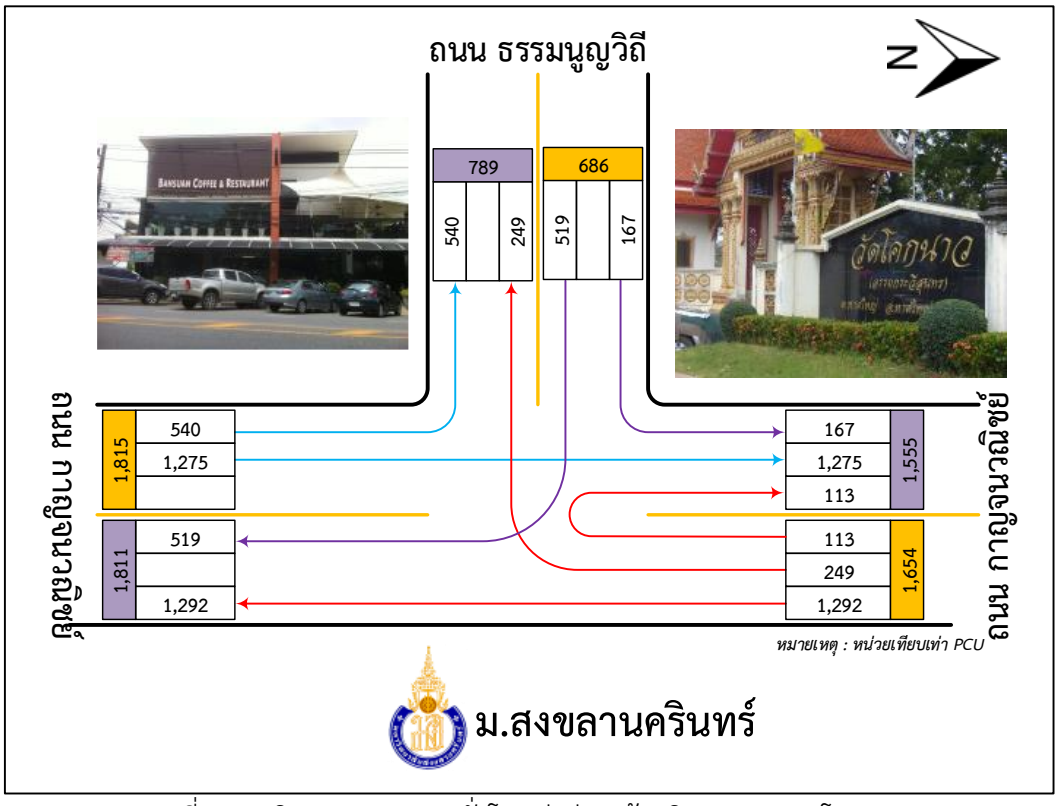
รูปที่ 4-7 ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเช้าบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์



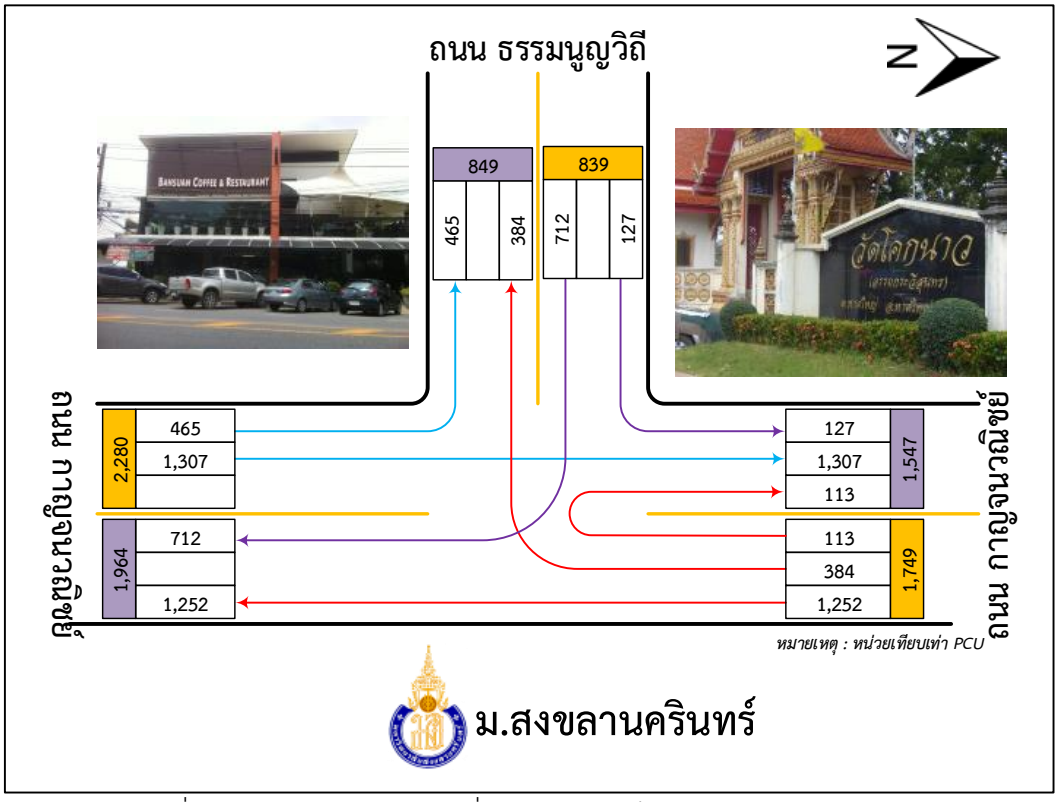
รูปที่ 4-8 ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเย็นบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์

3) ทางแยกโคกนาว

การสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจรที่ทางแยกโคกนาวช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (07:00-09:00 น.) และชั่วโมงเร่งด่วนเย็น (16:00-18:00 น.) เมื่อวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2556 ผลการสำรวจข้อมูลภาคสนาม สรุปดังแสดงในรูปที่ 4-9 และรูปที่ 4-10 ตามลำดับ ซึ่งมีหน่วยเทียบเท่าเป็น PCU/ชั่วโมง



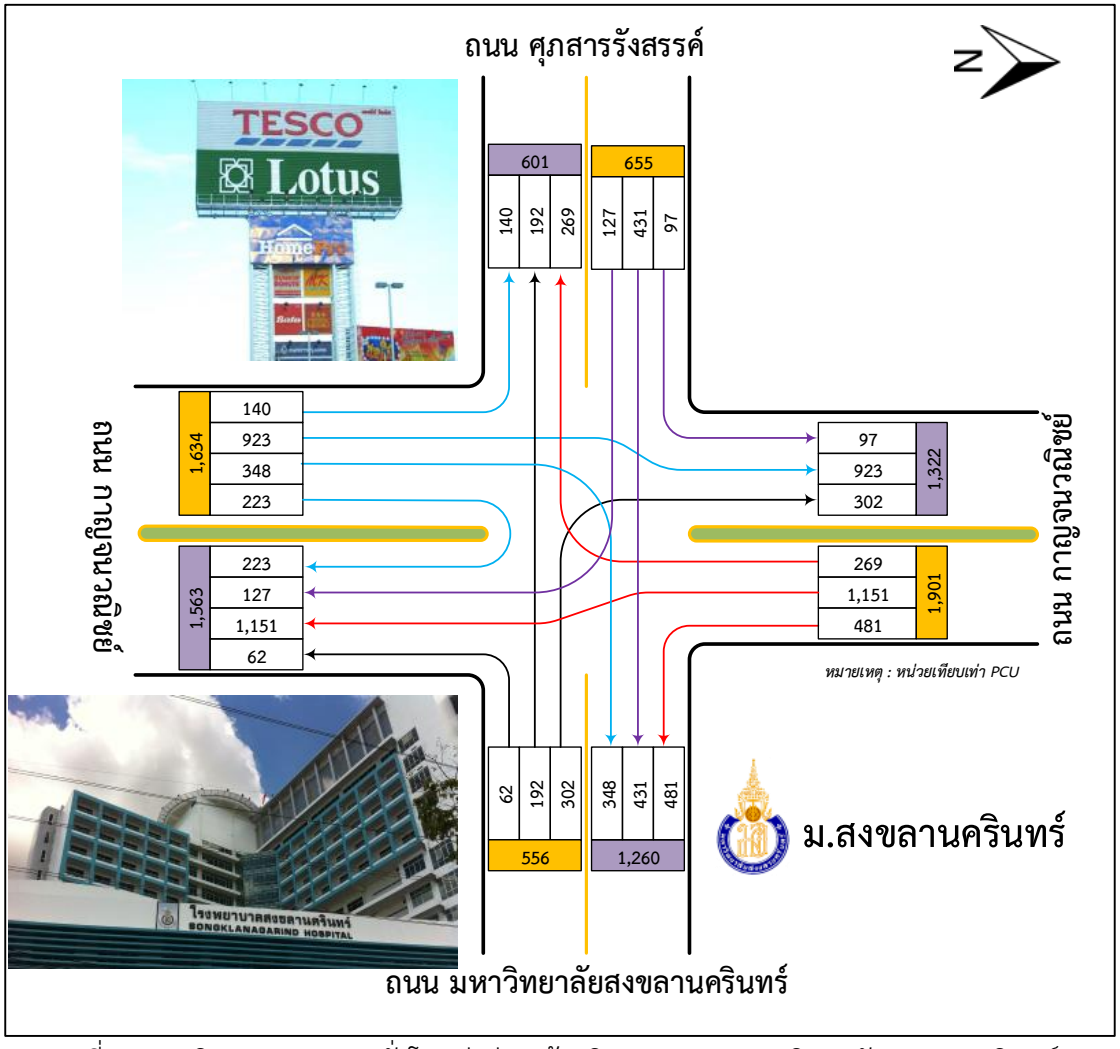
รูปที่ 4-9 ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเช้าบริเวณทางแยกโคกนาว



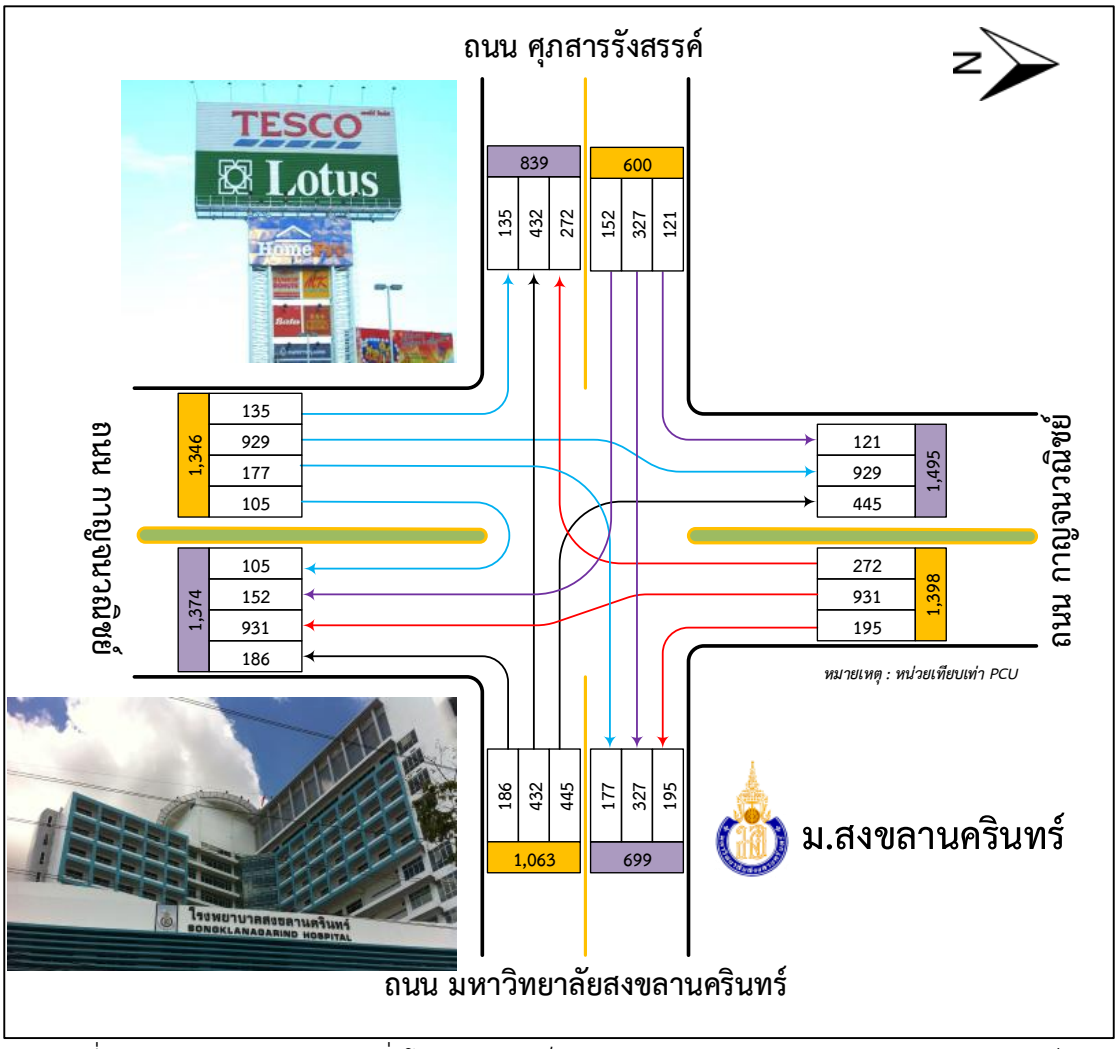
รูปที่ 4-10 ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเย็นบริเวณทางแยกโคกนาว

4) ทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจรที่ทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (07:00-09:00 น.) และชั่วโมงเร่งด่วนเย็น (16:00-18:00 น.) เมื่อวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2556 ผลการสำรวจข้อมูลภาคสนาม สรุปดังแสดงในรูปที่ 4-11 และรูปที่ 4-12 ตามลำดับ ซึ่งมีหน่วยเทียบเท่าเป็น PCU/ชั่วโมง



รูปที่ 4-11 ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเช้าบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



รูปที่ 4-12 ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเย็นบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

จากผลการสำรวจปริมาณการจราจรในช่วงเช้าและเย็นบนเส้นทางศึกษา ทำให้ทราบค่า Peak Hour Factor (PHF) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงการกระจายของปริมาณการจราจรสูงสุดในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ซึ่งสามารถคำนวณหาค่า PHF ได้จากสมการที่ 4-1 (Highway Capacity Manual, 2000)

$$PHF = \frac{\text{Hourly volume}}{\text{Peak flow rate (within the hour)}}$$

สมการที่ 4-1

การคำนวณค่า PHF เป็นการนำข้อมูลสภาพการจราจรที่ได้จากการสำรวจ จากสัดส่วนปริมาณการจราจรสูงสุดรายชั่วโมงหารด้วยปริมาณการจราจรสูงสุดในช่วงเวลาย่อย งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สำรวจข้อมูลทุกๆ 10 นาที ดังนั้น ค่า PHF สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4-2

ค่า PHF สามารถนำไปใช้ในการออกแบบระบบสัญญาณไฟจราจรใหม่ให้มีความเหมาะสมได้ และวิเคราะห์ความสามารถในการรองรับปริมาณการจราจรของทางแยกและถนน โดยที่ค่า PHF สูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้เท่ากับ 1.00 ซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีที่มีปริมาณการจราจรคงที่ในทุกช่วงเวลา โดยทั่วไป PHF มีค่าระหว่าง 0.70 สำหรับถนนนอกเมืองถึง 0.98 สำหรับถนนที่มีการจราจรหนาแน่นในเขตเมือง (สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์, 2551)

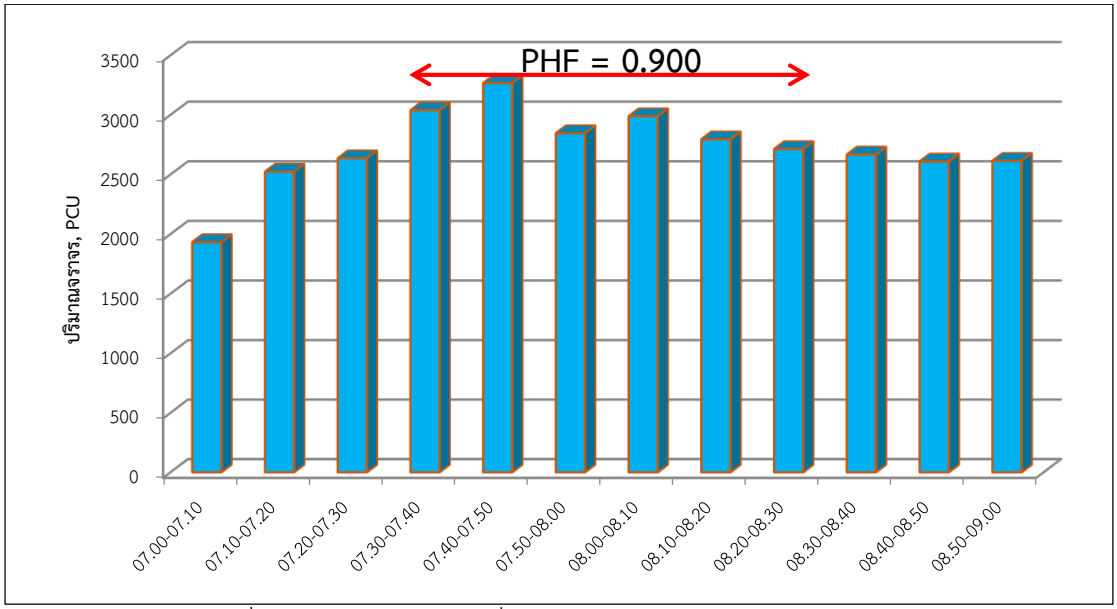
$$PHF = \frac{V}{6 \times V_{10}} \qquad \text{สมการที่ 4-2}$$

โดยที่ V = ปริมาณการจราจรรายชั่วโมง (คัน/ชั่วโมง)

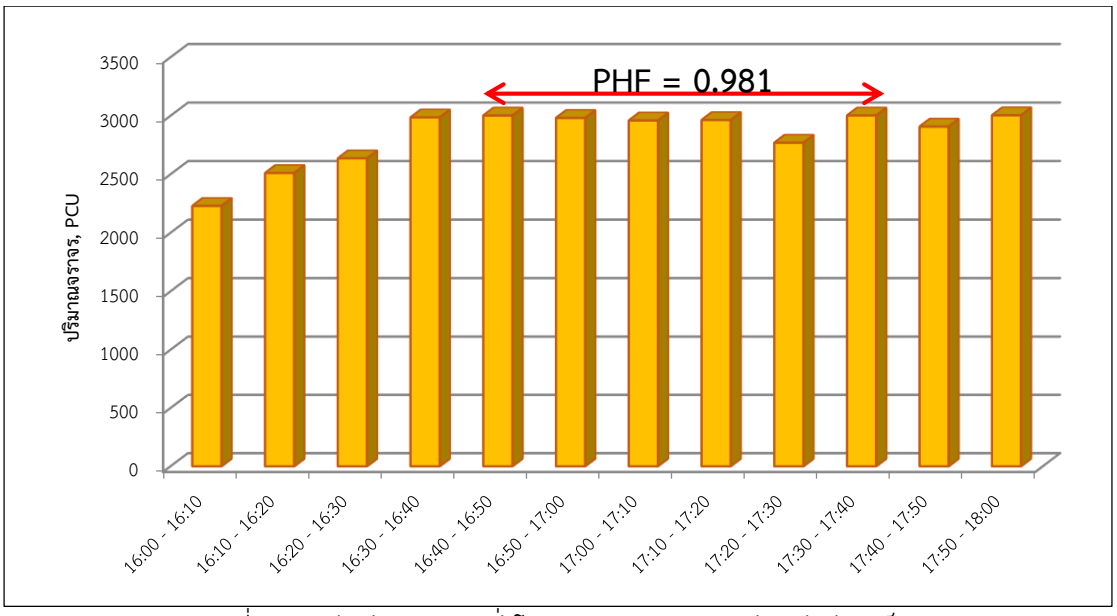
V_{10} = ปริมาณการจราจรสูงสุดในช่วงเวลาย่อย 10 นาที ในช่วงเร่งด่วน

PHF = ค่าตัวประกอบในชั่วโมงสูงสุด

จากผลการคำนวณค่า PHF ในช่วงเร่งด่วนเช้าและเย็น ดังแสดงในรูปที่ 4-13 และรูปที่ 4-14 ตามลำดับ พบว่า ชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของปริมาณจราจรในทุกทางแยกอยู่ในช่วงเวลา 07:30-08:30 น. โดยมีค่า PHF เท่ากับ 0.900 ส่วนชั่วโมงเร่งด่วนเย็นอยู่ในช่วงเวลา 16:40-17:40 น. และมีค่า PHF เท่ากับ 0.981 จากผลดังกล่าว อาจกล่าวได้ว่าถนนกาญจนวณิชย์ช่วงที่ศึกษามีสภาพการจราจรในช่วงเย็นหนาแน่นมากกว่าในช่วงเช้า



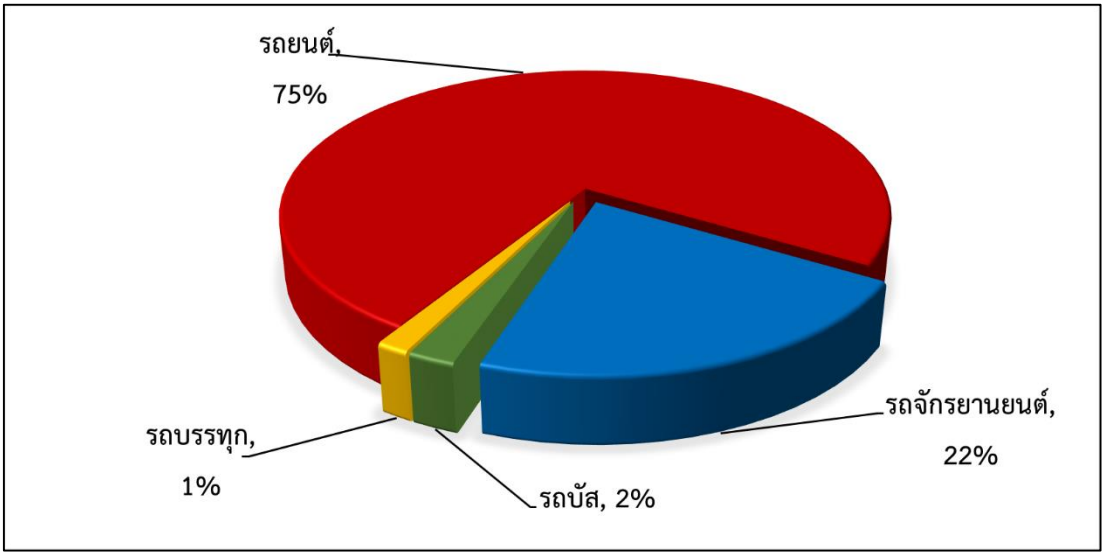
รูปที่ 4-13 ค่าตัวประกอบชั่วโมงสูงสุดทุกทางแยกช่วงเร่งด่วนเช้า



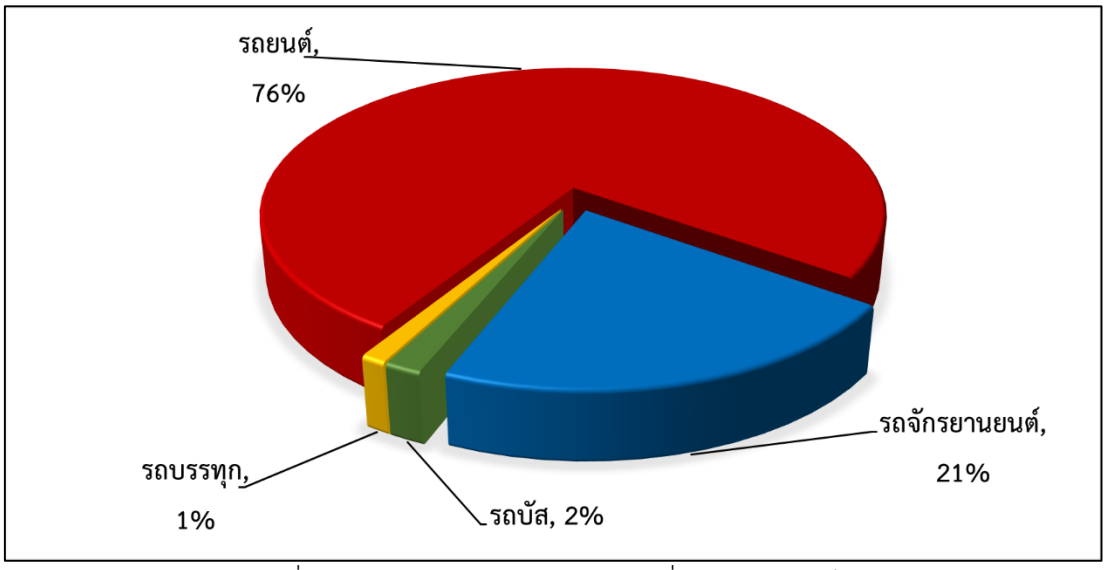
รูปที่ 4-14 ค่าตัวประกอบชั่วโมงสูงสุดทุกทางแยกช่วงเร่งด่วนเย็น

4.1.3 สัดส่วนของยานพาหนะ

ผลการสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจรบนเส้นทางศึกษา สามารถนำมาคำนวณสัดส่วนของยานพาหนะแต่ละประเภทที่สัญจรในกระแสจราจร โดยแบ่งออกเป็น 4 ประเภทหลัก เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ต้องนำเข้าในแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ผลการคำนวณสัดส่วนของยานพาหนะในช่วงเช้าและเย็น ดังแสดงในรูปที่ 4-15 และรูปที่ 4-16 ตามลำดับ



รูปที่ 4-15 สัดส่วนยานพาหนะในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า



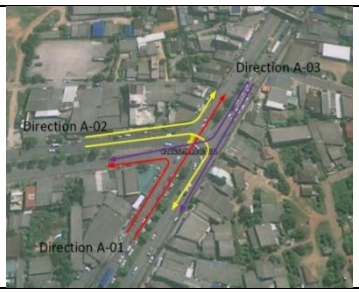
รูปที่ 4-16 สัดส่วนยานพาหนะในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

จากรูปที่ 4-15 และรูปที่ 4-16 พบว่า สัดส่วนของยานพาหนะแต่ละประเภทในช่วงเร่งด่วนเช้าและเย็น มีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก โดยปริมาณการจราจรของรถยนต์ส่วนบุคคลมีสัดส่วนมากที่สุดร้อยละ 75 และ 76 ตามลำดับ รองลงมาคือรถจักรยานยนต์ มีสัดส่วนร้อยละ 21 และ 22 ตามลำดับ ส่วนที่เหลือคือรถบรรทุกและรถบัสเพียงร้อยละ 1 และ 2 ตามลำดับ

4.1.4 ความเร็วของยานพาหนะ

การสำรวจความเร็วของยานพาหนะในงานวิจัยนี้ ได้ทำการสำรวจความเร็วทุกทิศทางของกระแสจราจรทั้ง 4 ทางแยก เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการกำหนดความเร็วและสร้างกราฟการกระจายตัวความเร็วของยานพาหนะในแบบจำลองสภาพการจราจรตามทิศทางการจราจร ซึ่งข้อมูลความเร็วทั้ง 4 ทางแยกเป็นข้อมูลที่ผ่านการคำนวณหาค่าความถี่สะสมและการกระจายตัวของความเร็ว (ดังแสดงในผนวก ข.) จากรูปดังกล่าวทำให้ทราบค่าความเร็วที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 85 ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเร็วส่วนใหญ่ของยานพาหนะที่สัญจรผ่านไปมาบนเส้นทางศึกษา ผลการสำรวจความเร็วของยานพาหนะในแต่ละทางแยก ดังแสดงในตารางที่ 4-2 ถึงตารางที่ 4-5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-2 ความเร็วของยานพาหนะบริเวณทางแยกคลองเรียน

ทิศทางการสำรวจ						
ประเภทยานพาหนะ	**ทิศทาง A-01**		**ทิศทาง A-02**		**ทิศทาง A-03**	
	เลี้ยวซ้าย	**ทางตรง**	**เลี้ยวซ้าย**	**เลี้ยวขวา**	**ทางตรง**	**เลี้ยวขวา**
รถจักรยานยนต์	14.0	31.0	26.5	32.2	37.8	30.5
รถยนต์	16.5	32.5	20.8	22.3	36.5	26.2
รถบรรทุก	18.5	27.0	18.5	18.5	27.0	18.5
รถบัส	25.0	29.7	25.0	25.0	29.7	25.0

(หน่วย: กิโลเมตร/ชั่วโมง)

ตารางที่ 4-3 ความเร็วของยานพาหนะบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์

ทิศทางการสำรวจ						
ประเภทยานพาหนะ	**ทิศทาง A-01**		**ทิศทาง A-02**		**ทิศทาง A-03**	
	เลี้ยวซ้าย	**ทางตรง**	**เลี้ยวซ้าย**	**เลี้ยวขวา**	**ทางตรง**	**เลี้ยวขวา**
รถจักรยานยนต์	23.8	33.0	26.0	21.5	44.0	30.3
รถยนต์	20.0	25.5	21.5	17.3	41.0	14.7
รถบรรทุก	18.5	27.0	18.5	18.5	27.0	18.5
รถบัส	25.0	29.7	25.0	25.0	29.7	25.0

(หน่วย: กิโลเมตร/ชั่วโมง)

ตารางที่ 4-4 ความเร็วของยานพาหนะบริเวณทางแยกโคกนาว

ทิศทางการสำรวจ						
ประเภทยานพาหนะ	**ทิศทาง A-01**		**ทิศทาง A-02**		**ทิศทาง A-03**	
	เลี้ยวซ้าย	**ทางตรง**	**เลี้ยวซ้าย**	**เลี้ยวขวา**	**ทางตรง**	**เลี้ยวขวา**
รถจักรยานยนต์	16.0	35.3	21.3	20.0	39.0	37.0
รถยนต์	14.0	31.5	19.0	20.2	41.5	36.5
รถบรรทุก	18.5	27.0	18.5	18.5	27.0	18.5
รถบัส	25.0	29.7	25.0	25.0	29.7	25.0

(หน่วย: กิโลเมตร/ชั่วโมง)

ตารางที่ 4-5 ความเร็วของยานพาหนะบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ทิศทางการสำรวจ						
ประเภทยานพาหนะ	**ทิศทาง A-01**			**ทิศทาง A-02**		
	เลี้ยวซ้าย	**ทางตรง**	**เลี้ยวขวา**	**เลี้ยวซ้าย**	**ทางตรง**	**เลี้ยวขวา**
รถจักรยานยนต์	12.7	32.8	30.7	18.0	31.2	24.5
รถยนต์	12.5	37.2	29.6	15.6	30.5	27.5
รถบรรทุก	18.5	27.0	18.5	18.5	27.0	18.5
รถบัส	25.0	29.7	25.0	25.0	29.7	25.0
ประเภทยานพาหนะ	**ทิศทาง A-03**			**ทิศทาง A-04**		
	เลี้ยวซ้าย	**ทางตรง**	**เลี้ยวขวา**	**เลี้ยวซ้าย**	**ทางตรง**	**เลี้ยวขวา**
รถจักรยานยนต์	31.0	31.0	29.5	29.6	44.2	32.8
รถยนต์	28.8	38.0	26.0	19.5	37.2	27.8
รถบรรทุก	18.5	27.0	18.5	18.5	27.0	18.5
รถบัส	25.0	29.7	25.0	25.0	29.7	25.0

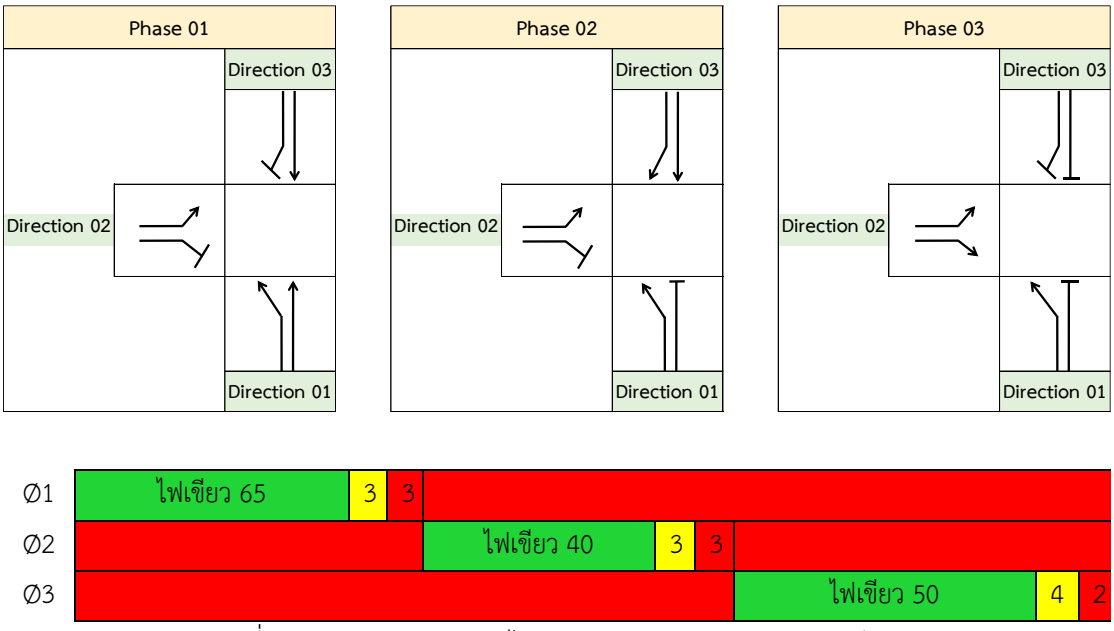
(หน่วย: กิโลเมตร/ชั่วโมง)

4.1.5 จังหวะสัญญาณไฟจราจร

ผลการสำรวจจังหวะสัญญาณไฟจราจรในแต่ละทิศทางของทางแยกบนเส้นทางศึกษา เมื่อวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2556 มีรายละเอียดดังนี้

1) ทางแยกคลองเรียน

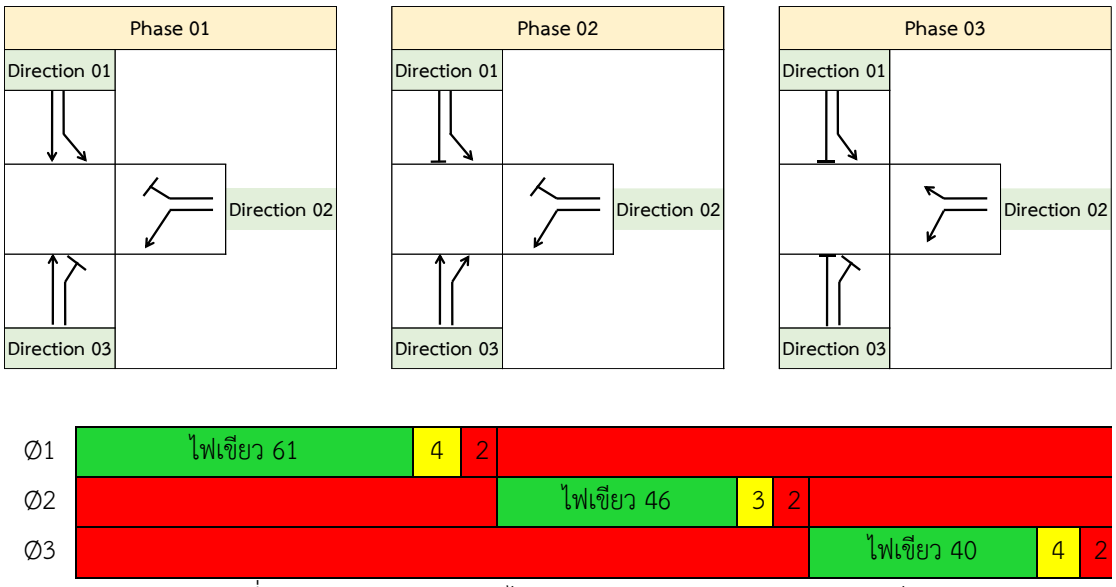
ผลการสำรวจจังหวะสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยกคลองเรียน พบว่า ทางแยกคลองเรียนมีลักษณะเป็นสามแยกรูปตัว T มีการควบคุมการจราจรด้วยสัญญาณไฟจราจรทุกทิศทาง (แบบ 3 จังหวะ) และจำนวนรอบสัญญาณไฟจราจรรวม 173 วินาที ส่วนจังหวะสัญญาณไฟจราจรดังแสดงในรูปที่ 4-17



รูปที่ 4-17 จังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกคลองเรียน

2) ทางแยกปุณณกัณฑ์

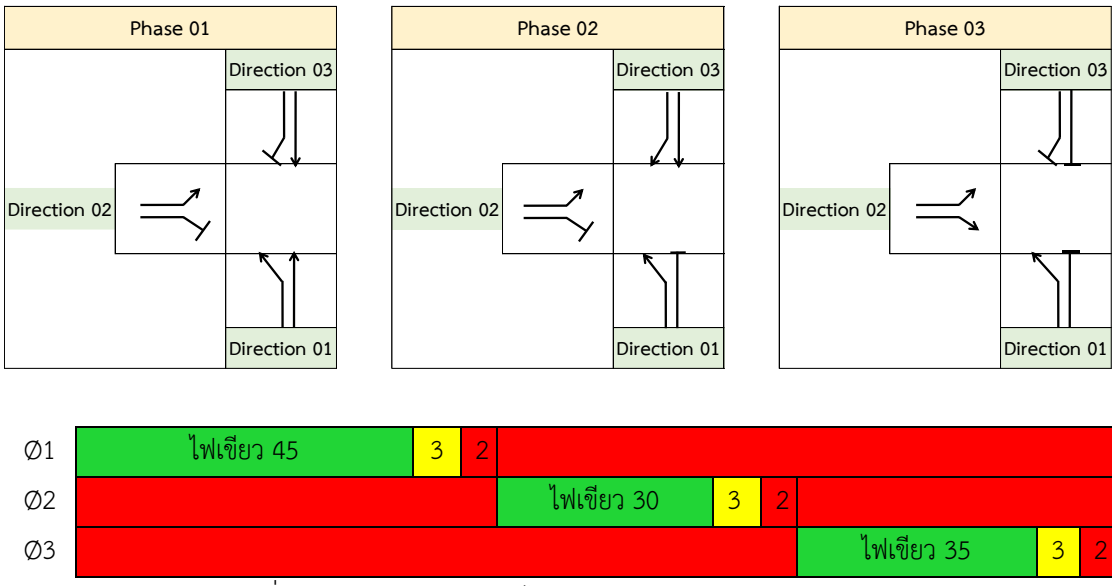
ผลการสำรวจจังหวะสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยกปุณณกัณฑ์ พบว่า ทางแยกปุณณกัณฑ์มีลักษณะเป็นสามแยกรูปตัว Y มีการควบคุมการจราจรด้วยสัญญาณไฟจราจรทุกทิศทาง (แบบ 3 จังหวะ) และจำนวนรอบสัญญาณไฟจราจรรวม 164 วินาที ส่วนจังหวะสัญญาณไฟจราจรดังแสดงในรูปที่ 4-18



รูปที่ 4-18 จังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์

3) ทางแยกโคกนาว

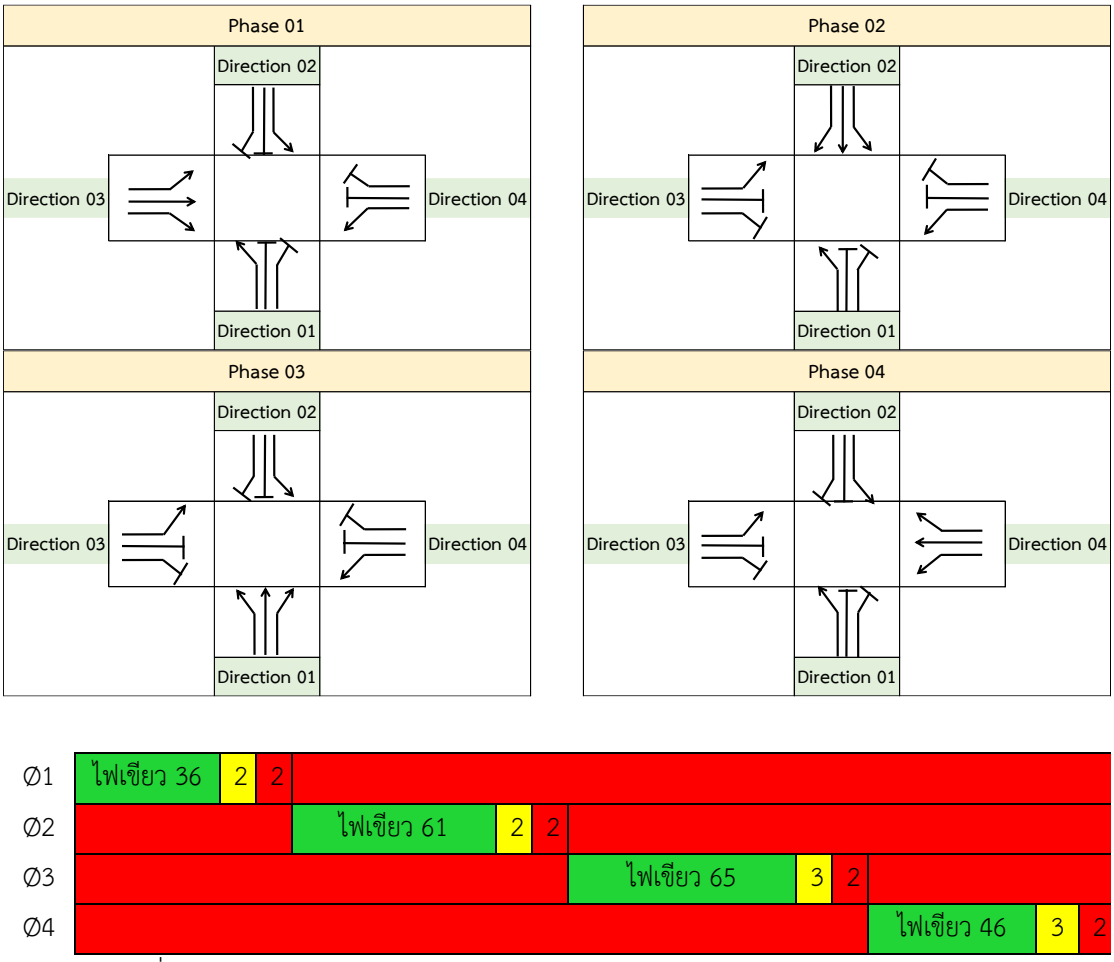
ผลการสำรวจจังหวะรอบสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยกโคกนาว พบว่า ทางแยกโคกนาวมีลักษณะเป็นสามแยกรูปตัว T มีการควบคุมการจราจรด้วยสัญญาณไฟจราจรทุกทิศทาง (แบบ 3 จังหวะ) และจำนวนรอบสัญญาณไฟจราจรรวม 125 วินาที ส่วนจังหวะสัญญาณไฟจราจรดังแสดงในรูปที่ 4-19



รูปที่ 4-19 จังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกโคกนาว

4) ทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผลการสำรวจจังหวะรอบสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พบว่า ทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์มีลักษณะเป็นสี่แยก มีการควบคุมการจราจรด้วยสัญญาณไฟจราจรทุกทิศทาง (แบบ 4 จังหวะ) และจำนวนรอบสัญญาณไฟจราจรรวม 226 วินาที ส่วนจังหวะสัญญาณไฟจราจรดังแสดงในรูปที่ 4-20



รูปที่ 4-20 จังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

4.2 ผลการศึกษาปัญหาการจราจรบนเส้นทางศึกษา

จากการสำรวจปัญหาในพื้นที่ศึกษาทำให้ทราบปัจจัยหลักๆ ที่ส่งผลต่อการจราจรติดขัดบริเวณทางแยกทั้ง 4 ทางแยก ดังรายละเอียดต่อไปนี้

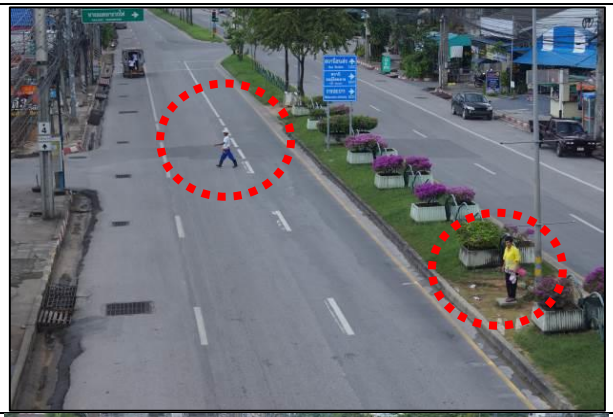
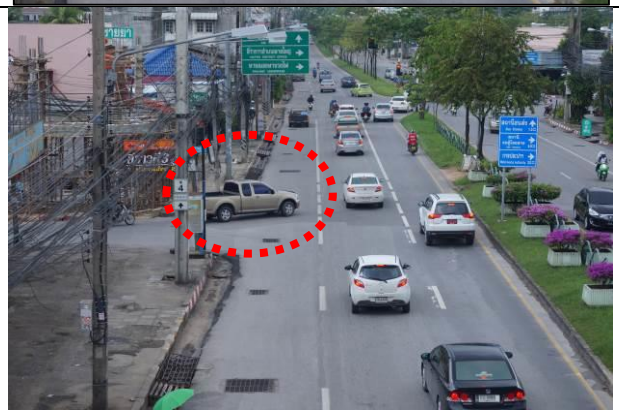
1) ทางแยกคลองเรียน

ผลจากการสำรวจพื้นที่บริเวณทางแยกคลองเรียน ทำให้ทราบปัจจัยหลักๆ ที่ส่งผลต่อการจราจรติดขัด ดังแสดงในตารางที่ 4-6 ส่วนมาตรการในการแก้ไขปัญหา ซึ่งได้ระบุตำแหน่ง หมายเลข และรายละเอียดมาตรการแก้ไขปัญหาต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4-21

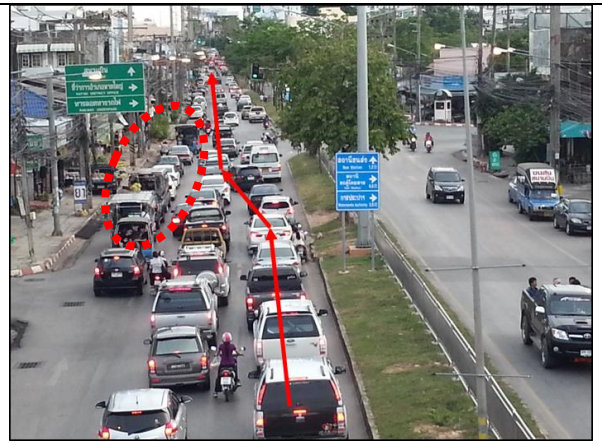
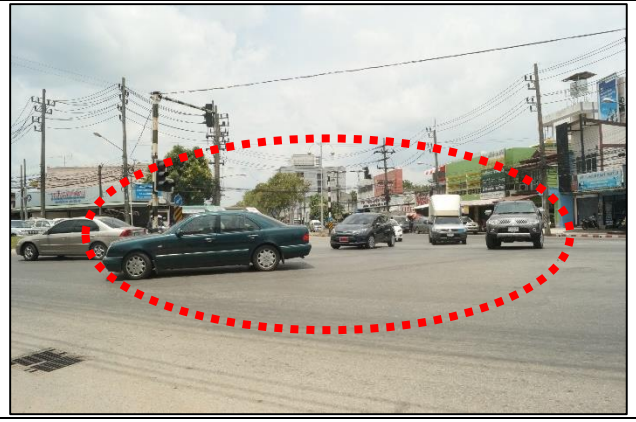
ตารางที่ 4-6 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกคลองเรียน

ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา	แนวทางแก้ไขปัญหา
1		• ราวกันอันตรายบริเวณสะพานคลองเรียน ยื่นไม่จรดกับแนวสะพาน • ขอบของสะพานยื่นออกมาบนผิวจราจร ทำให้ผิวจราจรขาดความต่อเนื่อง อาจเป็นอันตรายต่อรถที่วิ่งในช่องทางด้านซ้ายโดยเฉพาะเวลากลางคืนได้	• แก้ไขจุดปลายของราวกันอันตรายให้ถูกต้อง • แก้ไขขอบของสะพานไม่ให้ยื่นออกมาบนผิวจราจร และติดตั้งป้ายหรือขีดสีให้เห็นชัดเจนทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน

ตารางที่ 4-6 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกคลองเรียน (ต่อ)

ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา	แนวทางแก้ไขปัญหา
2		• สีเส้นจราจรและลูกศรนำทางเสื่อมสภาพ • คนเดินเท้าข้ามถนนบริเวณที่ไม่มีทางม้าลาย	• ขีดสีตีเส้นจราจรและลูกศรนำทางให้ชัดเจน • ติดตั้งรั้วกั้นบนเกาะกลางตลอดแนว
3		• รถยนต์และรถจักรยานยนต์ออกจากซอยถนนบ้านทุ่งรี วิ่งตัดกระแสจราจรสายหลักเพื่อเลี้ยวขวาไปยังถนนศรีภูวนารถ	• จัดการจราจรบริเวณแยกดังกล่าวใหม่ โดยแนะนำให้ผู้ขับขี่ใช้เส้นทางอื่นที่ปลอดภัยกว่าหรือแนะนำให้เป็นการเดินรถทางเดียว (One way) เข้าเท่านั้น

ตารางที่ 4-6 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกคลองเรียน (ต่อ)

ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา	แนวทางแก้ไขปัญหา
4		• มีการจอดรถบริเวณทางแยกและบริเวณพื้นที่ห้ามจอดรถ ส่งผลให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด • ไม่มีช่องรอเลี้ยวขวา ทำให้รถที่ขับตามมาไม่สามารถขับตรงผ่านทางแยกได้ และต้องตัดกระแสจราจรของช่องจราจรถัดไป เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ	• บังคับใช้กฎหมายอย่างเคร่งครัดสำหรับรถที่จอดในบริเวณทางแยกและจอดในพื้นที่ห้ามจอด • สร้างช่องรอเลี้ยวขวา ให้มีระยะสอดคล้องกับปริมาณการจราจร
5		• ไม่มีเส้นนำทางสำหรับการเลี้ยวขวา ทำให้เกิดความสับสนในการขับขี่และอาจเกิดการเฉี่ยวชนได้	• ตีเส้นนำทางบริเวณทางแยก

ตารางที่ 4-6 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกคลองเรียน (ต่อ)

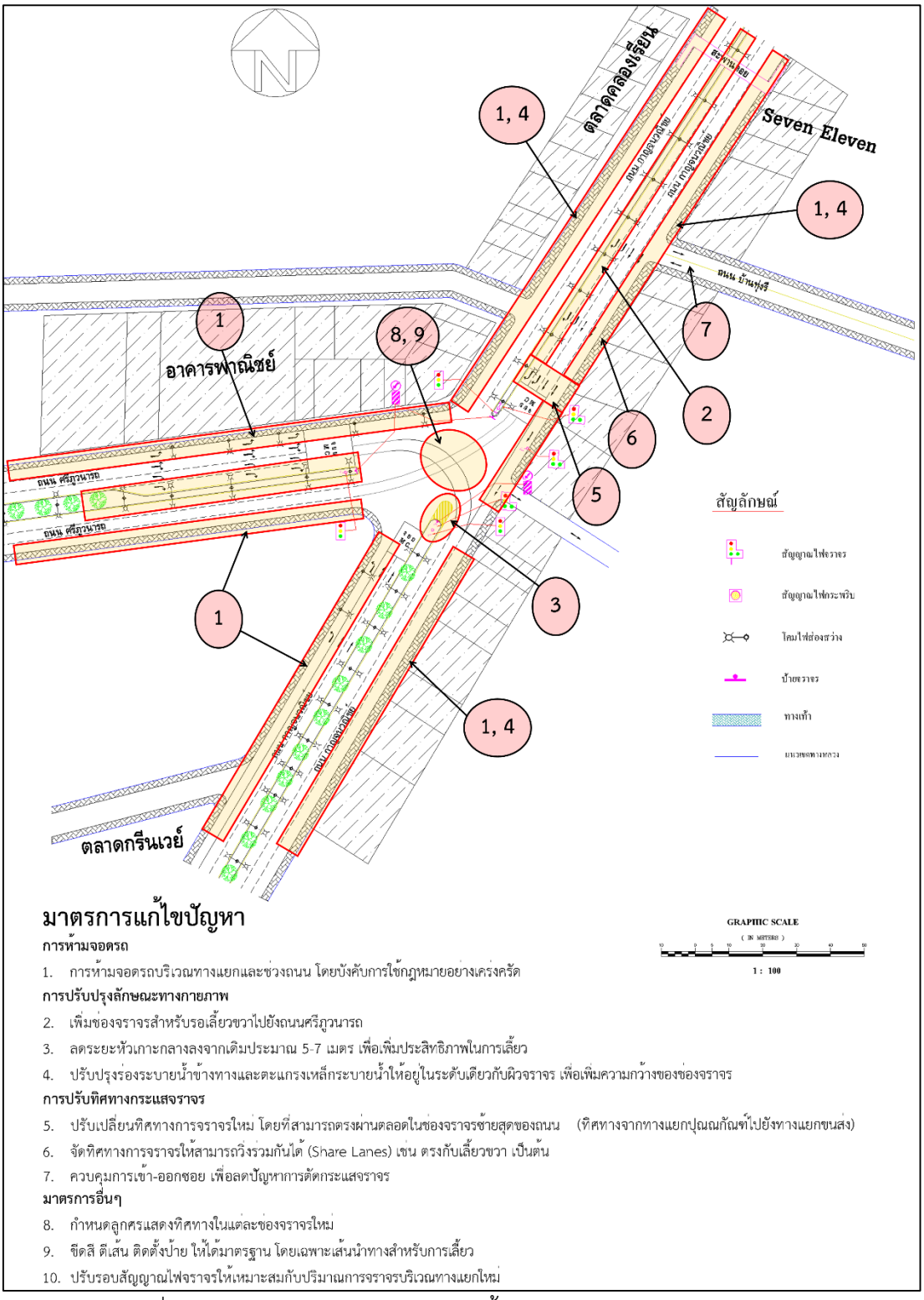
ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา	แนวทางแก้ไขปัญหา
6		• ผิวจราจรไม่สม่ำเสมอ อาจเป็นอันตรายต่อรถจักรยานและรถจักรยานยนต์ได้	• ปรับปรุงผิวจราจรให้มีความราบเรียบ สม่ำเสมอ และสามารถระบายน้ำได้ดี
7		• ตะแกรงเหล็กระบายน้ำมีระดับต่ำกว่าผิวจราจร และร่องระบายน้ำข้างทางไม่มีฝาปิด มีความกว้างและลึกมากในบางช่วง ทำให้เสียพื้นที่ผิวจราจร และเป็นอันตรายต่อผู้ขับขี่ได้	• ปรับปรุงตะแกรงเหล็กระบายน้ำและคูระบายน้ำข้างทางให้อยู่ระดับเดียวกับผิวจราจร

ตารางที่ 4-6 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกคลองเรียน (ต่อ)

ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา	แนวทางแก้ไขปัญหา
8		• มีรถจอดในช่องเดินรถโดยสารสาธารณะ จนก่อให้เกิดปัญหาการจอดรถซ้อนคัน ทำให้ยานพาหนะที่ต้องการผ่านทางแยก ไม่สามารถผ่านไปได้ หรืออาจผ่านไปได้ด้วยอัตราการไหลที่ลดลง	• ห้ามจอดรถบริเวณช่องเดินรถและจุดจอดรถรับส่งผู้โดยสาร
9		• หัวเกาะกลางยื่นออกมามากเกินไป ทำให้รถเลี้ยวยาก เกิดการเฉี่ยวชนบ่อยครั้ง	• ลดระยะหัวเกาะกลางให้เหมาะสม เพื่อเพิ่มรัศมีในการเลี้ยวให้มากขึ้น

ตารางที่ 4-6 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกคลองเรียน (ต่อ)

ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา	แนวทางแก้ไขปัญหา
10		• ช่องรอเลี้ยวขวาไม่สอดคล้องกับปริมาณการจราจร โดยช่องรอเลี้ยวขวามีความยาวเพียง 10 เมตร รองรับรถได้ประมาณ 1 คันเท่านั้น	• เพิ่มระยะช่องรอเลี้ยวขวา



มาตรการแก้ไขปัญหา

การห้ามจอดรถ

1. การห้ามจอดรถบริเวณทางแยกและช่วงถนน โดยบังคับการใช้กฎหมายอย่างเคร่งครัด

การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ

2. เพิ่มช่องจราจรสำหรับรอเลี้ยวขวาไปยังถนนศรีภูวนารถ
3. ลดระยะหัวเกาะกลางลงจากเดิมประมาณ 5-7 เมตร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเลี้ยว
4. ปรับปรุงร่องระบายน้ำข้างทางและตะแกรงเหล็กระบายน้ำให้อยู่ในระดับเดียวกับผิวจราจร เพื่อเพิ่มความกว้างของช่องจราจร

การปรับทิศทางกระแสจราจร

5. ปรับเปลี่ยนทิศทางการจราจรใหม่ โดยที่สามารถตรงผ่านตลอดในช่องจราจรซ้ายสุดของถนน (ทิศทางจากทางแยกปุณณกัณฑ์ไปยังทางแยกขนส่ง)
6. จัดทิศทางการจราจรให้สามารถวิ่งร่วมกันได้ (Share Lanes) เช่น ตรงกับเลี้ยวขวา เป็นต้น
7. ควบคุมการเข้า-ออกซอย เพื่อลดปัญหาการตัดกระแสจราจร

มาตรการอื่นๆ

8. กำหนดลูกศรแสดงทิศทางในแต่ละช่องจราจรใหม่
9. ขีดสี ตีเส้น ติดตั้งป้าย ให้ได้มาตรฐาน โดยเฉพาะเส้นนำทางสำหรับการเลี้ยว
10. ปรับรอบสัญญาณไฟจราจรให้เหมาะสมกับปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกใหม่

รูปที่ 4-21 แนวทางในการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น บริเวณทางแยกคลองเรียน

2) ทางแยกปุณณกัณฑ์

ผลจากการสำรวจพื้นที่บริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์ ทำให้ทราบปัจจัยหลักๆ ที่ส่งผลต่อการจราจรติดขัด ดังแสดงในตารางที่ 4-7 ส่วนมาตรการในการแก้ไขปัญหา ซึ่งได้ระบุตำแหน่ง หมายเลข และรายละเอียดมาตรการแก้ไขปัญหาต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4-22

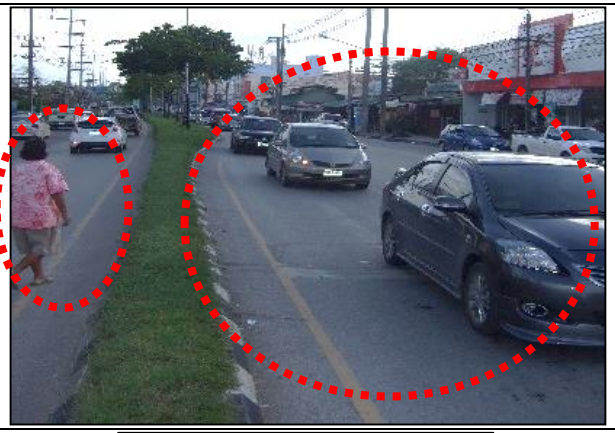
ตารางที่ 4-7 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์

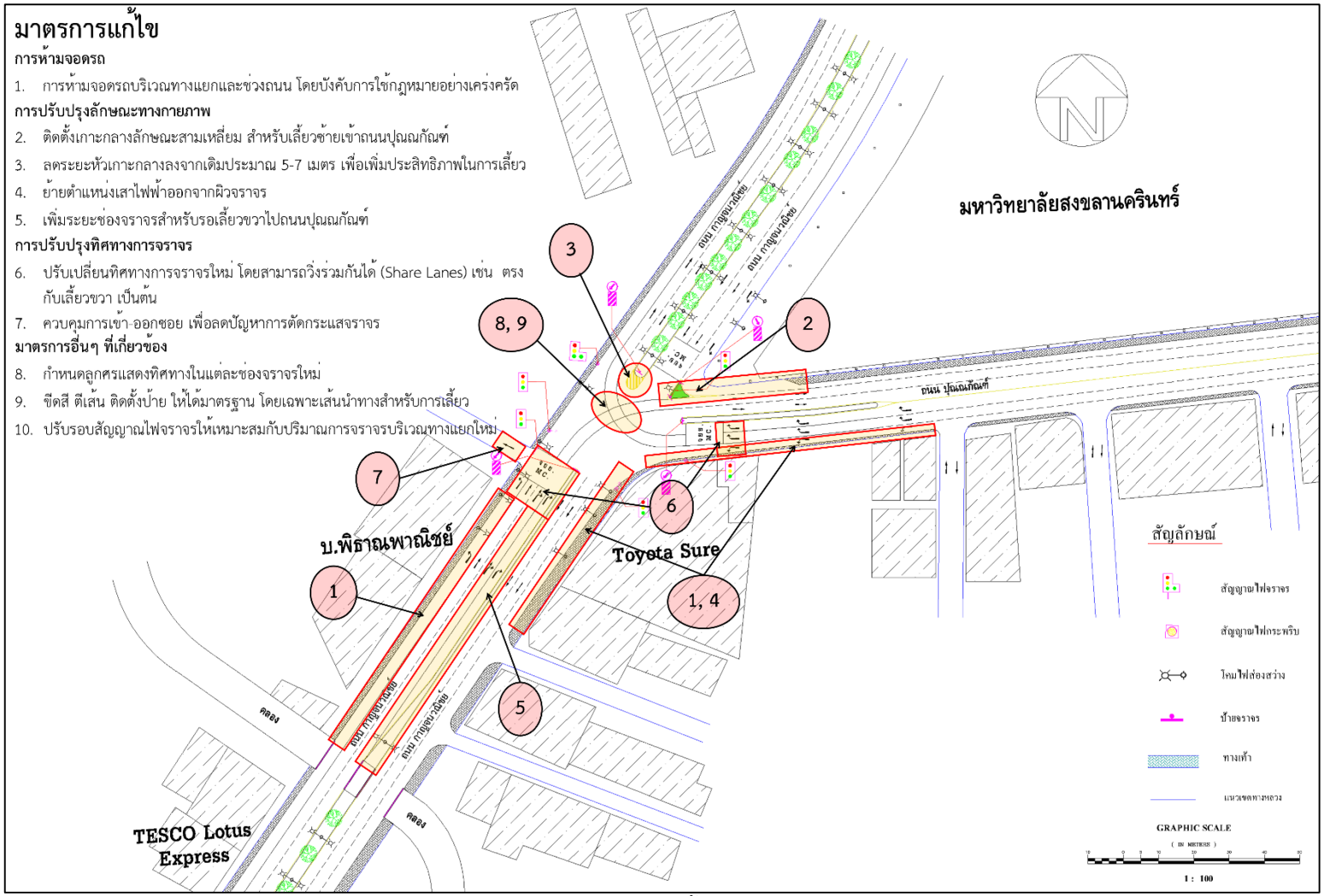
ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา	แนวทางแก้ไขปัญหา
1		• ตำแหน่งเสาไฟฟ้าอยู่บนผิวจราจร	• ย้ายตำแหน่งเสาไฟฟ้าออกจากผิวจราจร
2		• มียานพาหนะที่เข้า-ออกจากซอยกาญจนวณิชย์ซอย18/3 วิ่งตัดกระแสจราจรสายหลัก เพื่อกลับรถหรือเลี้ยวขวา อาจเกิดอุบัติเหตุขึ้นได้	• จัดการจราจรบริเวณดังกล่าวใหม่ โดยให้เข้าซอยได้เพียงอย่างเดียว เพื่อป้องกันการวิ่งตัดกระแสจราจรสายหลัก

ตารางที่ 4-7 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์ (ต่อ)

ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา	แนวทางแก้ไขปัญหา
3		• เสาไฟฟ้าที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ อยู่ในเขตปลอดภัย (Clear zone) • รัศมีในการเลี้ยวซ้ายไปยังถนนปุณณกัณฑ์ค่อนข้างแคบ อาจทำให้เกิดการเฉี่ยวชนกับเสาสัญญาณไฟจราจรได้	• ย้ายตำแหน่งเสาไฟฟ้าที่ไม่ได้ใช้งานออกจากพื้นที่ดังกล่าว • ปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของช่องเลี้ยวซ้ายใหม่ ให้มีรัศมีการเลี้ยวที่เพียงพอและปลอดภัย
4		• เส้นหยุดรถจักรยานยนต์และรถยนต์บนผิวจราจรไม่ชัดเจน ทำให้มีการจอดรถล้ำเข้ามาในทางแยก อาจเกิดอุบัติเหตุระหว่างรถที่เลี้ยวขวากับรถที่หยุดรอได้	• ขีดสีตีเส้นพื้นที่หยุดจอดรถจักรยานยนต์และรถยนต์ให้ชัดเจน • ติดตั้งป้ายหยุดรถจักรยานยนต์และรถยนต์ให้ชัดเจน

ตารางที่ 4-7 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์ (ต่อ)

ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา	แนวทางแก้ไขปัญหา
5		• ไม่มีทางข้ามบริเวณทางแยกสำหรับคนเดินเท้า • ช่องรอเลี้ยวขวาไม่สอดคล้องกับปริมาณการจราจร โดยช่องรอเลี้ยวขวามีความยาวเพียง 30 เมตร รองรับรถได้ประมาณ 3-4 คันเท่านั้น	• ติดตั้งทางม้าลาย ที่เอื้อเฟื้อต่อผู้เดินเท้าบริเวณทางแยก • เพิ่มระยะช่องรอเลี้ยวขวา โดยเริ่มจากขอบสะพานคลองเรียน
6		• ตำแหน่งของเสาสัญญาณไฟจราจรอยู่บนผิวถนนจราจร • ระดับผิวจราจรและพื้นฝาตะแกรงเหล็กระบายน้ำไม่อยู่ในระดับเดียวกัน อาจทำให้ผู้สัญจรโดยเฉพาะรถจักรยานและรถจักรยานยนต์เสียหลักเกิดอุบัติเหตุได้	• ย้ายตำแหน่งเสาสัญญาณไฟจราจรออกจากผิวจราจร • ปรับปรุงฝาตะแกรงเหล็กระบายน้ำให้อยู่ในระดับเดียวกับผิวจราจร



รูปที่ 4-22 แนวทางในการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น บริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์

3) ทางแยกโคกนาว

ผลจากการสำรวจพื้นที่บริเวณทางแยกโคกนาว ทำให้ทราบปัจจัยหลักๆ ที่ส่งผลต่อการจราจรติดขัด ดังแสดงในตารางที่ 4-8 ส่วนมาตรการในการแก้ไขปัญหา ซึ่งได้ระบุตำแหน่ง หมายเลข และรายละเอียดมาตรการแก้ไขปัญหาต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4-23

ตารางที่ 4-8 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกโคกนาว

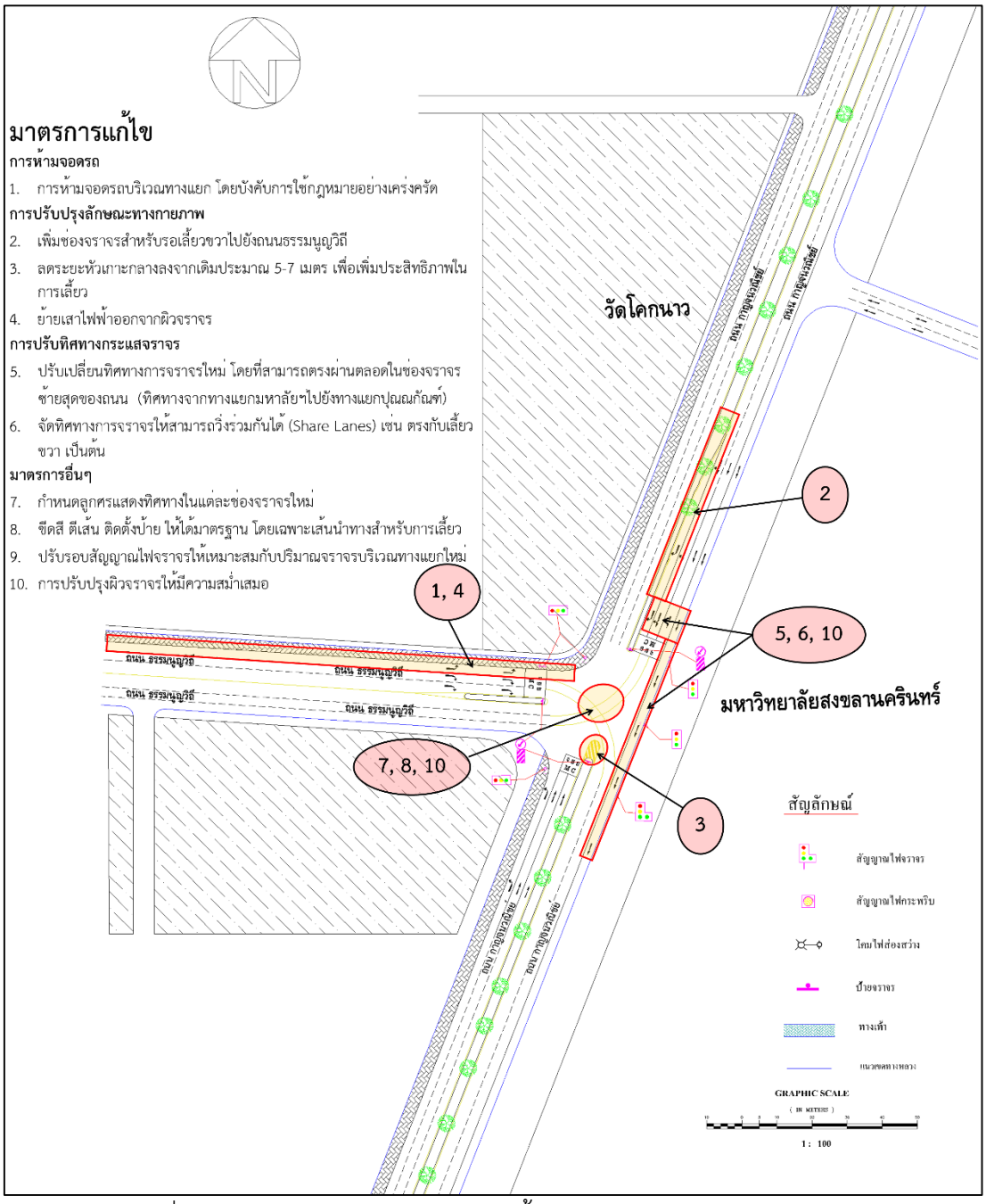
ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา	แนวทางแก้ไขปัญหา
1		• ผิวจราจรขรุขระ และเป็นร่องอาจทำให้รถจักรยานยนต์เสียหลักเกิดอุบัติเหตุได้	• ปรับปรุงผิวจราจรบริเวณทางแยกใหม่ ให้ราบเรียบสม่ำเสมอ

ตารางที่ 4-8 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกโคกนาว (ต่อ)

ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา	แนวทางแก้ไขปัญหา
2		• ไม่มีเส้นนำทางในการเลี้ยวขวา ทำให้เกิดความสับสนในการขับขี่ และอาจเกิดการเฉี่ยวชนได้	• ตีเส้นนำทางบริเวณทางแยก
3		• หัวเกาะกลางยื่นออกมามากเกินไป ทำให้รถเลี้ยวยาก เกิดการเฉี่ยวชนบ่อยครั้ง	• ลดระยะหัวเกาะกลางให้เหมาะสม เพื่อเพิ่มรัศมีในการเลี้ยวให้มากขึ้น

ตารางที่ 4-8 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกโคกนาว (ต่อ)

ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา	แนวทางแก้ไขปัญหา
4		• ตำแหน่งเสาไฟฟ้าอยู่บนผิวจราจร	• ย้ายตำแหน่งเสาไฟฟ้าออกจากผิวจราจร
5		• ช่องรอเลี้ยวขวาไม่สอดคล้องกับปริมาณการจราจร โดยช่องรอเลี้ยวขวามีความยาวเพียง 30 เมตร รองรับรถได้ประมาณ 3-4 คันเท่านั้น	• เพิ่มระยะช่องรอเลี้ยวขวา

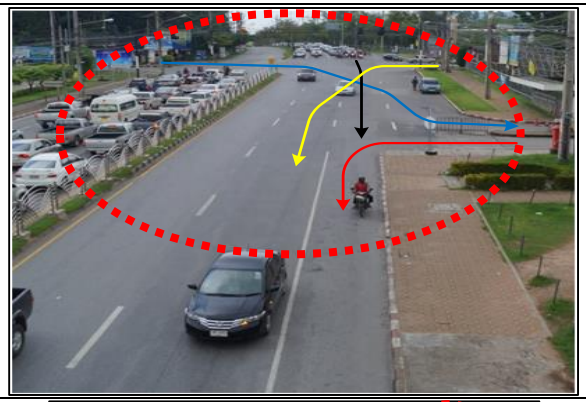


รูปที่ 4-23 แนวทางในการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น บริเวณทางแยกวัดโคกนาว

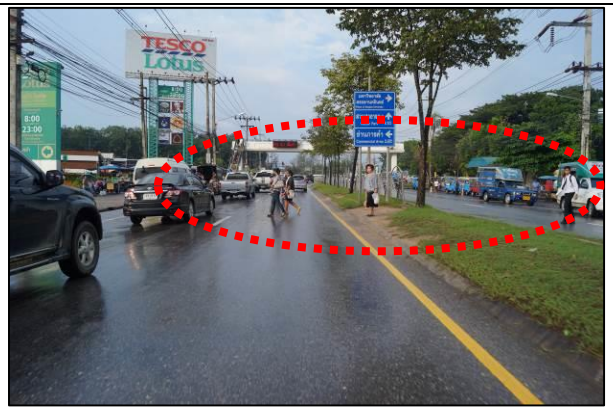
4) ทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผลจากการสำรวจพื้นที่บริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ทำให้ทราบปัจจัยหลักๆ ที่ส่งผลต่อการจราจรติดขัด ดังแสดงในตารางที่ 4-9 ส่วนมาตรการในการแก้ไขปัญหา ซึ่งได้ระบุตำแหน่ง หมายเลข และรายละเอียดมาตรการแก้ไขปัญหาต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4-24

ตารางที่ 4-9 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา	แนวทางแก้ไขปัญหา
1		• ทางเข้าออกโรงพยาบาลสงขลานครินทร์มีพื้นที่ขัดแย้ง อาจทำให้รถทางตรงและรถที่ต้องการเลี้ยวซ้ายเข้าโรงพยาบาลสงขลานครินทร์เฉี่ยวชนกันได้	• จัดการลดพื้นที่ขัดแย้งโดยใช้ป้ายและเครื่องหมายจราจรบนผิวจราจรให้เหมาะสม
2		• ตำแหน่งเสาไฟฟ้าอยู่บนผิวจราจร และขอบทางเท้ามีสภาพชำรุด	• ย้ายตำแหน่งเสาไฟฟ้าออกจากผิวจราจร และปรับปรุงขอบทางเท้า

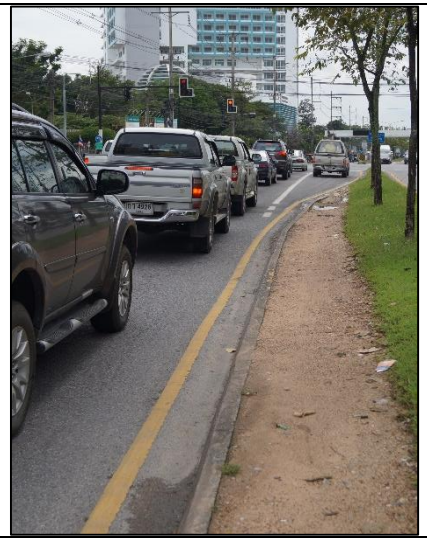
ตารางที่ 4-9 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ต่อ)

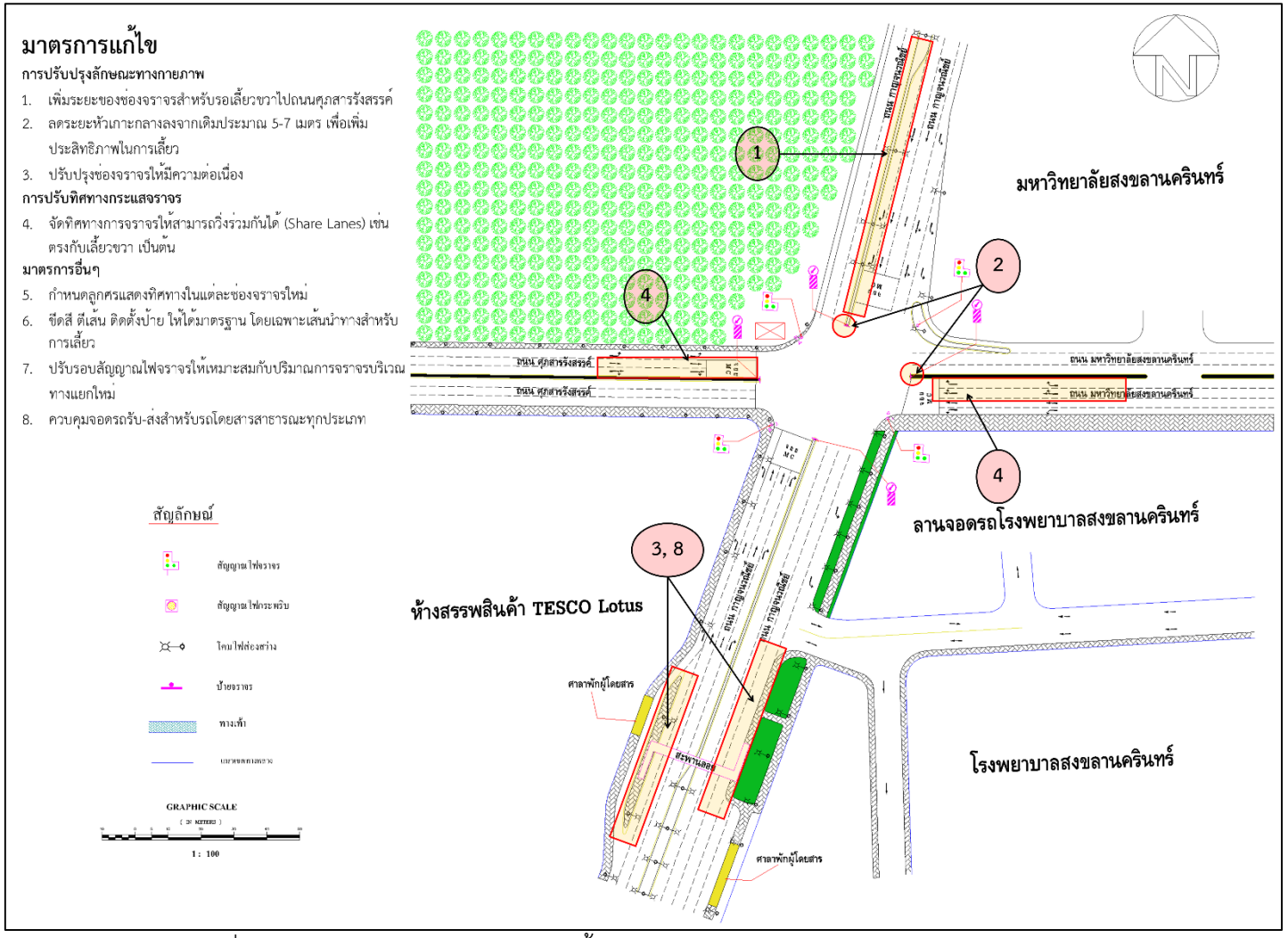
ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา	แนวทางแก้ไขปัญหา
3	 **บริเวณหน้าห้างสรรพสินค้า Tesco LOTUS**	• รถโดยสารสาธารณะจอดรอรับส่งผู้โดยสารเป็นเวลานาน ทำให้รถโดยสารที่ตามมาไม่สามารถเข้าจอดได้ • รถโดยสารสาธารณะ จอดรับส่งผู้โดยสารในช่องจราจรเป็นอันตรายต่อรถอื่นๆ ที่ตามมา	• กำหนดระยะเวลาในการจอดรับส่งผู้โดยสารของรถแต่ละคัน • กวดขันวินัยจราจรของผู้ขับรถโดยสารสาธารณะเพื่อให้รถโดยสารสาธารณะที่ตามมาสามารถเข้าจอดรถได้และป้องกันการจอดรถซ้อนคัน
4		• มีคนเดินข้ามถนนบนเส้นทางสายหลักซึ่งมีปริมาณการจราจรค่อนข้างมากและแล่นผ่านด้วยความเร็วสูง อาจเกิดอันตรายแก่ผู้เดินข้ามและรถที่สัญจรได้	• ติดตั้งรั้วกั้นเพิ่มเติม เพื่อป้องกันอันตรายจากคนเดินข้ามถนน

ตารางที่ 4-9 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ต่อ)

ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา	แนวทางแก้ไขปัญหา
5	 บริเวณหน้าโรงพยาบาล	• การจอดรอรับส่งผู้โดยสารเป็นเวลานาน ทำให้รถโดยสารที่ตามมาไม่สามารถเข้าจอดได้ • รถโดยสารสาธารณะจอดไม่ตรงกับพื้นที่จอดรับส่งและบางคันมีการจอดซ้อนคัน อาจเป็นอันตรายต่อรถบนเส้นทางหลักได้	• กำหนดระยะเวลาในการจอดรอ รับส่งผู้โดยสารแต่ละคัน เพื่อให้รถโดยสารสาธารณะที่ตามมาสามารถเข้าจอดรถได้และป้องกันการจอดรถซ้อนคัน • กวดขันวินัยจราจรของผู้ขับรถโดยสารสาธารณะเพื่อให้รถโดยสารสาธารณะที่ตามมาสามารถเข้าจอดรถได้และป้องกันการจอดรถซ้อนคัน

ตารางที่ 4-9 ประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ต่อ)

ประเด็นที่	รูปภาพประกอบ	รายละเอียดประเด็นปัญหา	แนวทางแก้ไขปัญหา
6		• สะพานลอยมีความลาดชันมากและทางเดินแคบเป็นอุปสรรคต่อการขึ้น-ลงสำหรับคนสูงอายุและผู้ทุพพลภาพ	• พิจารณารูปแบบสะพานข้ามที่เหมาะสมต่อผู้สูงอายุและผู้ทุพพลภาพ เช่น สะพานลอยแบบบันไดเลื่อน หรืออุโมงลอดทางแยก
7		• ช่องรอเลี้ยวขวาไม่สอดคล้องกับปริมาณการจราจร โดยช่องรอเลี้ยวขวามีความยาวเพียง 30 เมตร ซึ่งรองรับรถได้ประมาณ 3-4 คัน	• เพิ่มระยะช่องรอเลี้ยวขวา



รูปที่ 4-24 แนวทางในการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น บริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผลจากการสำรวจปัญหาทางแยกทั้ง 4 ทางแยกจากตารางที่ 4-6 ถึงตารางที่ 4-9 ข้างต้น สามารถสรุปประเด็นปัญหาการจราจรบนเส้นทางศึกษาได้ 4 ปัญหาหลัก คือ

ปัญหาที่ 1 การจอดรถในที่ห้ามจอด

จากสภาพปัญหาดังกล่าว สรุปได้ว่า มีการจอดรถบริเวณที่ห้ามจอด (ขาว-แดง) มีการจอดรถใกล้ทางแยก ทำให้ยานพาหนะที่ต้องการผ่านทางแยกไม่สามารถผ่านไปได้หรือผ่านไปได้ด้วยอัตราการไหลที่ลดลง และมีการจอดรถในช่องเดินรถโดยสารสาธารณะจึงทำให้รถโดยสารสาธารณะไม่สามารถจอดรอรับส่งผู้โดยตรงป้ายได้ ก่อให้เกิดการจอดซ้อนคัน นอกจากนี้ยังพบว่า มีการจอดรับส่งเป็นเวลานานอีกด้วย

ปัญหาที่ 2 ลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกไม่เหมาะสม

จากสภาพปัญหาดังกล่าว สรุปได้ว่า ช่องรอเลี้ยวขวาสั้นกว่าแถวคอยของรถที่ต้องการเลี้ยว หัวเกาะกลางยื่นเลยกึ่งกลางทางแยก ทำให้รถเลี้ยวยากและเกิดการเฉี่ยวชนบ่อยครั้ง โดยเฉพาะรถที่มีขนาดใหญ่ และพบว่า จำนวนช่องจราจรไม่มีความต่อเนื่อง มีการลดช่องจราจรอย่างกะทันหันจาก 3 ช่องจราจร เหลือ 2 ช่องจราจรเกิดเป็นคอขวด ผิวตะแกรงเหล็กระบายน้ำมีระดับต่ำกว่าผิวจราจร และร่องระบายน้ำข้างทางไม่มีฝาปิด ทำให้ผู้ขับขี่ต้องชะลอความเร็วอย่างกะทันหัน

ปัญหาที่ 3 การจัดช่องการจราจรไม่สอดคล้องกับสภาพการจราจรในปัจจุบัน

จากสภาพปัญหาดังกล่าว สรุปได้ว่า รถที่ต้องการเลี้ยวมีจำนวนมาก แต่ช่องจราจรสำหรับเลี้ยวมีเพียงช่องเดียว ทำให้เกิดแถวคอยยาวกว่าสภาพความเป็นจริง และยังพบว่าบริเวณทางแยกไม่มีเส้นนำทางสำหรับเลี้ยว อีกทั้งเครื่องหมายจราจรบนผิวถนนไม่ชัดเจนทำให้ผู้ขับขี่เกิดความสับสน

ปัญหาที่ 4 จังหวะสัญญาณไฟจราจรไม่สอดคล้องกับสภาพการจราจร

จากสภาพปัญหาดังกล่าว สรุปได้ว่า จังหวะสัญญาณไฟจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนไม่สอดคล้องกับสภาพการจราจร จึงส่งผลให้เกิดแถวคอยมีความยาวมากกว่าที่ควรจะเป็น

จากสภาพปัญหาหลักที่ส่งผลต่อการจราจรดังกล่าวข้างต้น จึงนำมาสู่การกำหนดมาตรการจัดการจราจรบนเส้นทางศึกษาทั้ง 4 ทางแยก เพื่อนำไปสู่การประยุกต์ใช้ในแบบจำลองการจัดการจราจร เพื่อหามาตรการที่มีความเหมาะสมที่สุดในการจัดการจราจรประกอบด้วย 4 มาตรการ ดังนี้

มาตรการที่ 1 การห้ามจอดรถ

มาตรการห้ามจอดรถบริเวณทางแยกและช่วงถนน ได้กำหนดการห้ามจอดรถก่อนถึงทางแยกเป็นระยะทางประมาณ 100 เมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละทางแยก เพื่อป้องกันการจอดรถซ้อนคันและจอดในที่ห้ามจอด นอกจากนี้ ในการจำลองการจอดรถข้างทางและการจอดซ้อนคันนั้น โปรแกรม VISSIM สามารถจำลองการจอดรถในลักษณะดังกล่าวได้ โดยกำหนดช่องจอดรถบริเวณริมข้างทางและช่องจอดรถในช่องจราจรถัดไปสำหรับการจอดรถซ้อนคัน แต่โปรแกรมไม่สามารถจำลองการจอดรถจักรยานยนต์แบบตั้งฉากกับถนนได้ แต่สามารถจำลองการจอดรถแบบขนานกับถนนได้

มาตรการที่ 2 การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก

โดยมาตรการในการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ ประกอบด้วย 1) การปรับปรุงระยะช่องรอเลี้ยวขวาจากเดิมยาวเพียง 30 เมตร เป็นระยะประมาณ 50-100 เมตรตามความเหมาะสมของแต่ละทางแยก 2) การปรับความกว้างของช่องจราจรและจำนวนช่องจราจรให้มีความต่อเนื่อง เช่น จากเดิมกว้าง 2.2 และ 3.3 เมตร ปรับใหม่ให้มีความกว้างเฉลี่ยเป็น 2.9 และ 3.5 เมตร เป็นต้น 3) การลดระยะหัวเกาะกลางให้เหมาะสม โดยลดลงจากระยะเดิมลงประมาณ 5 เมตร และ 4) การย้ายสิ่งกีดขวางบนผิวจราจร เช่น เสาไฟฟ้า และป้ายโฆษณา เพื่อเพิ่มความกว้างของช่องจราจรและเพิ่มรัศมีในการเลี้ยว พร้อมทั้งปรับปรุงตะแกรงเหล็กระบายน้ำและคูระบายน้ำข้างทางให้อยู่ระดับเดียวกับผิวจราจร และการห้ามวางตะแกรงเหล็กสำหรับยานพาหนะปีนขึ้นทางเท้าบริเวณหน้าอาคารพาณิชย์

มาตรการที่ 3 การปรับทิศทางกระแสจราจรใหม่

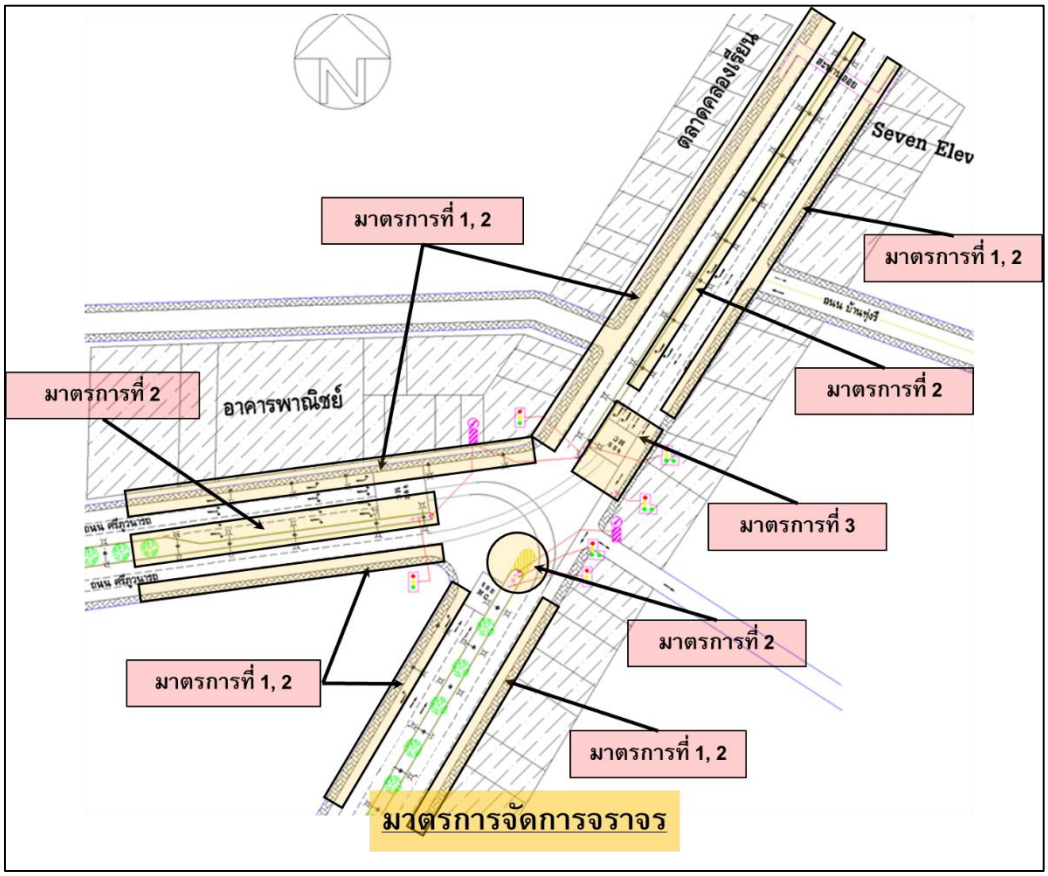
การปรับทิศทางกระแสจราจรใหม่ เพื่อให้มีความสอดคล้องกับสภาพการจราจรในปัจจุบัน โดยกำหนดให้ยานพาหนะสามารถวิ่งร่วมกันได้ภายในช่องจราจรเดียวกัน (Share lane) เช่น ทิศทางตรงกับเลี้ยวขวา เป็นต้น พร้อมทั้งติดตั้งป้าย เครื่องหมายจราจรบนผิวจราจรให้ได้มาตรฐาน และขีดสีตีเส้นสำหรับเส้นนำทางสำหรับการเลี้ยวให้ชัดเจน

มาตรการที่ 4 การปรับปรุงจังหวะสัญญาณไฟจราจร (นอกขอบเขตการศึกษานี้)

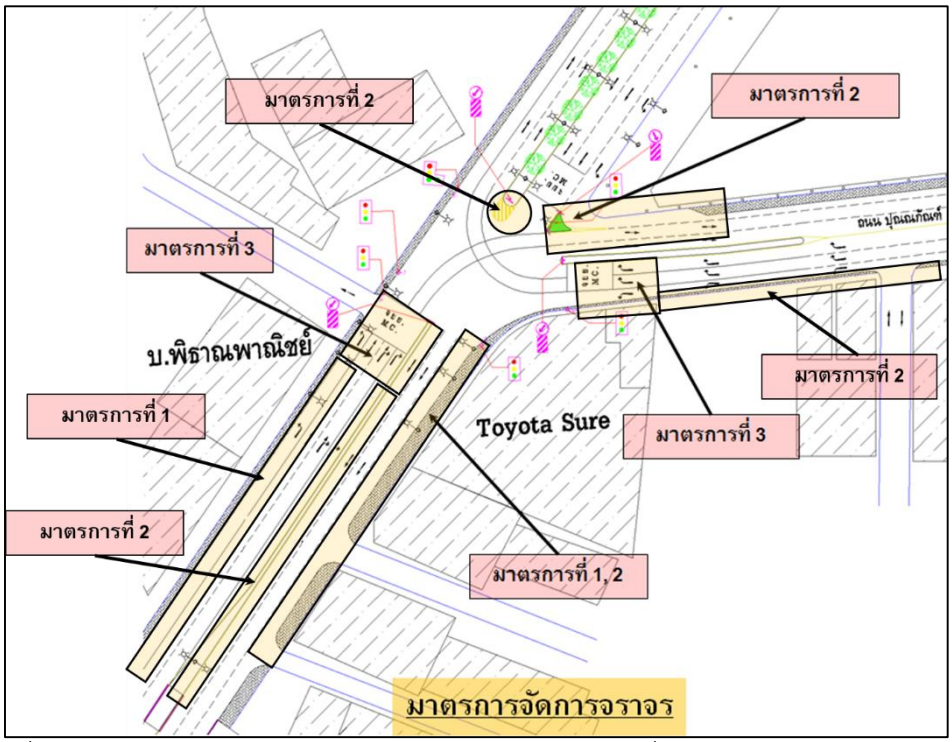
การปรับปรุงจังหวะสัญญาณไฟจราจรให้สอดคล้องกับปริมาณการจราจรในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนบนเส้นทางศึกษาทั้ง 4 ทางแยก อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยนี้ไม่ได้พิจารณามาตรการที่ 4 การปรับปรุงจังหวะสัญญาณไฟจราจร เนื่องจากมีข้อจำกัดของโปรแกรมที่ใช้ในปัจจุบัน โดยโปรแกรม

VISSIM ไม่สามารถวิเคราะห์หารอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสม (Optimal Cycle Time) กับสภาพการจราจรได้ จำเป็นต้องใช้โปรแกรมอื่นในการวิเคราะห์หารอบสัญญาณไฟจราจร เช่น โปรแกรม SIDRA เป็นต้น ซึ่งประเด็นดังกล่าวควรได้รับการพิจารณาในงานวิจัยในอนาคต

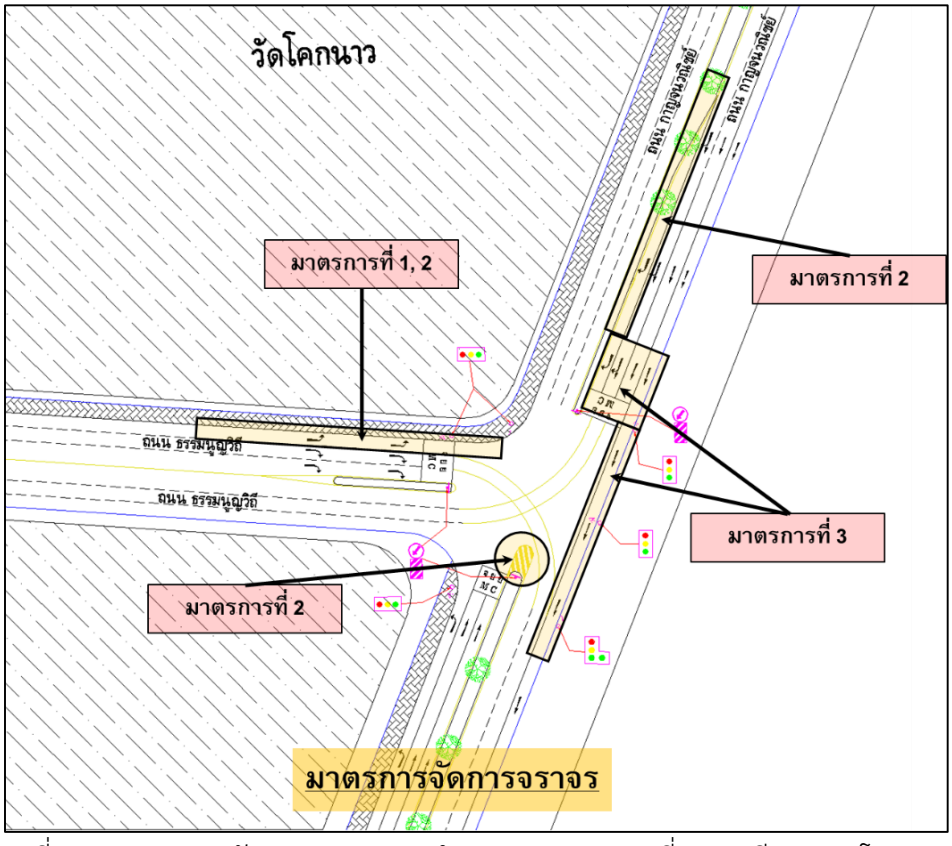
จึงสรุปได้ว่า มาตรการที่ 1-3 เป็นมาตรการที่นำไปสู่การพัฒนาและประยุกต์ใช้ในแบบจำลองแบบทางแยกเดี่ยว ซึ่งโปรแกรมสามารถปรับเปลี่ยนและกำหนดลักษณะตามมาตรการที่กำหนดได้ อย่างไรก็ตาม โปรแกรม VISSIM ไม่สามารถจำลองทุกสภาพปัญหาการจราจรได้โดยตรง แต่สามารถปรับค่าพารามิเตอร์สำหรับการจำลองพฤติกรรมการขับขี่เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด เช่น ถนนเป็นหลุมหรือผิวขรุขระ โปรแกรมไม่สามารถจำลองสภาพผิวจราจรตามพื้นที่จริงได้ แต่สามารถกำหนดความเร็วของยานพาหนะที่ขับขี่ผ่านบริเวณดังกล่าวด้วยความระมัดระวังตามสภาพความเป็นจริงได้ เป็นต้น ซึ่งในการปรับปรุงตามมาตรการที่ 1-3 ได้กำหนดลงในแบบจำลองสภาพการจราจรของแต่ละทางแยก ดังแสดงในรูปที่ 4-25 ถึงรูปที่ 4-28 ตามลำดับ



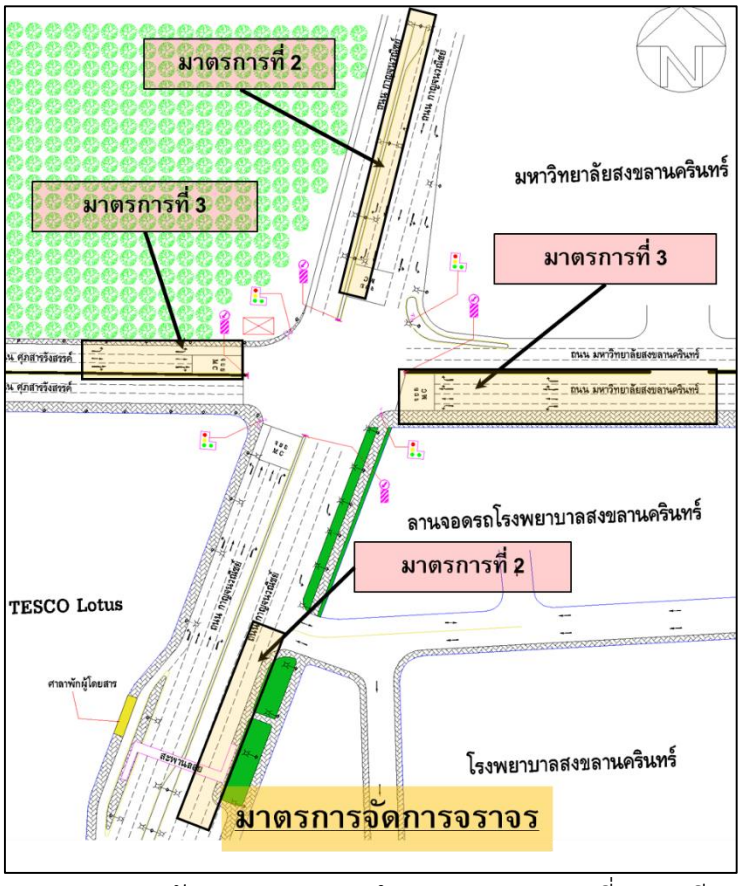
รูปที่ 4-25 มาตรการจัดการจราจรแบบจำลองแบบทางแยกเดี่ยว กรณีทางแยกคลองเรียน



รูปที่ 4-26 มาตรการจัดการจราจรแบบจำลองแบบทางแยกเดี่ยว กรณีทางแยกปุณณกัณฑ์



รูปที่ 4-27 มาตรการจัดการจราจรแบบจำลองแบบทางแยกเดี่ยว กรณีทางแยกโคกนาว

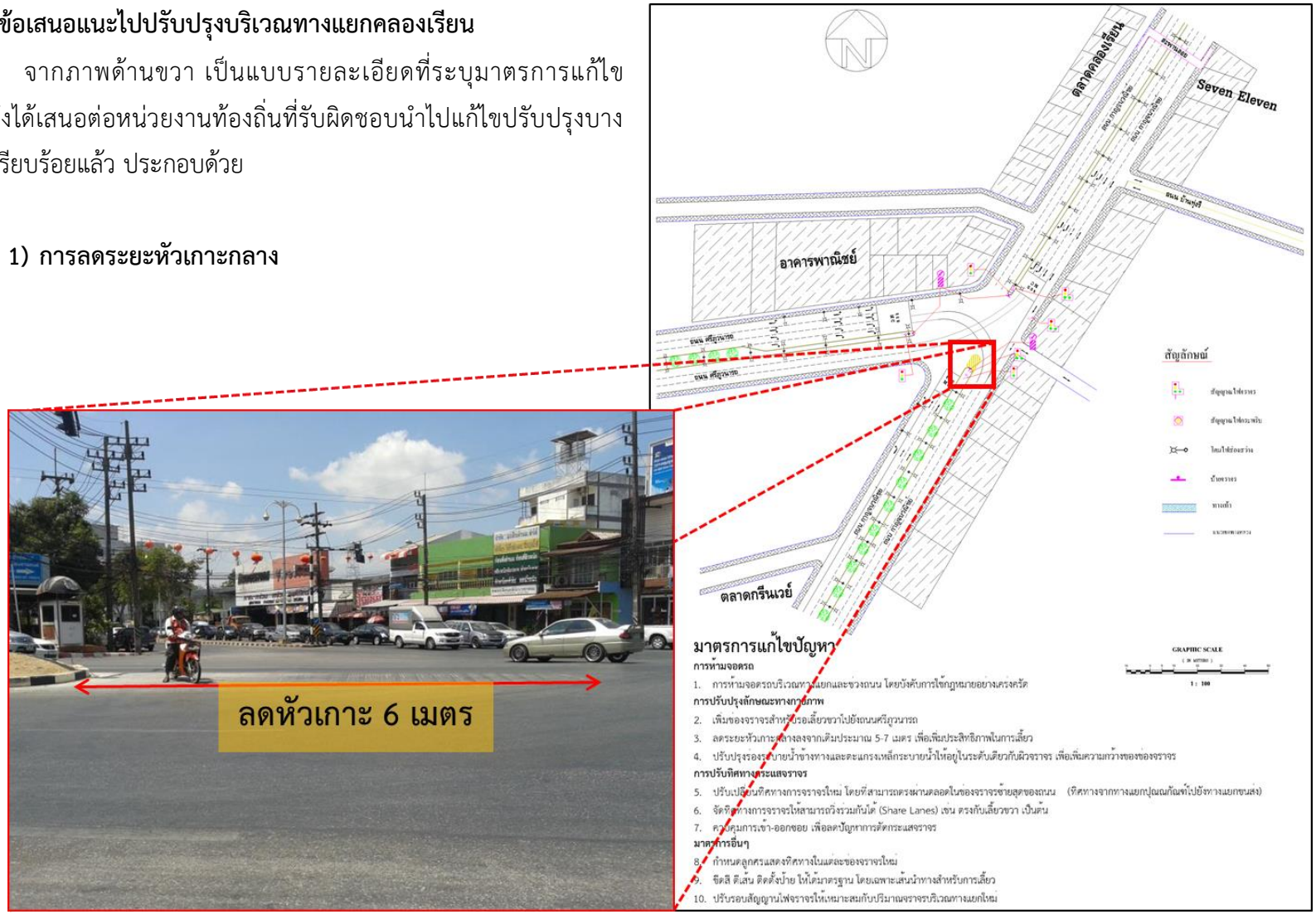


รูปที่ 4-28 มาตรการจัดการจราจรแบบจำลองแบบทางแยกเดี่ยว กรณีทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

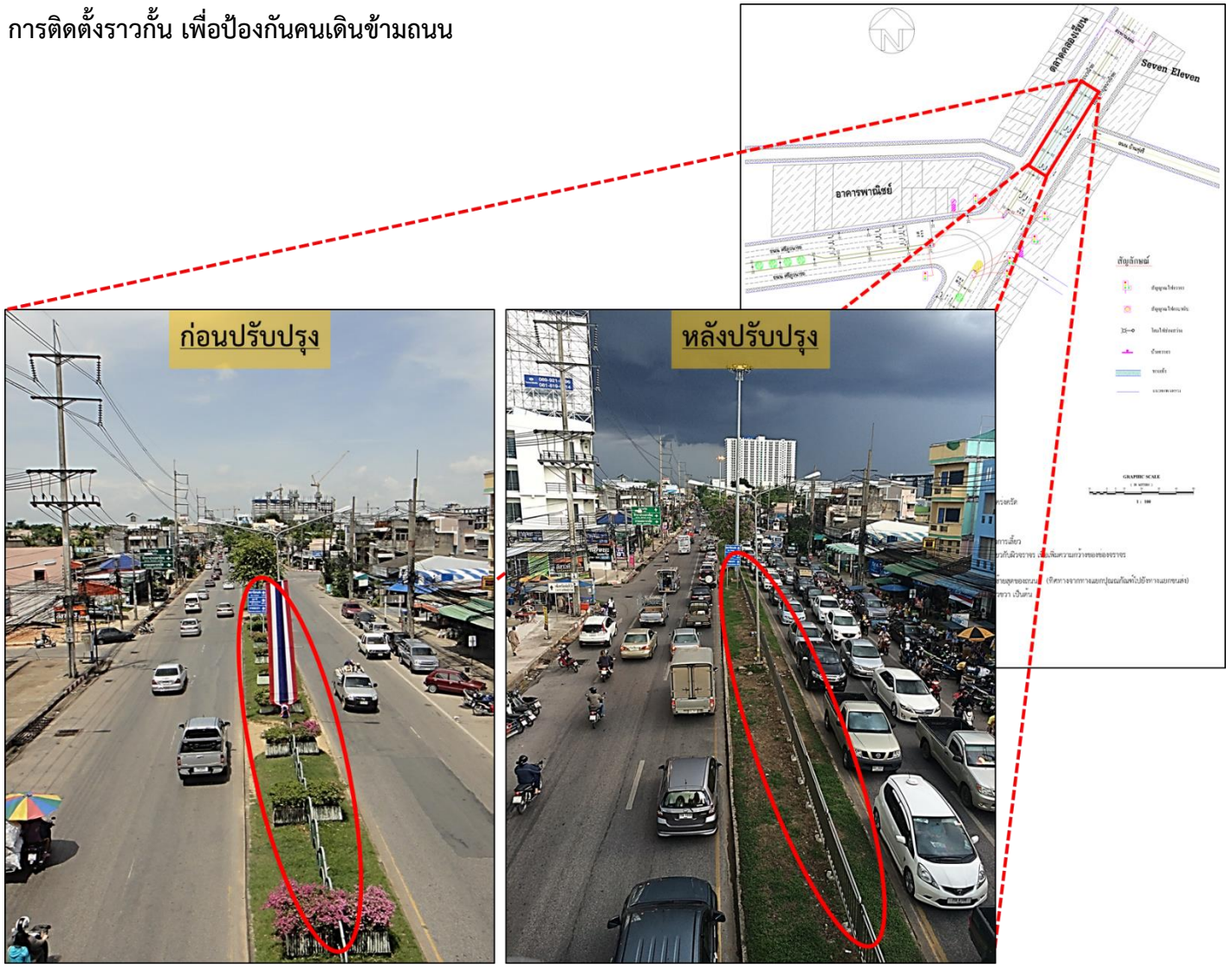
4.3 ผลการนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงบริเวณทางแยกคลองเรียน

จากภาพด้านขวา เป็นแบบรายละเอียดที่ระบุมาตรการแก้ไขปัญหาต่างๆ ซึ่งได้เสนอต่อหน่วยงานท้องถิ่นที่รับผิดชอบนำไปแก้ไขปรับปรุงบางประเด็นเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ประกอบด้วย

1) การลดระยะหัวเกาะกลาง



2) การติดตั้งราวกั้น เพื่อป้องกันคนเดินข้ามถนน



บทที่ 5
ผลการพัฒนาแบบจำลองและวิเคราะห์การจัดการจราจรแบบทางแยกเดี่ยว

การวิเคราะห์ผลการจัดการจราจรแบบทางแยกเดี่ยว เป็นการวิเคราะห์หามาตรการจัดการจราจรบนเส้นทางศึกษาตั้งแต่ทางแยกคลองเรียนถึงทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยการนำมาตรการที่ได้จากบทที่ 4 มาใช้ในการวิเคราะห์จัดการจราจรแบบทางแยกเดี่ยวด้วยแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ซึ่งในบทที่ 5 เป็นการนำเสนอผลการปรับเทียบและผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐาน และนำเสนอผลการวิเคราะห์การจัดการจราจรแบบทางเดี่ยวด้วยแบบจำลองบนเส้นทางศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ผลการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐาน

ก่อนการนำแบบจำลองฐานไปประยุกต์ใช้ต้องนำแบบจำลองฐานที่พัฒนาขึ้นมาปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองก่อน เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของผลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลจากภาคสนาม โดยใช้ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกเป็นตัวแปรในการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งในการปรับเทียบแบบจำลองฐานได้ทำการบันทึกข้อมูลเป็นช่วงเวลา ช่วงละ 900 วินาที (15 นาที) ซึ่งเป็นการอ้างอิงช่วงเวลาจากข้อมูลที่สำรวจในภาคสนาม นอกจากนี้ ช่วงเวลาที่เริ่มบันทึกข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลเริ่มบันทึกข้อมูลในช่วงวินาทีที่ 900 ถึง 4,500 โดยช่วงเวลาตั้งแต่ 0 - 900 วินาที ไม่นำมาพิจารณาเนื่องจากเป็นช่วงเริ่มต้นของการจำลอง ในการวิเคราะห์ผลการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองได้แบ่งประเภทของยานพาหนะออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1) รถจักรยานยนต์
2) รถยนต์ส่วนบุคคล
3) รถบรรทุก
4) รถบัส

ซึ่งผลการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐานมีดังนี้

5.1.1 การปรับเทียบแบบจำลองฐาน

ในงานวิจัยนี้ได้นำปริมาณการจราจรจากภาคสนามบนเส้นทางที่ศึกษาในช่วงเร่งด่วนเช้า (07:30 - 08:30 น.) โดยการนำผลที่ได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการสำรวจจริง ผลที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลองของแต่ละทางแยก ดังแสดงในตารางที่ 5-1 ถึงตารางที่ 5-4 ตามลำดับ

ตารางที่ 5-1 ผลการปรับเทียบแบบจำลองฐานของทางแยกคลองเรียน

ชื่อถนน	ทิศทาง	ปริมาณจราจรจากการสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	ปริมาณจราจรจากแบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)	ความแตกต่าง (คัน/ชั่วโมง)	หลักเกณฑ์ (คัน/ชั่วโมง)	เกณฑ์การประเมิน	% ความแตกต่างสัมบูรณ์	ผ่าน / ไม่ผ่าน
เกณฑ์การปรับเทียบของ Wisconsin DOT								
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศใต้)	เลี้ยวซ้าย	156	135	-21	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	13.46%	ผ่าน
	ตรงไป	1681	1680	-1	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	0.06%	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศเหนือ)	ตรงไป	1666	1711	45	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	2.70%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	809	781	-28	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	3.46%	ผ่าน
ถนนศรีภูวนารถ	เลี้ยวซ้าย	728	752	24	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	3.30%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	912	923	11	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	1.21%	ผ่าน
						เฉลี่ย	4.03%	100%
ค่าทางสถิติ GEH								
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศใต้)	เลี้ยวซ้าย	156	135	-21	GEH	น้อยกว่า 5	1.74	ผ่าน
	ตรงไป	1681	1680	-1	GEH	น้อยกว่า 5	0.02	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศเหนือ)	ตรงไป	1666	1711	45	GEH	น้อยกว่า 5	1.10	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	809	781	-28	GEH	น้อยกว่า 5	0.99	ผ่าน
ถนนศรีภูวนารถ	เลี้ยวซ้าย	728	752	24	GEH	น้อยกว่า 5	0.88	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	912	923	11	GEH	น้อยกว่า 5	0.36	ผ่าน
						เฉลี่ย	0.85	100%

ตารางที่ 5-2 ผลการปรับเทียบแบบจำลองฐานของทางแยกปุณณกัณฑ์

ชื่อถนน	ทิศทาง	ปริมาณจราจรจากการสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	ปริมาณจราจรจากแบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)	ความแตกต่าง (คัน/ชั่วโมง)	หลักเกณฑ์ (คัน/ชั่วโมง)	เกณฑ์การประเมิน	% ความแตกต่างสัมบูรณ์	ผ่าน / ไม่ผ่าน
เกณฑ์การปรับเทียบของ Wisconsin DOT								
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศเหนือ)	เลี้ยวซ้าย	631	625	-6	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	0.95%	ผ่าน
	ตรงไป	1526	1539	13	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	0.85%	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศใต้)	ตรงไป	1720	1609	-111	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	6.45%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	858	892	34	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	3.96%	ผ่าน
ถนนปุณณกัณฑ์	เลี้ยวซ้าย	566	570	4	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	0.71%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	1378	1329	-49	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	3.56%	ผ่าน
						เฉลี่ย	2.75%	100%
ค่าทางสถิติ GEH								
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศเหนือ)	เลี้ยวซ้าย	631	625	-6	GEH	น้อยกว่า 5	0.24	ผ่าน
	ตรงไป	1526	1539	13	GEH	น้อยกว่า 5	0.33	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศใต้)	ตรงไป	1720	1609	-111	GEH	น้อยกว่า 5	2.72	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	858	892	34	GEH	น้อยกว่า 5	1.15	ผ่าน
ถนนปุณณกัณฑ์	เลี้ยวซ้าย	566	570	4	GEH	น้อยกว่า 5	0.17	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	1378	1329	-49	GEH	น้อยกว่า 5	1.33	ผ่าน
						เฉลี่ย	0.99	100%

ตารางที่ 5-3 ผลการปรับเทียบแบบจำลองฐานของทางแยกโคกนาว

ชื่อถนน	ทิศทาง	ปริมาณจราจรจากการสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	ปริมาณจราจรจากแบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)	ความแตกต่าง (คัน/ชั่วโมง)	หลักเกณฑ์ (คัน/ชั่วโมง)	เกณฑ์การประเมิน	% ความแตกต่างสัมบูรณ์	ผ่าน / ไม่ผ่าน
เกณฑ์การปรับเทียบของ Wisconsin DOT								
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศใต้)	เลี้ยวซ้าย	883	855	-28	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	3.17%	ผ่าน
	ตรงไป	1800	1820	20	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	1.11%	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศเหนือ)	ตรงไป	1741	1757	16	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	0.92%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	483	494	11	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	2.28%	ผ่าน
ถนนธรรมนูญวิถี	เลี้ยวซ้าย	251	268	17	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	6.77%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	800	832	32	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	4.00%	ผ่าน
						เฉลี่ย	3.04%	100%
ค่าทางสถิติ GEH								
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศใต้)	เลี้ยวซ้าย	883	855	-28	GEH	น้อยกว่า 5	0.95	ผ่าน
	ตรงไป	1800	1820	20	GEH	น้อยกว่า 5	0.47	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศเหนือ)	ตรงไป	1741	1757	16	GEH	น้อยกว่า 5	0.38	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	483	494	11	GEH	น้อยกว่า 5	0.50	ผ่าน
ถนนธรรมนูญวิถี	เลี้ยวซ้าย	251	268	17	GEH	น้อยกว่า 5	1.06	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	800	832	32	GEH	น้อยกว่า 5	1.12	ผ่าน
						เฉลี่ย	0.75	100%

ตารางที่ 5-4 ผลการปรับเทียบแบบจำลองฐานของทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อถนน	ทิศทาง	ปริมาณจราจรจากการสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	ปริมาณจราจรจากแบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)	ความแตกต่าง (คัน/ชั่วโมง)	หลักเกณฑ์ (คัน/ชั่วโมง)	เกณฑ์การประเมิน	% ความแตกต่างสัมบูรณ์	ผ่าน / ไม่ผ่าน
เกณฑ์การปรับเทียบของ Wisconsin DOT								
ถนนศุภสารรังสรรค์	เลี้ยวซ้าย	115	91	-24	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	20.87%	ผ่าน
	ตรงไป	612	583	-29	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	4.74%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	199	215	16	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	8.04%	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศเหนือ)	เลี้ยวซ้าย	697	713	16	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	2.30%	ผ่าน
	ตรงไป	1608	1649	41	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	2.55%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	363	350	-13	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	3.58%	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศใต้)	เลี้ยวซ้าย	188	211	23	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	12.23%	ผ่าน
	ตรงไป	1361	1347	-14	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	1.03%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	447	495	48	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	10.74%	ผ่าน
	U-Turn	334	296	-38	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	11.38%	ผ่าน
ถนนมหาวิทยาลัย	เลี้ยวซ้าย	92	80	-12	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	13.04%	ผ่าน
	ตรงไป	239	239	0	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	0.00%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	379	420	41	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	10.82%	ผ่าน
						เฉลี่ย	7.79%	100%

ตารางที่ 5-4 ผลการปรับเทียบแบบจำลองฐานของทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์(ต่อ)

ชื่อถนน	ทิศทาง	ปริมาณจราจรจากการสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	ปริมาณจราจรจากแบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)	ความแตกต่าง (คัน/ชั่วโมง)	หลักเกณฑ์ (คัน/ชั่วโมง)	เกณฑ์การประเมิน	% ความแตกต่างสัมบูรณ์	ผ่าน / ไม่ผ่าน
ค่าทางสถิติ GEH								
ถนนศุภสารรังสรรค์	เลี้ยวซ้าย	115	91	-24	GEH	น้อยกว่า 5	2.36	ผ่าน
	ตรงไป	612	583	-29	GEH	น้อยกว่า 5	1.19	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	199	215	16	GEH	น้อยกว่า 5	1.11	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศเหนือ)	เลี้ยวซ้าย	697	713	16	GEH	น้อยกว่า 5	0.60	ผ่าน
	ตรงไป	1608	1649	41	GEH	น้อยกว่า 5	1.02	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	363	350	-13	GEH	น้อยกว่า 5	0.69	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศใต้)	เลี้ยวซ้าย	188	211	23	GEH	น้อยกว่า 5	1.63	ผ่าน
	ตรงไป	1361	1347	-14	GEH	น้อยกว่า 5	0.38	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	447	495	48	GEH	น้อยกว่า 5	2.21	ผ่าน
	U-Turn	334	296	-38	GEH	น้อยกว่า 5	2.14	ผ่าน
ถนนมหาวิทยาลัย	เลี้ยวซ้าย	92	80	-12	GEH	น้อยกว่า 5	1.29	ผ่าน
	ตรงไป	239	239	0	GEH	น้อยกว่า 5	0.00	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	379	420	41	GEH	น้อยกว่า 5	2.05	ผ่าน
						เฉลี่ย	1.28	100%

จากตารางที่ 5-1 พบว่า ผลการปรับเทียบแบบจำลองฐานของทางแยกคลองเรียน มีความสอดคล้องกับผลการสำรวจภาคสนามเป็นอย่างดี ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับของ Wisconsin DOT โดยเฉลี่ยทั้งทางแยกผ่านเกณฑ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนจากค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ในแต่ละทางแยกเฉลี่ยร้อยละ 4.03 และค่าทางสถิติ GEH เฉลี่ยเท่ากับ 0.85

จากตารางที่ 5-2 พบว่า ผลการปรับเทียบแบบจำลองฐานของทางแยกปุณณกัณฑ์ มีความสอดคล้องกับผลการสำรวจภาคสนามเป็นอย่างดี ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับของ Wisconsin DOT โดยเฉลี่ยทั้งทางแยกผ่านเกณฑ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนจากค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ในแต่ละทางแยกเฉลี่ยร้อยละ 2.75 และค่าทางสถิติ GEH เฉลี่ยเท่ากับ 0.99

จากตารางที่ 5-3 พบว่า ผลการปรับเทียบแบบจำลองฐานของทางแยกโคกนาว มีความสอดคล้องกับผลการสำรวจภาคสนามเป็นอย่างดี ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับของ Wisconsin DOT โดยเฉลี่ยทั้งทางแยกผ่านเกณฑ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนจากค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ในแต่ละทางแยกเฉลี่ยร้อยละ 3.04 และค่าทางสถิติ GEH เฉลี่ยเท่ากับ 0.75

จากตารางที่ 5-4 พบว่า ผลการปรับเทียบแบบจำลองฐานของทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีความสอดคล้องกับผลการสำรวจภาคสนามเป็นอย่างดี ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับของ Wisconsin DOT โดยเฉลี่ยทั้งทางแยกผ่านเกณฑ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนจากค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ในแต่ละทางแยกเฉลี่ยร้อยละ 7.79 และค่าทางสถิติ GEH เฉลี่ยเท่ากับ 1.28

จากผลการปรับเทียบแบบจำลองฐานของทุกทางแยก สามารถสรุปได้ว่า ผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับและค่าทางสถิติของแบบจำลองสภาพการจราจร ดังนั้น สามารถนำแบบจำลองฐานที่ผ่านเกณฑ์การปรับเทียบแล้วมาทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองใหม่อีกครั้ง โดยนำข้อมูลปริมาณการจราจรในช่วงตอนเย็นที่มีความเป็นอิสระต่อกันเป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบ ซึ่งผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองแสดงในหัวข้อลำดับถัดไป

5.1.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐาน

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐาน มีวิธีการตรวจสอบเช่นเดียวกับการปรับเทียบแบบจำลอง เพียงแต่เปลี่ยนการนำเข้าข้อมูลปริมาณการจราจรจากช่วงเร่งด่วนเช้าเป็นช่วงเร่งด่วนเย็น (16:40 - 17:40 น.) ซึ่งผลจากการสำรวจสภาพการจราจร พบว่า ปริมาณการจราจรรวมทั้ง 4 ทางแยกในช่วงเช้าที่สำรวจได้เท่ากับ 17,650 PCU/ชั่วโมง และปริมาณการจราจรรวมทั้ง 4 ทางแยกในช่วงเร่งด่วนเย็นที่สำรวจได้เท่ากับ 17,681 PCU/ชั่วโมง ซึ่งเห็นได้ว่ามีปริมาณการจราจรที่ใกล้เคียงกันมาก แต่เมื่อพิจารณาปริมาณในแต่ละทางแยกกลับพบว่ามีความแตกต่างอย่างชัดเจน เช่น ปริมาณการจราจรเร่งด่วนเช้าบริเวณทางแยกคลองเรียนเท่ากับ 4,719 PCU/ชั่วโมง แต่ปริมาณการจราจรเร่งด่วนเย็นเท่ากับ 4,361 PCU/ชั่วโมง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม เมื่อนำปริมาณการจราจรของแต่ละทางแยกมารวมกันกลับทำให้ค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกันมาก เนื่องมาจากเส้นทางดังกล่าวถือเป็นเส้นทางหลักที่ใช้สัญจรเข้าออกเมืองหาดใหญ่ โดยส่วนใหญ่มีการสัญจรผ่านเส้นทางทั้งในทิศทางเข้าเมืองและออกเมืองในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน จึงทำให้ค่าที่สำรวจได้มีความใกล้เคียงกัน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วปริมาณการจราจรในช่วงเร่งด่วนเช้าในทิศทางขาเข้าเมืองมีปริมาณการจราจรมากกว่าในทิศทางขาออกเมือง และกลับกันในช่วงเร่งด่วนเย็นขาออกเมืองมีปริมาณการจราจรมากกว่าทิศทางขาเข้าเมือง

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสภาพการจราจรของแต่ละทางแยกแสดงในตารางที่ 5-5 ถึงตารางที่ 5-8 ตามลำดับ

ตารางที่ 5-5 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองฐานของทางแยกคลองเรียน

ชื่อถนน	ทิศทาง	ปริมาณจราจรจากการสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	ปริมาณจราจรจากแบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)	ความแตกต่าง (คัน/ชั่วโมง)	หลักเกณฑ์ (คัน/ชั่วโมง)	เกณฑ์การประเมิน	% ความแตกต่างสัมบูรณ์	ผ่าน / ไม่ผ่าน
เกณฑ์การปรับเทียบของ Wisconsin DOT								
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศใต้)	เลี้ยวซ้าย	176	155	-21	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	11.93%	ผ่าน
	ตรงไป	1762	1761	-1	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	0.06%	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศเหนือ)	ตรงไป	1730	1745	15	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	0.87%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	532	534	2	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	0.38%	ผ่าน
ถนนศรีภูวนารถ	เลี้ยวซ้าย	731	765	34	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	4.65%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	1181	1179	-2	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	0.17%	ผ่าน
						เฉลี่ย	3.01%	100%
ค่าทางสถิติ GEH								
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศใต้)	เลี้ยวซ้าย	176	155	-21	GEH	น้อยกว่า 5	1.63	ผ่าน
	ตรงไป	1762	1761	-1	GEH	น้อยกว่า 5	0.02	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศเหนือ)	ตรงไป	1730	1745	15	GEH	น้อยกว่า 5	0.36	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	532	534	2	GEH	น้อยกว่า 5	0.09	ผ่าน
ถนนศรีภูวนารถ	เลี้ยวซ้าย	731	765	34	GEH	น้อยกว่า 5	1.24	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	1181	1179	-2	GEH	น้อยกว่า 5	0.06	ผ่าน
						เฉลี่ย	0.57	100%

ตารางที่ 5-6 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองฐานของทางแยกปุณณกัณฑ์

ชื่อถนน	ทิศทาง	ปริมาณจราจรจากการสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	ปริมาณจราจรจากแบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)	ความแตกต่าง (คัน/ชั่วโมง)	หลักเกณฑ์ (คัน/ชั่วโมง)	เกณฑ์การประเมิน	% ความแตกต่างสัมบูรณ์	ผ่าน / ไม่ผ่าน
เกณฑ์การปรับเทียบของ Wisconsin DOT								
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศเหนือ)	เลี้ยวซ้าย	1008	996	-12	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	1.19%	ผ่าน
	ตรงไป	1628	1623	-5	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	0.31%	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศใต้)	ตรงไป	1593	1473	-120	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	7.53%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	779	804	25	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	3.21%	ผ่าน
ถนนปุณณกัณฑ์	เลี้ยวซ้าย	625	611	-14	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	2.24%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	1078	1041	-37	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	3.43%	ผ่าน
						เฉลี่ย	2.99%	100%
ค่าทางสถิติ GEH								
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศเหนือ)	เลี้ยวซ้าย	1008	996	-12	GEH	น้อยกว่า 5	0.38	ผ่าน
	ตรงไป	1628	1623	-5	GEH	น้อยกว่า 5	0.12	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศใต้)	ตรงไป	1593	1473	-120	GEH	น้อยกว่า 5	3.06	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	779	804	25	GEH	น้อยกว่า 5	0.89	ผ่าน
ถนนปุณณกัณฑ์	เลี้ยวซ้าย	625	611	-14	GEH	น้อยกว่า 5	0.56	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	1078	1041	-37	GEH	น้อยกว่า 5	1.14	ผ่าน
						เฉลี่ย	1.03	100%

ตารางที่ 5-7 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองฐานของทางแยกโคกนาว

ชื่อถนน	ทิศทาง	ปริมาณจราจรจากการสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	ปริมาณจราจรจากแบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)	ความแตกต่าง (คัน/ชั่วโมง)	หลักเกณฑ์ (คัน/ชั่วโมง)	เกณฑ์การประเมิน	% ความแตกต่างสัมบูรณ์	ผ่าน / ไม่ผ่าน
เกณฑ์การปรับเทียบของ Wisconsin DOT								
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศใต้)	เลี้ยวซ้าย	731	711	-20	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	2.74%	ผ่าน
	ตรงไป	1762	1777	15	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	0.85%	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศเหนือ)	ตรงไป	1725	1742	17	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	0.99%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	678	670	-8	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	1.18%	ผ่าน
ถนนธรรมนูญวิถี	เลี้ยวซ้าย	174	203	29	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	16.67%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	1115	1151	36	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	3.23%	ผ่าน
						เฉลี่ย	4.27%	100%
ค่าทางสถิติ GEH								
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศใต้)	เลี้ยวซ้าย	731	711	-20	GEH	น้อยกว่า 5	0.74	ผ่าน
	ตรงไป	1762	1777	15	GEH	น้อยกว่า 5	0.36	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศเหนือ)	ตรงไป	1725	1742	17	GEH	น้อยกว่า 5	0.41	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	678	670	-8	GEH	น้อยกว่า 5	0.31	ผ่าน
ถนนธรรมนูญวิถี	เลี้ยวซ้าย	174	203	29	GEH	น้อยกว่า 5	2.11	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	1115	1151	36	GEH	น้อยกว่า 5	1.07	ผ่าน
						เฉลี่ย	0.83	100%

ตารางที่ 5-8 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองฐานของทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อถนน	ทิศทาง	ปริมาณจราจรจากการสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	ปริมาณจราจรจากแบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)	ความแตกต่าง (คัน/ชั่วโมง)	หลักเกณฑ์ (คัน/ชั่วโมง)	เกณฑ์การประเมิน	% ความแตกต่างสัมบูรณ์	ผ่าน / ไม่ผ่าน
เกณฑ์การปรับเทียบของ Wisconsin DOT								
ถนนศุภสารรังสรรค์	เลี้ยวซ้าย	153	129	-24	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	15.69%	ผ่าน
	ตรงไป	458	438	-20	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	4.37%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	260	269	9	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	3.46%	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศเหนือ)	เลี้ยวซ้าย	251	256	5	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	1.99%	ผ่าน
	ตรงไป	1285	1307	22	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	1.71%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	335	331	-4	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	1.19%	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศใต้)	เลี้ยวซ้าย	198	233	35	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	17.68%	ผ่าน
	ตรงไป	1257	1246	-11	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	0.88%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	252	274	22	700 < Flow < 2,700	น้อยกว่า 15%	8.73%	ผ่าน
	U-Turn	160	143	-17	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	10.63%	ผ่าน
ถนนมหาวิทยาลัย	เลี้ยวซ้าย	234	225	-9	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	3.85%	ผ่าน
	ตรงไป	669	669	0	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	0.00%	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	621	637	16	Flow <700	น้อยกว่า 100 คัน	2.58%	ผ่าน
						เฉลี่ย	5.60%	100%

ตารางที่ 5-8 ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองฐานของทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ต่อ)

ชื่อถนน	ทิศทาง	ปริมาณจราจรจากการสำรวจ (คัน/ชั่วโมง)	ปริมาณจราจรจากแบบจำลอง (คัน/ชั่วโมง)	ความแตกต่าง (คัน/ชั่วโมง)	หลักเกณฑ์ (คัน/ชั่วโมง)	เกณฑ์การประเมิน	% ความแตกต่างสัมบูรณ์	ผ่าน / ไม่ผ่าน
ค่าทางสถิติ GEH								
ถนนศุภสารรังสรรค์	เลี้ยวซ้าย	153	129	-24	GEH	น้อยกว่า 5	2.02	ผ่าน
	ตรงไป	458	438	-20	GEH	น้อยกว่า 5	0.94	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	260	269	9	GEH	น้อยกว่า 5	0.55	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศเหนือ)	เลี้ยวซ้าย	251	256	5	GEH	น้อยกว่า 5	0.31	ผ่าน
	ตรงไป	1285	1307	22	GEH	น้อยกว่า 5	0.61	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	335	331	-4	GEH	น้อยกว่า 5	0.22	ผ่าน
ถนนกาญจนวณิชย์ (ด้านทิศใต้)	เลี้ยวซ้าย	198	233	35	GEH	น้อยกว่า 5	2.38	ผ่าน
	ตรงไป	1257	1246	-11	GEH	น้อยกว่า 5	0.31	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	252	274	22	GEH	น้อยกว่า 5	1.36	ผ่าน
	U-Turn	160	143	-17	GEH	น้อยกว่า 5	1.38	ผ่าน
ถนนมหาวิทยาลัย	เลี้ยวซ้าย	234	225	-9	GEH	น้อยกว่า 5	0.59	ผ่าน
	ตรงไป	669	669	0	GEH	น้อยกว่า 5	0.00	ผ่าน
	เลี้ยวขวา	621	637	16	GEH	น้อยกว่า 5	0.64	ผ่าน
						เฉลี่ย	0.87	100%

จากตารางที่ 5-5 พบว่า ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองฐานของทางแยกคลองเรียน มีความสอดคล้องกับผลการสำรวจภาคสนามเป็นอย่างดี ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับของ WisconsinDOT โดยเฉลี่ยทั้งทางแยกผ่านเกณฑ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนจากค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ในแต่ละทางแยกเฉลี่ยร้อยละ 3.01 และค่าทางสถิติ GEH เฉลี่ยเท่ากับ 0.57

จากตารางที่ 5-6 พบว่า ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองฐานของทางแยกปุณณกัณฑ์ มีความสอดคล้องกับผลการสำรวจภาคสนามเป็นอย่างดี ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับของ WisconsinDOT โดยเฉลี่ยทั้งทางแยกผ่านเกณฑ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนจากค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ในแต่ละทางแยกเฉลี่ยร้อยละ 2.99 และค่าทางสถิติ GEH เฉลี่ยเท่ากับ 1.03

จากตารางที่ 5-7 พบว่า ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองฐานของทางแยกโคกนาว มีความสอดคล้องกับผลการสำรวจภาคสนามเป็นอย่างดี ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับของ WisconsinDOT โดยเฉลี่ยทั้งทางแยกผ่านเกณฑ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนจากค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ในแต่ละทางแยกเฉลี่ยร้อยละ 4.27 และค่าทางสถิติ GEH เฉลี่ยเท่ากับ 0.83

จากตารางที่ 5-8 พบว่า ผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองฐานของทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีความสอดคล้องกับผลการสำรวจภาคสนามเป็นอย่างดี ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับของ WisconsinDOT โดยเฉลี่ยทั้งทางแยกผ่านเกณฑ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนจากค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ในแต่ละทางแยกเฉลี่ยร้อยละ 5.60 และค่าทางสถิติ GEH เฉลี่ยเท่ากับ 0.87

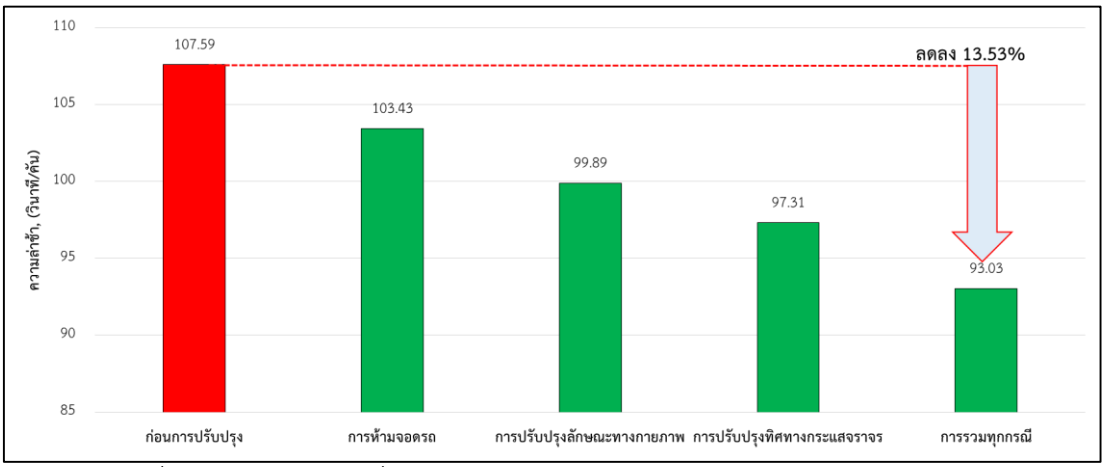
จากผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฐานของทุกทางแยก สามารถสรุปได้ว่า ผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับและค่าทางสถิติของแบบจำลองสภาพการจราจร ดังนั้น สามารถนำแบบจำลองฐานที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์มาตรการจัดการจราจรในลำดับไป ซึ่งผลการวิเคราะห์การจัดการจราจรแบบทางแยกเดี่ยวทั้ง 4 ทางแยกแสดงในหัวข้อลำดับถัดไป

5.2 ผลการวิเคราะห์การจัดการจราจรแบบทางแยกเดี่ยว

ผลจากการวิเคราะห์มาตรการจัดการจราจรแบบทางแยกเดี่ยวด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรของทุกทางแยก แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

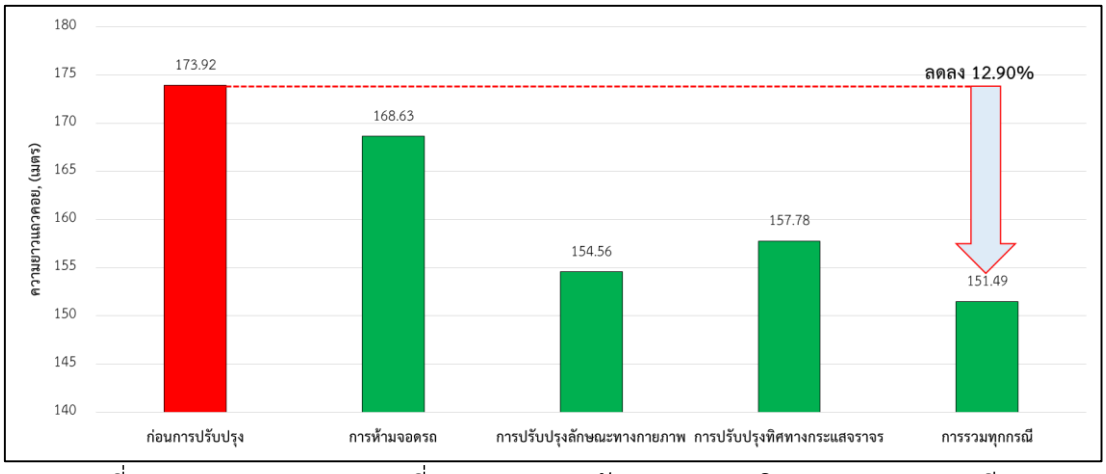
5.2.1 การจัดการจราจรบริเวณทางแยกคลองเรียน

การวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกคลองเรียนด้วยโปรแกรม VISSIM นั้น ได้แบ่งเป็น 5 แบบจำลอง ประกอบด้วย 1) แบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน 2) แบบจำลองมาตรการห้ามจอดรถและการจอดซ้อนคันใกล้บริเวณทางแยกระยะทาง 100 เมตร 3) แบบจำลองมาตรการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก ซึ่งมีการเพิ่มช่องจราจรสำหรับเลี้ยวขวาบนถนนกาญจนวณิชย์ เพิ่มระยะช่องรอเลี้ยวขวาบนถนนศรีภูวนารถ ลดระยะหัวเกาะกลาง และปรับปรับปรุงร่องระบายน้ำข้างทางเพื่อเพิ่มความกว้างของช่องจราจร 4) แบบจำลองมาตรการปรับปรุงทิศทางกระแสจราจร โดยกำหนดให้สามารถตรงผ่านตลอดได้จากทิศทางแยกปุณณกัณฑ์ไปยังแยกขนส่งในช่องจราจรซ้ายสุด และปรับช่องการจราจรให้สามารถวิ่งตรงและเลี้ยวขวาร่วมกัน (Share Lane) ในช่องจราจรที่ 2 ถัดจากช่องรอเลี้ยวขวา และ 5) แบบจำลองการรวมทุกมาตรการ (2+3+4) ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองเพื่อหามาตรการที่มีความเหมาะสมในการจัดการจราจรบริเวณทางแยก โดยใช้ค่าตัวชี้วัดประสิทธิภาพการจราจรจำนวน 3 ตัวชี้วัด คือ ความยาวแถวคอย ความล่าช้า และเวลาในการเดินทาง ในการประเมินผลมาตรการต่างๆ จากแบบจำลองแสดงในรูปที่ 5-1 ถึงรูปที่ 5-3 ตามลำดับ และค่าความแตกต่างของตัวชี้วัดในแต่ละมาตรการ ดังแสดงในตารางที่ 5-9



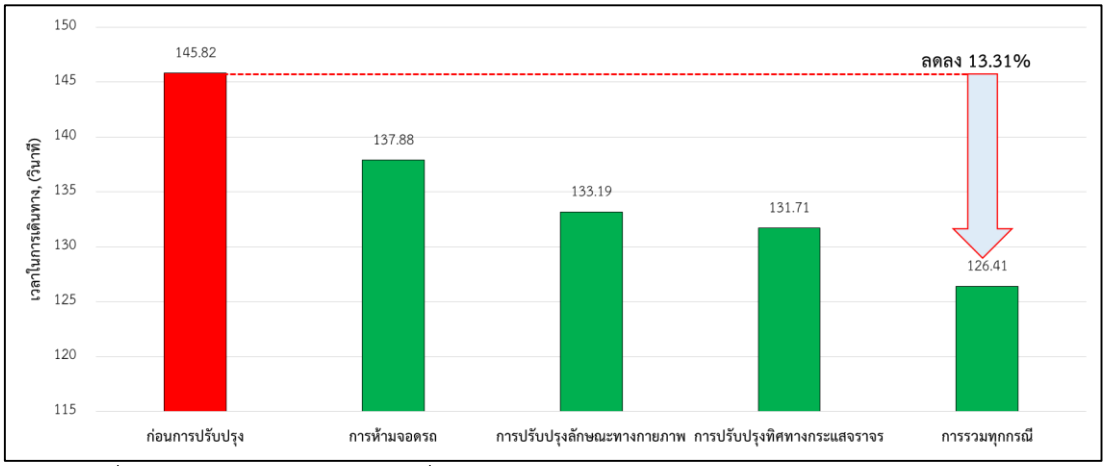
รูปที่ 5-1 ความล่าช้าเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกคลองเรียน

จากรูปที่ 5-1 พบว่า ผลการวิเคราะห์มาตรการต่างๆ ด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค สามารถลดค่าของความล่าช้าเฉลี่ยของทางแยกคลองเรียนลงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบจำลองการรวมทุกมาตรการ สามารถลดความล่าช้าลงได้มากที่สุดถึงร้อยละ 13.53 เมื่อเปรียบเทียบจากกรณีปัจจุบัน



รูปที่ 5-2 ความยาวแถวคอยเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกคลองเรียน

จากรูปที่ 5-2 พบว่า ผลการวิเคราะห์มาตรการต่างๆ ด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค สามารถลดค่าของความยาวแถวคอยเฉลี่ยของทางแยกคลองเรียนลงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบจำลองการรวมทุกมาตรการ สามารถลดความยาวแถวคอยลงได้มากที่สุดถึงร้อยละ 12.90 เมื่อเปรียบเทียบจากกรณีปัจจุบัน

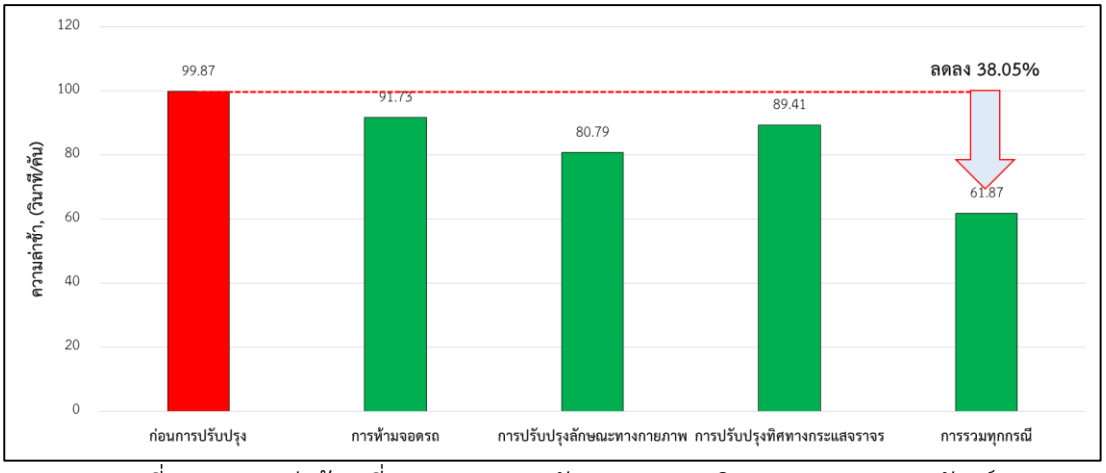


รูปที่ 5-3 เวลาในการเดินทางเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกคลองเรียน

จากรูปที่ 5-3 พบว่า ผลการวิเคราะห์มาตรการต่างๆ ด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค สามารถลดค่าของเวลาในการเดินทางเฉลี่ยของทางแยกคลองเรียนลงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบจำลองการรวมทุกมาตรการ สามารถลดเวลาในการเดินทางลงได้มากที่สุดถึงร้อยละ 13.31 เมื่อเปรียบเทียบจากกรณีปัจจุบัน

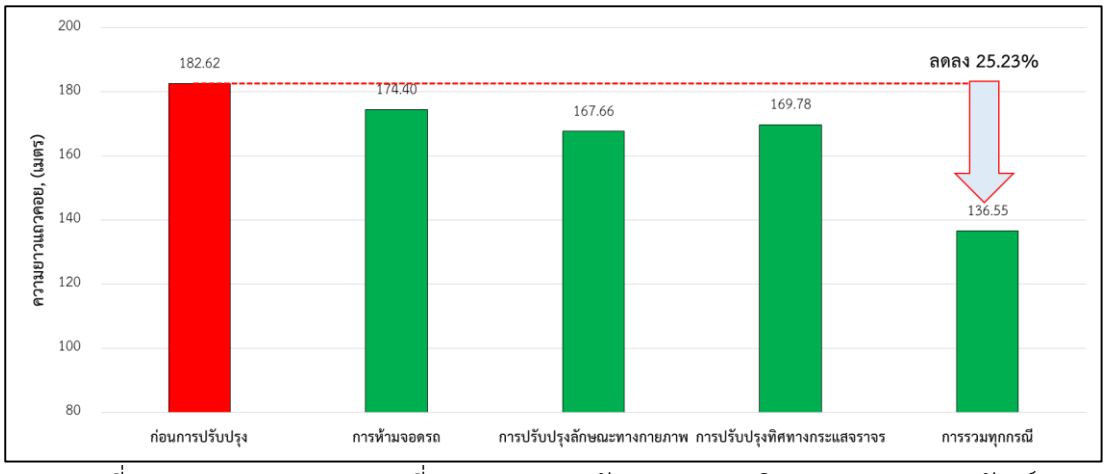
5.2.2 การจัดการจราจรบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์

ผลการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์ มีขั้นตอนในการวิเคราะห์เช่นเดียวกับกรณีทางแยกคลองเรียน ผลการวิเคราะห์หามาตรการที่มีความเหมาะสมในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 5-4 ถึงรูปที่ 5-6 ตามลำดับ และค่าความแตกต่างของตัวชี้วัดในแต่ละมาตรการ ดังแสดงในตารางที่ 5-9



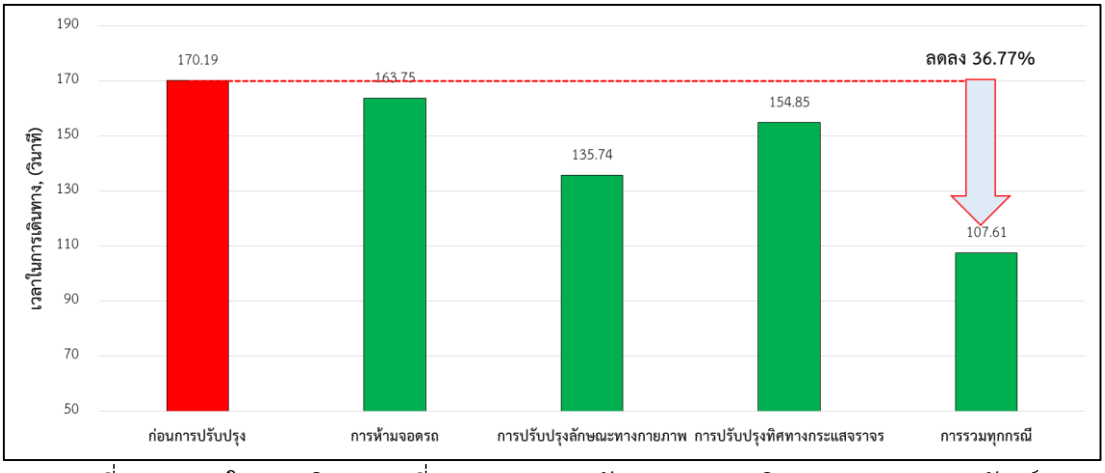
รูปที่ 5-4 ความล่าช้าเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์

จากรูปที่ 5-4 พบว่า ผลการวิเคราะห์มาตรการต่างๆ ด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค สามารถลดค่าของความล่าช้าเฉลี่ยของทางแยกปุณณกัณฑ์ลงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบจำลองการรวมทุกกรณี สามารถลดความล่าช้าลงได้มากที่สุดถึงร้อยละ 38.05 เมื่อเปรียบเทียบจากกรณีปัจจุบัน



รูปที่ 5-5 ความยาวแถวคอยเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์

จากรูปที่ 5-5 พบว่า ผลการวิเคราะห์มาตรการต่างๆ ด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค สามารถลดค่าของความยาวแถวคอยเฉลี่ยของทางแยกปุณณกัณฑ์ลงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบจำลองการรวมทุกมาตรการ สามารถลดค่าของความยาวแถวคอยได้มากที่สุดถึงร้อยละ 25.23 เมื่อเปรียบเทียบจากกรณีปัจจุบัน

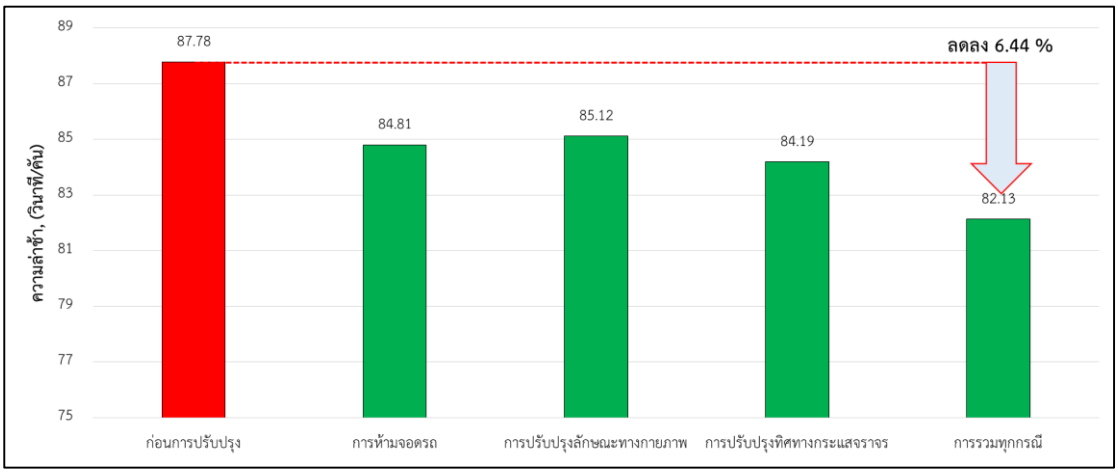


รูปที่ 5-6 เวลาในการเดินทางเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์

จากรูปที่ 5-6 พบว่า ผลการวิเคราะห์มาตรการต่างๆ ด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค สามารถลดค่าของเวลาในการเดินทางของทางแยกปุณณกัณฑ์ลงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบจำลองการรวมทุกมาตรการ สามารถลดค่าเวลาในการเดินทางลงได้มากที่สุดถึงร้อยละ 36.77 เมื่อเปรียบเทียบจากกรณีปัจจุบัน

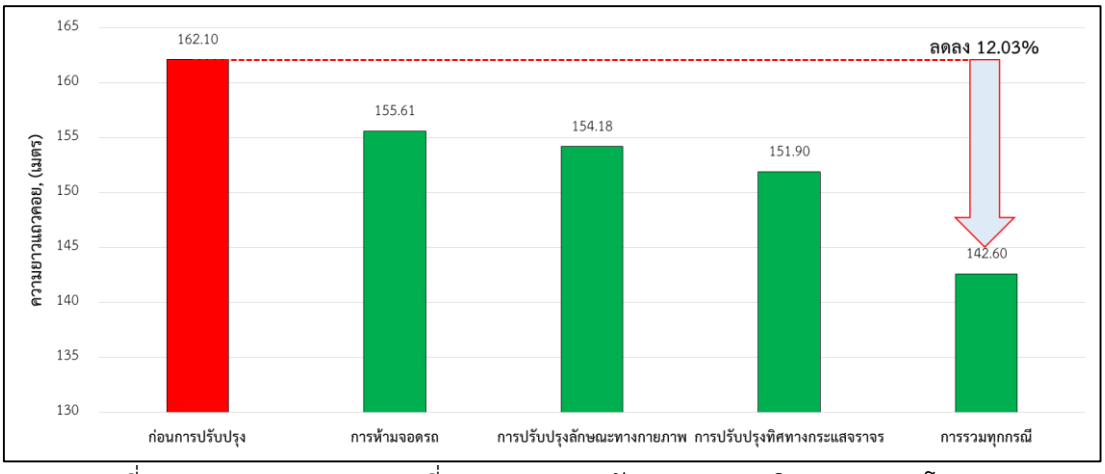
5.2.3 การจัดการจราจรบริเวณทางแยกโคกนาว

ผลการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกโคกนาว มีขั้นตอนในการวิเคราะห์เช่นเดียวกับกรณีทางแยกคลองเรียน ผลการวิเคราะห์หามาตรการที่มีความเหมาะสมในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกโคกนาว ดังแสดงในรูปที่ 5-7 ถึงรูปที่ 5-9 ตามลำดับ และค่าของความแตกต่างของตัวชี้วัดในแต่ละมาตรการ ดังแสดงในตารางที่ 5-9



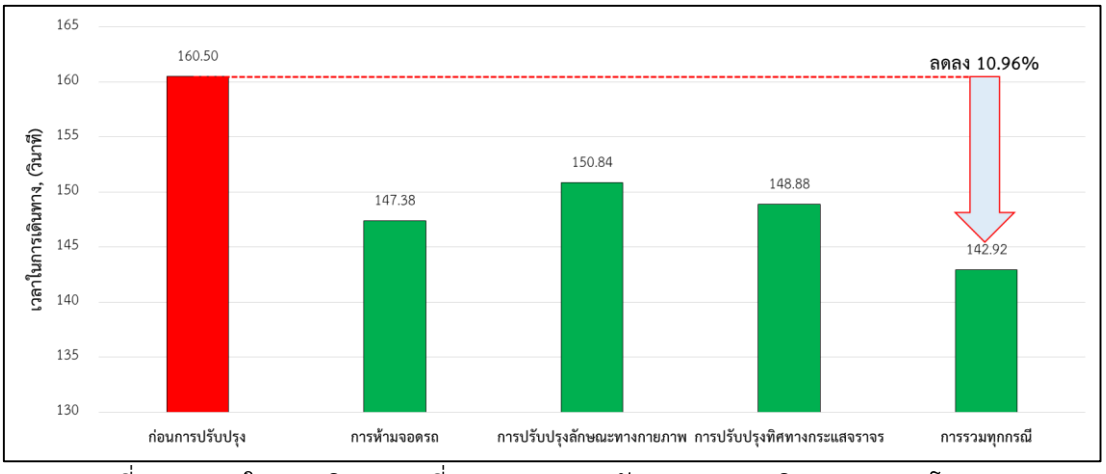
รูปที่ 5-7 ความล่าช้าเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกโคกนาว

จากรูปที่ 5-7 พบว่า ผลการวิเคราะห์มาตรการต่างๆ ด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค สามารถลดค่าของความล่าช้าเฉลี่ยของทางแยกโคกนาวลงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบจำลองการรวมทุกมาตรการ สามารถลดความล่าช้าลงได้มากที่สุดถึงร้อยละ 6.44 เมื่อเปรียบเทียบจากกรณีปัจจุบัน



รูปที่ 5-8 ความยาวแถวคอยเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกโคกนาว

จากรูปที่ 5-8 พบว่า ผลการวิเคราะห์มาตรการต่างๆ ด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค สามารถลดค่าของความยาวแถวคอยเฉลี่ยของทางแยกโคกนาวลงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบจำลองการรวมทุกมาตรการ สามารถลดค่าความยาวแถวคอยลงได้มากที่สุดถึงร้อยละ 12.03 เมื่อเปรียบเทียบจากกรณีปัจจุบัน

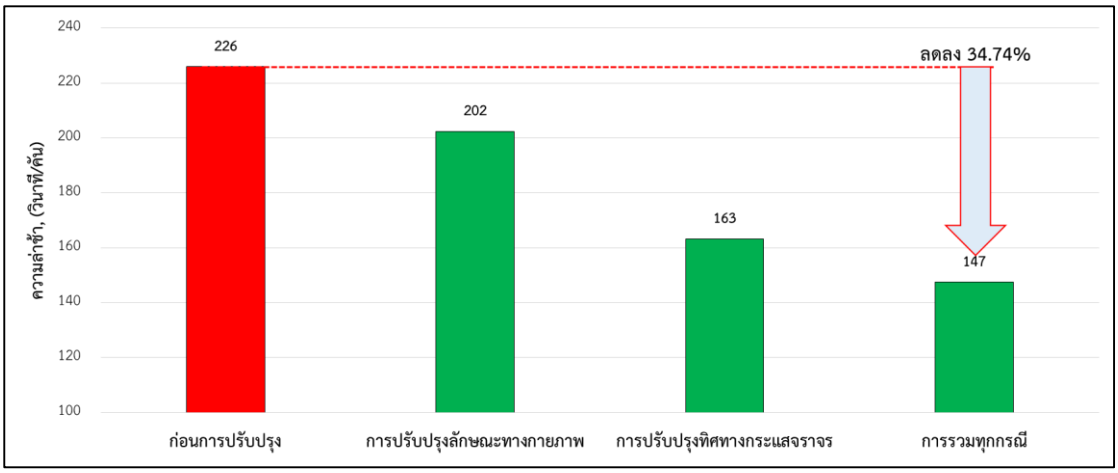


รูปที่ 5-9 เวลาในการเดินทางเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกโคกนาว

จากรูปที่ 5-9 พบว่า ผลการวิเคราะห์มาตรการต่างๆ ด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค สามารถลดค่าของเวลาในการเดินทางเฉลี่ยของทางแยกโคกนาวลงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบจำลองการรวมทุกมาตรการ สามารถลดค่าเวลาในการเดินทางลงได้มากที่สุดถึงร้อยละ 10.96 เมื่อเปรียบเทียบจากกรณีปัจจุบัน

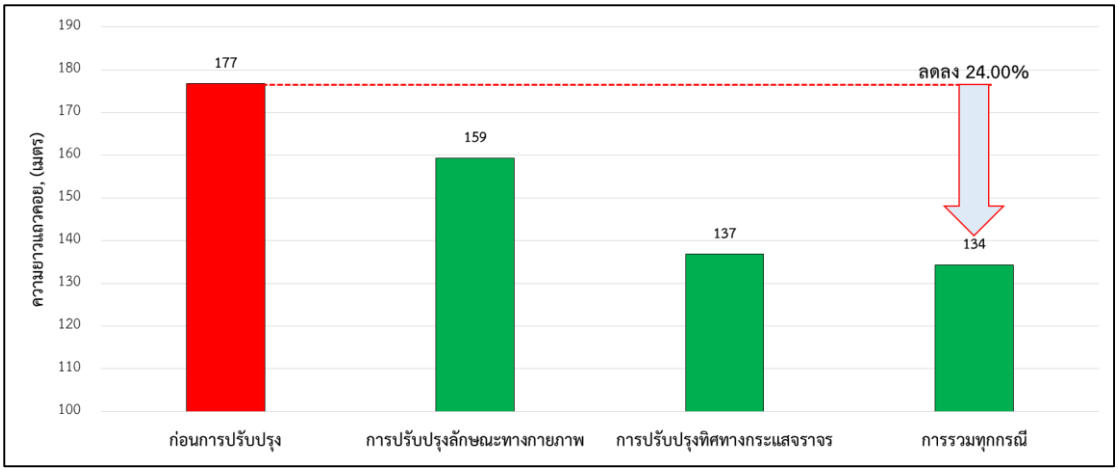
5.2.4 การจัดการจราจรบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผลการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีขั้นตอนในการวิเคราะห์เช่นเดียวกับกรณีทางแยกคลองเรียน ผลการวิเคราะห์หามาตรการที่มีความเหมาะสมในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ดังแสดงในรูปที่ 5-10 ถึงรูปที่ 5-12 ตามลำดับ และค่าความแตกต่างของตัวชี้วัดในแต่ละมาตรการของทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ดังแสดงในตารางที่ 5-9



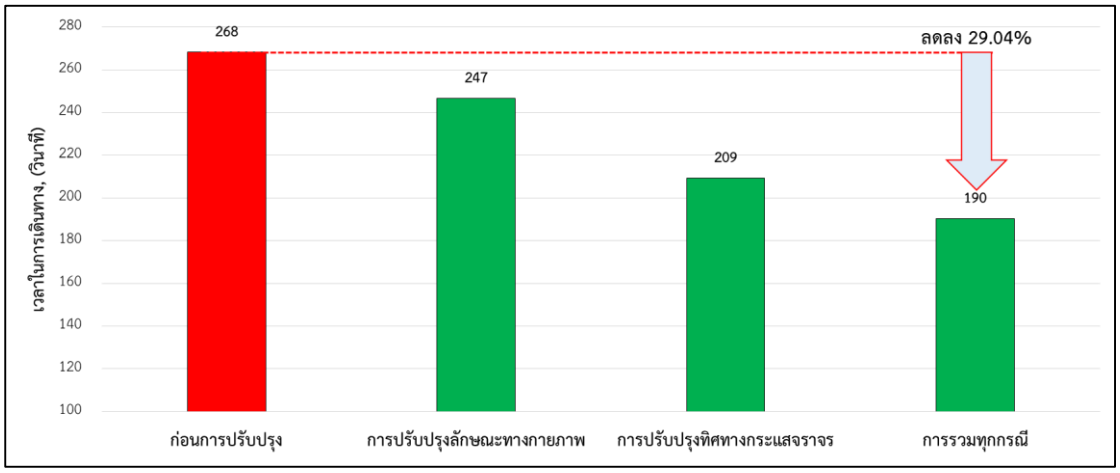
รูปที่ 5-10 ความล่าช้าเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

จากรูปที่ 5-10 พบว่า ผลการวิเคราะห์มาตรการต่างๆ ด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค สามารถลดค่าของความล่าช้าเฉลี่ยของทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ลงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบจำลองการรวมทุกมาตรการ สามารถลดความล่าช้าลงได้มากที่สุดถึงร้อยละ 34.74 เมื่อเปรียบเทียบจากกรณีปัจจุบัน นอกจากนี้ จากรูปที่ 5-10 จะเห็นได้ว่า ไม่มีการวิเคราะห์ผลของแบบจำลองจากมาตรการห้ามจอดรถ เนื่องจากบริเวณทางแยกดังกล่าวไม่พบปัญหาการจอดรถบริเวณทางแยก ยกเว้นรถโดยสารสาธารณะเท่านั้น ที่มีการจอดรับส่งผู้โดยสารไม่ตรงป้าย จึงส่งผลต่อการจราจร ซึ่งปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยไม่ได้นำมาวิเคราะห์เนื่องจากมีข้อจำกัดในการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 5-11 ความยาวแถวคอยเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

จากรูปที่ 5-11 พบว่า ผลการวิเคราะห์มาตรการต่างๆ ด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค สามารถลดค่าของความยาวแถวคอยเฉลี่ยของทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ลงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบจำลองการรวมทุกมาตรการ สามารถลดค่าความยาวแถวคอยลงได้มากที่สุดถึงร้อยละ 24.00 เมื่อเปรียบเทียบจากกรณีปัจจุบัน



รูปที่ 5-12 เวลาในการเดินทางเฉลี่ยจากมาตรการจัดการจราจรบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

จากรูปที่ 5-12 พบว่า ผลการวิเคราะห์มาตรการต่างๆ ด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค สามารถลดค่าของเวลาในการเดินทางเฉลี่ยของทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ลงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบจำลองการรวมทุกมาตรการ สามารถลดเวลาในการเดินทางลงได้มากที่สุดถึงร้อยละ 29.04 เมื่อเปรียบเทียบจากกรณีปัจจุบัน

จากตารางที่ 5-9 จะเห็นได้ว่า แบบจำลองมาตรการจัดการจราจรระดับจุลภาคหลังมีการปรับปรุงจากมาตรการต่างๆ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางผ่านทางแยกอย่างเห็นได้ชัด โดยสังเกตได้จากค่าตัวชี้วัด คือ ระยะเวลาในการเดินทางเฉลี่ย ความล่าช้าเฉลี่ย และความยาวแถวคอยเฉลี่ย ซึ่งค่าตัวชี้วัดมีความแตกต่างลดลงอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้การจราจรบริเวณทางแยกดังกล่าวดีขึ้น นอกจากนี้ จากการสร้างแบบจำลองมาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกของพื้นที่ศึกษาจำนวน 4 ทางแยก ยังพบว่า แบบจำลองที่ 5 (การรวมทุกมาตรการ) เป็นมาตรการที่มีความเหมาะสมที่สุดและมีประสิทธิภาพสูงสุดในการแก้ไขปัญหาการจราจรบริเวณทางแยก โดยสามารถบรรเทาปัญหาการจราจรในแง่ของความยาวของแถวคอย ความล่าช้าและเวลาในการเดินทางของบริเวณทางแยกทั้ง 4 ทางแยกให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นกว่าสภาพการจราจรในปัจจุบัน และมีประสิทธิภาพมากกว่าแบบจำลองที่ 1-4 อย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 5-9 ความแตกต่างของตัวชี้วัดจากแบบจำลองมาตรการจัดการจราจรแบบทางแยกเดี่ยว

ชื่อทางแยก		แบบจำลองมาตรการ	ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ								
			เวลาในการเดินทางเฉลี่ย (วินาที/คัน)	ความแตกต่าง (วินาที/คัน)	% ความแตกต่าง	ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที/คัน)	ความแตกต่าง (วินาที/คัน)	% ความแตกต่าง	ความยาวแถวคอยเฉลี่ย (เมตร)	ความแตกต่าง (เมตร)	% ความแตกต่าง
ทางแยกคลองเรียน		**ก่อนการปรับปรุง**	145.82	0	0%	107.59	0	0%	173.92	0	0%
	หลังปรับปรุง	การห้ามจอดรถ	137.88	-8	-5%	103.43	-4	-4%	168.63	-5	-3%
		การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ	133.19	-13	-9%	99.89	-8	-7%	154.56	-19	-11%
		การปรับทิศทางกระแสจราจร	131.71	-14	-10%	97.31	-10	-10%	157.78	-16	-9%
		การรวมทุกกรณี	126.41	-19	-13%	93.03	-15	-14%	151.49	-22	-13%
ทางแยกปุณณกัณฑ์		**ก่อนการปรับปรุง**	170.19	0	0%	99.87	0	0%	182.62	0	0%
	หลังปรับปรุง	การห้ามจอดรถ	161.65	-9	-5%	91.73	-8	-8%	161.49	-21	-12%
		การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ	135.74	-34	-20%	80.79	-19	-19%	167.66	-15	-8%
		การปรับทิศทางกระแสจราจร	154.85	-15	-9%	89.41	-10	-10%	169.78	-13	-7%
		การรวมทุกกรณี	107.61	-63	-37%	61.87	-38	-38%	136.55	-46	-25%
ทางแยกโคกนาว		**ก่อนการปรับปรุง**	177.52	0	0%	101.37	0	0%	165.82	0	0%
	หลังปรับปรุง	การห้ามจอดรถ	147.38	-30	-17%	94.01	-7	-7%	155.61	-10	-6%
		การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ	150.84	-27	-15%	85.12	-16	-16%	154.18	-12	-7%
		การปรับทิศทางกระแสจราจร	148.88	-29	-16%	84.19	-17	-17%	151.90	-14	-8%
		การรวมทุกกรณี	142.92	-35	-20%	82.13	-19	-19%	142.60	-23	-14%
ทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์		**ก่อนการปรับปรุง**	268.20	0	0%	225.90	0	0%	176.77	0	0%
	หลัง	การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ	246.61	-22	-8%	202.40	-23	-10%	159.35	-17	-3%
		การปรับทิศทางกระแสจราจร	209.27	-59	-22%	163.23	-63	-28%	136.84	-40	-11%
		การรวมทุกกรณี	190.32	-78	-29%	147.43	-78	-35%	134.35	-42	-9%

จากการวิเคราะห์การจัดการจราจรแบบทางแยกเดี่ยว จึงสรุปได้ว่า แบบจำลองที่ 5 การรวมทุกมาตรการ เป็นมาตรการที่มีความเหมาะสมที่สุด สามารถลดค่าของความยาวแถวคอย ความล่าช้าและเวลาในการเดินทางลงได้อย่างเห็นได้ชัด โดยค่าเฉลี่ยของตัวชี้วัดจากแบบจำลองที่ 5 ทั้ง 4 ทางแยก (ดังแสดงในตารางที่ 5-10) พบว่า ความยาวแถวคอย ความล่าช้าและเวลาในการเดินทาง ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 18.54 23.19 และ 22.52 ตามลำดับ จึงถือว่าเป็นมาตรการที่มีความเหมาะสมที่สุด สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การจัดการจราจรแบบจำลองแบบชุดทางแยกในบทต่อไป

ตารางที่ 5-10 ค่าตัวชี้วัดจากการจัดการจราจรของแบบจำลองที่ 5

ทางแยก	ความยาวแถวคอย	ความล่าช้า	เวลาในการเดินทาง
คลองเรียน	- 12.90 %	- 13.53 %	- 13.31 %
ปุณณกัณฑ์	- 25.23 %	- 38.05 %	- 36.77 %
โคกนาว	- 12.03 %	- 6.44 %	- 10.96 %
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	- 24.00 %	- 34.74 %	- 29.04 %
ค่าเฉลี่ย	-18.54%	-23.19%	-22.52%

บทที่ 6
ผลการพัฒนาแบบจำลองและวิเคราะห์การจัดการจราจรแบบชุดทางแยก

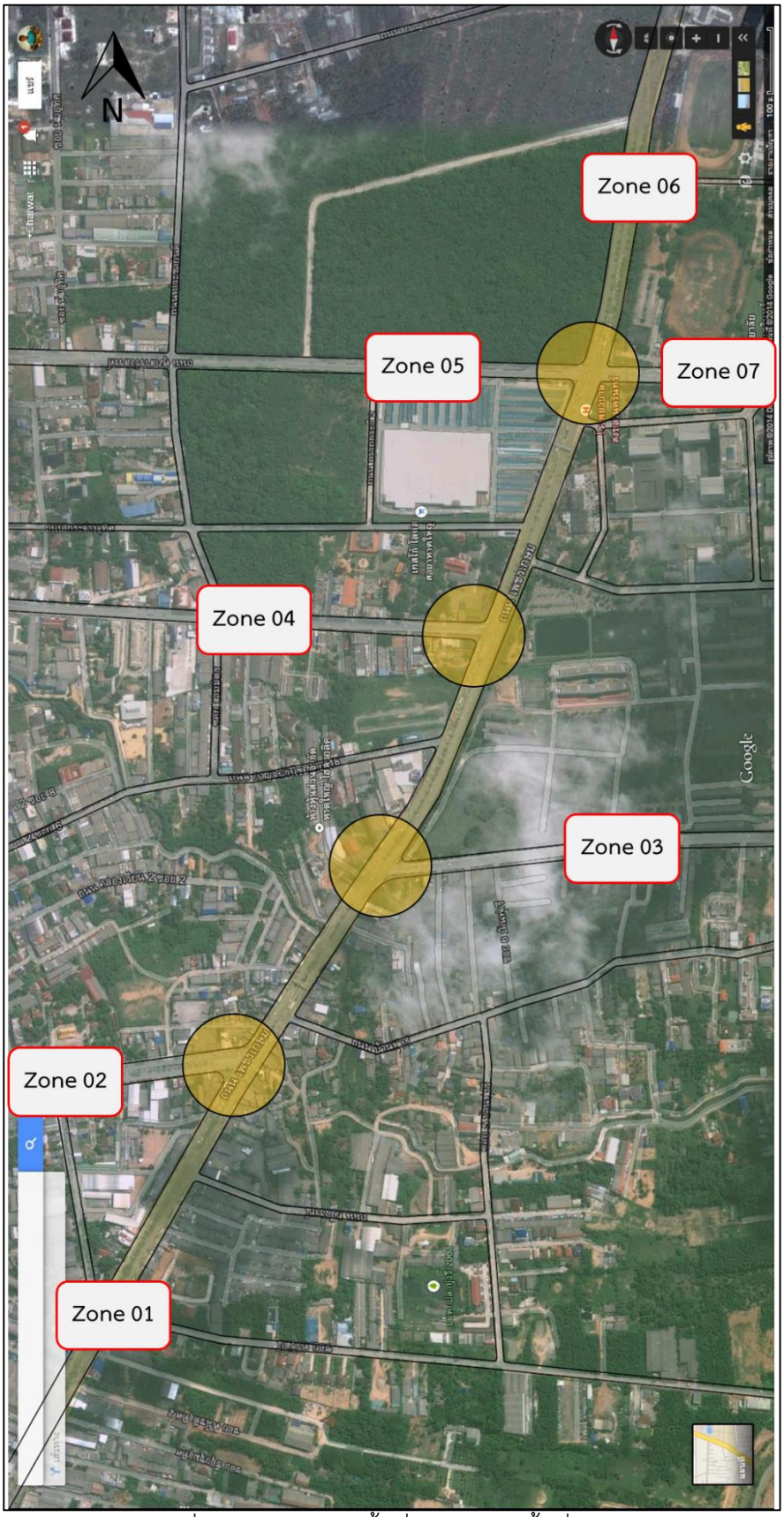
การวิเคราะห์ผลการจัดการจราจรแบบชุดทางแยก เป็นการนำมาตรการจากกรณีทางแยกเดี่ยวมาประยุกต์ใช้ในบทนี้ ซึ่งจำเป็นต้องทราบตารางการเดินทางจากต้นทางไปยังปลายทาง ซึ่งรายละเอียดของการสร้างตารางดังกล่าวและผลการวิเคราะห์แบบจำลองมาตรการจัดการจราจรแบบชุดทางแยก มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.1 การสร้างตารางการเดินทางจากต้นทางสู่ปลายทาง

เนื่องจากการวิเคราะห์จัดการจราจรแบบชุดทางแยกบนเส้นทางศึกษานั้น มีจำนวนทางแยกที่พิจารณามากกว่าหนึ่งทางแยกและไม่สามารถกำหนดจุดต้นทางและปลายทาง และทิศทางการจราจรของยานพาหนะแต่ละคันได้ เนื่องจากไม่มีข้อมูลดังกล่าว อย่างไรก็ตาม การระบุปริมาณการเดินทางระหว่างจุดต้นทางและปลายทางสามารถทำได้โดยการจัดทำตารางการเดินทางต้นทาง-ปลายทาง (Origin–Destination Matrix หรือ OD Matrix) ซึ่งสามารถแปลงข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกทั้งสี่ทางแยกในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็นจากการสำรวจมาเป็นข้อมูลตาราง OD Matrix และได้นำข้อมูลที่ได้ไปกำหนดทิศทางการจราจรในแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคต่อไป

ในการจัดทำตาราง OD Matrix ผู้วิจัยได้แบ่งพื้นที่ย่อยที่ยานพาหนะสามารถขับผ่านไปบนเส้นทางศึกษาออกเป็น 7 พื้นที่ย่อย (Zone) (ดังแสดงในรูปที่ 6-1) ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ตารางการเดินทางต้นทาง-ปลายทาง โดยใช้โปรแกรม EMME และอ้างอิงข้อมูลบางส่วนจากงานวิจัยของศุภกร สุทธิพันธ์ (2557) ซึ่งพื้นที่ศึกษาจากงานวิจัยดังกล่าวได้ซ้อนทับพื้นที่ศึกษาบางส่วนของงานวิจัยนี้ ซึ่งผลการจัดทำตาราง OD Matrix ของยานพาหนะแต่ละประเภทในช่วงเร่งด่วนเช้าและเย็น ดังแสดงในตารางที่ 6-1 และตารางที่ 6-2 ตามลำดับ

เมื่อได้ตาราง OD Matrix แล้วจึงนำไปพัฒนาแบบจำลองแบบชุดทางแยก โดยใช้ข้อมูล OD Matrix ในช่วงเร่งด่วนเช้าปรับเทียบแบบจำลอง และใช้ข้อมูล OD Matrix ในช่วงเร่งด่วนเย็นสำหรับตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองในลักษณะเดียวกับการพัฒนาแบบจำลองแบบทางแยกเดี่ยว โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยตัวชี้วัดของทุกทางแยกเปรียบเทียบกับหลักเกณฑ์ของ Wisconsin DOT ซึ่งพบว่า แบบจำลองแบบชุดทางแยกของงานวิจัยนี้ ผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในลำดับถัดไป



รูปที่ 6-1 การกำหนดพื้นที่ย่อยบริเวณพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 6-1 ตารางการเดินทางต้นทาง-ปลายทางช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า

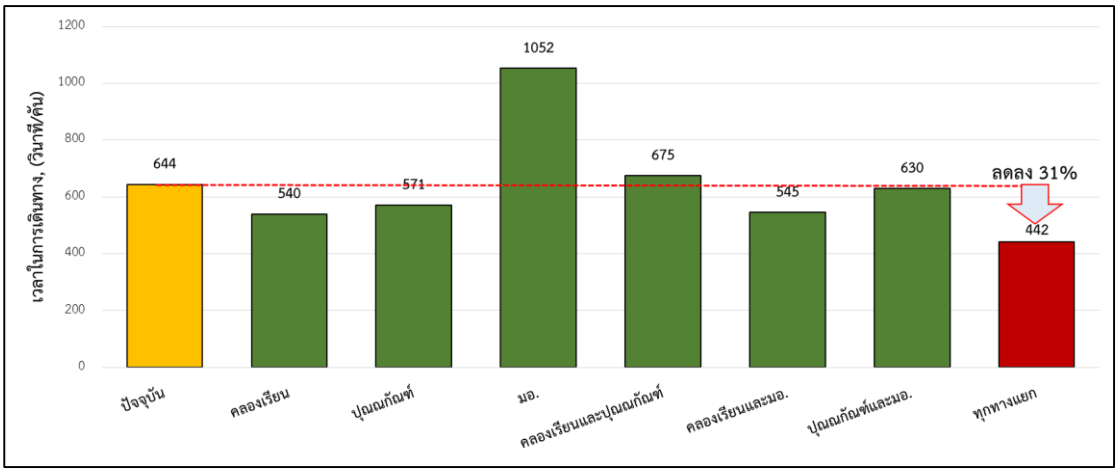
รถจักรยานยนต์ (คัน)							
ปลายทาง / ต้นทาง	Zone 01	Zone 02	Zone 03	Zone 04	Zone 05	Zone 06	Zone 07
Zone 01	0	58	372	107	87	28	13
Zone 02	411	0	114	95	79	28	13
Zone 03	137	142	0	289	442	32	14
Zone 04	86	86	110	0	55	39	20
Zone 05	241	106	160	134	0	331	146
Zone 06	9	8	9	10	116	0	67
Zone 07	18	18	21	26	29	267	0
รถยนต์ (คัน)							
ปลายทาง / ต้นทาง	Zone 01	Zone 02	Zone 03	Zone 04	Zone 05	Zone 06	Zone 07
Zone 01	0	94	239	147	433	92	24
Zone 02	471	0	79	66	55	55	23
Zone 03	215	70	0	144	129	114	26
Zone 04	160	64	119	0	37	34	39
Zone 05	480	51	104	156	0	361	213
Zone 06	8	7	9	13	262	0	172
Zone 07	17	16	16	24	85	345	0
รถบัส (คัน)							
ปลายทาง / ต้นทาง	Zone 01	Zone 02	Zone 03	Zone 04	Zone 05	Zone 06	Zone 07
Zone 01	0	1	2	2	1	0	1
Zone 02	11	0	1	0	0	0	0
Zone 03	1	1	0	1	6	0	1
Zone 04	2	0	0	0	1	0	0
Zone 05	1	1	1	0	0	1	3
Zone 06	0	0	0	0	0	0	0
Zone 07	1	0	0	0	0	0	0
รถบรรทุก (คัน)							
ปลายทาง / ต้นทาง	Zone 01	Zone 02	Zone 03	Zone 04	Zone 05	Zone 06	Zone 07
Zone 01	0	3	1	0	6	1	0
Zone 02	19	0	0	0	0	0	0
Zone 03	0	0	0	0	0	0	0
Zone 04	1	0	0	0	2	1	0
Zone 05	14	0	0	0	0	4	1
Zone 06	0	0	0	0	1	0	0
Zone 07	0	0	0	0	1	0	0

ตารางที่ 6-2 ตารางการเดินทางต้นทาง-ปลายทางช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

รถจักรยานยนต์ (คัน)							
ต้นทาง \ ปลายทาง	Zone 01	Zone 02	Zone 03	Zone 04	Zone 05	Zone 06	Zone 07
Zone 01	0	68	360	135	125	55	22
Zone 02	664	0	111	84	75	55	22
Zone 03	208	44	0	175	290	57	25
Zone 04	226	33	272	0	20	20	22
Zone 05	156	30	182	134	0	88	96
Zone 06	12	12	14	18	263	0	351
Zone 07	28	27	34	36	50	194	0
รถยนต์ (คัน)							
ต้นทาง \ ปลายทาง	Zone 01	Zone 02	Zone 03	Zone 04	Zone 05	Zone 06	Zone 07
Zone 01	0	108	233	123	460	68	24
Zone 02	517	0	71	58	52	52	24
Zone 03	261	86	0	153	184	76	26
Zone 04	254	65	163	0	34	28	32
Zone 05	333	56	120	195	0	161	237
Zone 06	31	31	35	43	357	0	318
Zone 07	17	17	17	25	102	264	0
รถบัส (คัน)							
ต้นทาง \ ปลายทาง	Zone 01	Zone 02	Zone 03	Zone 04	Zone 05	Zone 06	Zone 07
Zone 01	0	0	0	1	3	0	0
Zone 02	0	0	0	0	1	0	0
Zone 03	0	0	0	0	1	0	0
Zone 04	0	0	0	0	0	0	0
Zone 05	8	0	0	0	0	0	1
Zone 06	1	0	0	0	1	0	0
Zone 07	0	0	0	0	0	0	0
รถบรรทุก (คัน)							
ต้นทาง \ ปลายทาง	Zone 01	Zone 02	Zone 03	Zone 04	Zone 05	Zone 06	Zone 07
Zone 01	0	0	0	1	1	0	0
Zone 02	0	0	0	0	1	0	0
Zone 03	0	0	0	0	1	0	0
Zone 04	0	0	0	0	0	0	0
Zone 05	1	1	1	1	0	2	1
Zone 06	1	0	0	0	0	0	0
Zone 07	0	0	0	0	1	0	0

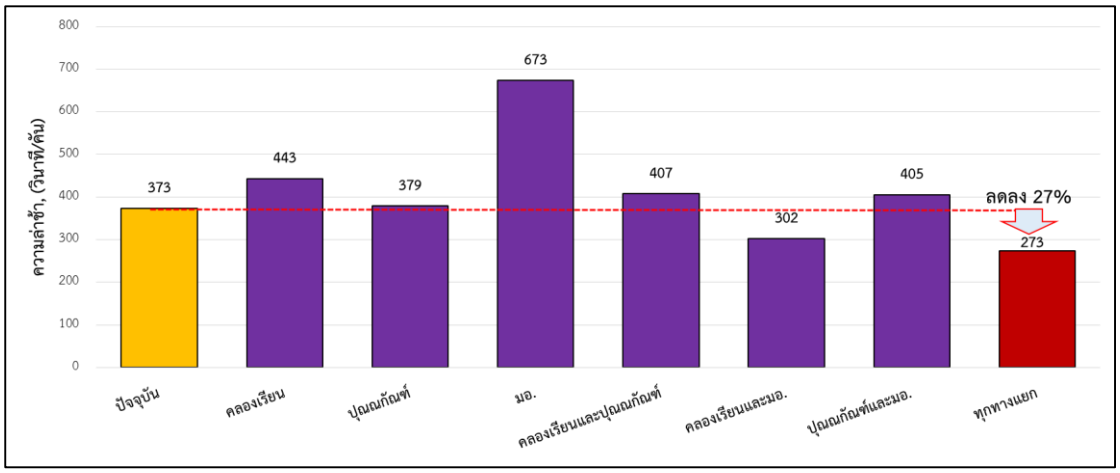
6.2 ผลการวิเคราะห์การจัดการจราจรแบบชุดทางแยก

การวิเคราะห์แบบจำลองการจัดการจราจรแบบชุดทางแยกนั้น เป็นการนำแบบจำลองแบบชุดทางแยกมาวิเคราะห์ร่วมกับผลมาตรการจัดการจราจรที่ได้จากแบบจำลองการจัดการจราจรแบบทางแยกเดี่ยว คือ แบบจำลองทางแยกเดี่ยวที่ 5 การรวมทุกมาตรการ (การห้ามจอดรถบริเวณทางแยก การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ และการปรับปรุงทิศทางกระแสการจราจร) มาประยุกต์ใช้กับแบบจำลองจัดการจราจรแบบชุดทางแยก โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 8 แบบจำลอง (รายละเอียดดังแสดงในหัวข้อที่ 3.9.2) จากการวิเคราะห์ตัวชี้วัดจากแบบจำลองแบบชุดทางแยกในด้านเวลาในการเดินทาง ความล่าช้า และความยาวแถวคอย ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 6-3 ส่วนการเปรียบเทียบแต่ละตัวชี้วัด แสดงในรูปที่ 6-2 ถึงรูปที่ 6-4 ตามลำดับ



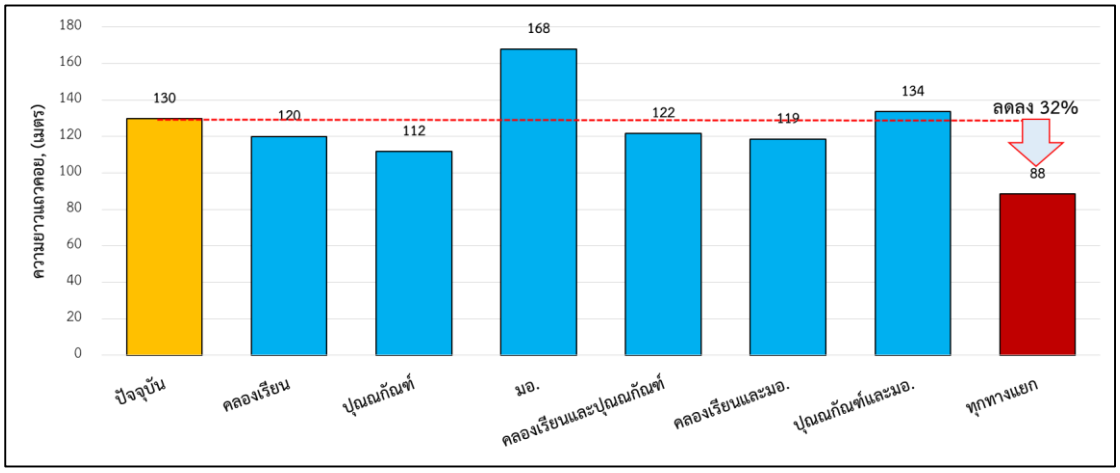
รูปที่ 6-2 การเปรียบเทียบเวลาในการเดินทางเฉลี่ย

จากรูปที่ 6-2 พบว่า การปรับปรุงทุกทางแยก (แบบจำลองที่ 8) สามารถลดเวลาในการเดินทางผ่านทั้ง 4 ทางแยกได้เฉลี่ยร้อยละ 31 จากกรณีปัจจุบัน และยังพบว่า การปรับปรุงเฉพาะทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (แบบจำลองที่ 4) และการปรับปรุงทางแยกคลองเรียนร่วมกับทางแยกปุณณกัณฑ์ (แบบจำลองที่ 5) ไม่ได้ช่วยลดเวลาในการเดินทาง แต่กลับเพิ่มตัวชี้วัดดังกล่าวให้สูงขึ้น (ร้อยละ 63 และร้อยละ 5 ตามลำดับ) เนื่องจากการปรับปรุงในสองกรณีดังกล่าวเป็นเพียงการแก้ปัญหาเฉพาะทางแยก ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อทางแยกอื่นๆ ในพื้นที่ศึกษา และค่าความแตกต่างของเวลาในการเดินทางเฉลี่ยในแต่ละกรณี ดังแสดงในตารางที่ 6-3



รูปที่ 6-3 การเปรียบเทียบความล่าช้าเฉลี่ย

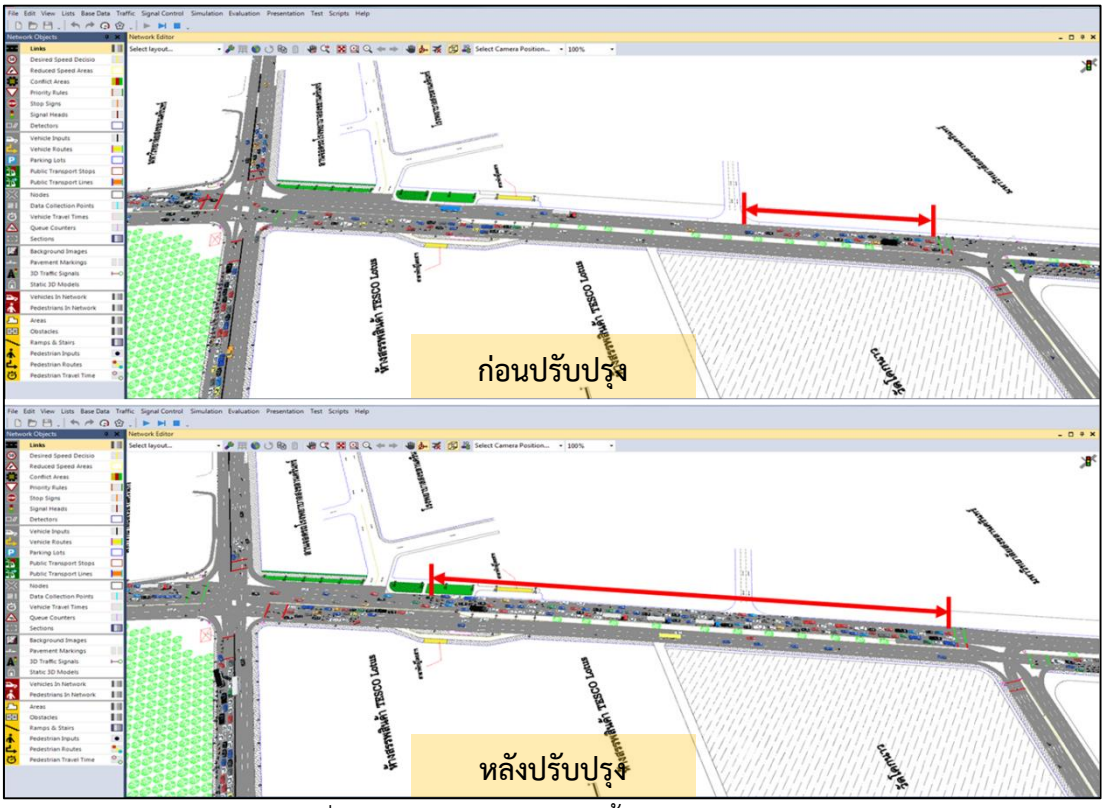
จากรูปที่ 6-3 พบว่า การปรับปรุงทุกทางแยก (แบบจำลองที่ 8) สามารถลดความล่าช้าเฉลี่ยได้ร้อยละ 27 จากกรณีปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงในกรณีอื่นๆ กลับเป็นการเพิ่มค่าของความล่าช้าเฉลี่ยให้มากขึ้น มีเพียงการปรับปรุงทางแยกคลองเรียนและทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (แบบจำลองที่ 6) ที่สามารถลดความล่าช้าเฉลี่ย (ร้อยละ 19) เช่นเดียวกับแบบจำลองที่ 8 และค่าความแตกต่างของความล่าช้าเฉลี่ยในแต่ละกรณี ดังแสดงในตารางที่ 6-3



รูปที่ 6-4 การเปรียบเทียบความยาวแถวคอยเฉลี่ย

จากรูปที่ 6-4 พบว่า การปรับปรุงทุกทางแยกยังคงช่วยลดความยาวแถวคอยเฉลี่ยลงได้ ร้อยละ 32 และยังพบว่า เกือบทุกกรณีสามารถลดความยาวแถวคอยเฉลี่ยได้ ยกเว้น การปรับปรุงเฉพาะทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (แบบจำลองที่ 4) และการปรับปรุงทางแยกปุณณกัณฑ์กับทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (แบบจำลองที่ 7) เท่านั้น ไม่ได้ช่วยลดความยาว

แถวคอย แต่กลับเพิ่มตัวชี้วัดดังกล่าวให้สูงขึ้น และค่าความแตกต่างของความยาวแถวคอยเฉลี่ยในแต่ละกรณี ดังแสดงในตารางที่ 6-3



รูปที่ 6-5 การเปรียบเทียบตัวชี้วัดจากแบบจำลอง

อย่างไรก็ตาม จากรูปที่ 6-2 ถึงรูปที่ 6-4 พบว่า ค่าตัวชี้วัดจากการปรับปรุงเฉพาะทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีค่าที่สูงกว่าทุกกรณี เนื่องจากบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์มีสภาพการจราจรที่สูงกว่าทางแยกอื่นๆ เมื่อได้รับการปรับปรุงเฉพาะทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จึงทำให้การจราจรสามารถไหลผ่านทางแยกนี้ได้อย่างต่อเนื่อง จนก่อปัญหาให้กับทางแยกโคกนาวซึ่งเป็นทางแยกถัดไป ทำให้ค่าเฉลี่ยของตัวชี้วัดต่างๆ มีค่าที่สูงกว่าปกติ ดังแสดงในรูปที่ 6-5 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความยาวแถวคอยที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงเฉพาะทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจน โดยรูปด้านบนเป็นการแสดงผลจากแบบจำลองกรณีก่อนมีการปรับปรุงทางแยก ส่วนรูปด้านล่างเป็นการแสดงผลจากแบบจำลองการปรับปรุงเฉพาะทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งพบว่า ความยาวแถวคอยยาวกว่าช่วงก่อนการปรับปรุง

ตารางที่ 6-3 ตัวชี้วัดความแตกต่างของแบบจำลองมาตรการจัดการจราจรระดับจุลภาค

แบบจำลองแบบชุดทางแยก	ตัวชี้วัด								
	เวลาในการเดินทางเฉลี่ย (วินาที/คัน)	ความแตกต่าง (วินาที/คัน)	ร้อยละ	ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที/คัน)	ความแตกต่าง (วินาที/คัน)	ร้อยละ	ความยาวแถวคอยเฉลี่ย (เมตร)	ความแตกต่าง (เมตร)	ร้อยละ
1. สภาพการจราจรปัจจุบัน	644	0	0%	373	0	0%	130	0	0%
2. ปรับปรุงเฉพาะทางแยกคลองเรียน	540	-104	-16%	443	70	19%	120	-10	-7%
3. ปรับปรุงเฉพาะทางแยกปุณณกัณฑ์	571	-73	-11%	379	5	1%	112	-18	-14%
4. ปรับปรุงเฉพาะทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	1052	408	63%	673	300	80%	168	38	29%
5. ปรับปรุงทางแยกคลองเรียนและทางแยกปุณณกัณฑ์	675	30	5%	407	34	9%	122	-8	-6%
6. ปรับปรุงทางแยกคลองเรียนและทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	545	-99	-15%	302	-71	-19%	119	-11	-9%
7. ปรับปรุงทางแยกปุณณกัณฑ์และทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	630	-15	-2%	405	32	9%	134	4	3%
8. ปรับปรุงร่วมกันทุกทางแยก	442	-202	-31%	273	-100	-27%	88	-41	-32%

ผลจากการวิเคราะห์แบบจำลองแบบชุดทางแยกดังแสดงในตารางที่ 6-3 สรุปได้ว่า การปรับปรุงทุกทางแยก (แบบจำลองที่ 8) สามารถลดค่าตัวชี้วัดได้ทั้งสามตัวแปรคือ ความยาวแถวคอย ความล่าช้า และเวลาในการเดินทางลงได้ร้อยละ 31 27 และ 32 ตามลำดับ ส่วนการปรับปรุงเฉพาะทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (แบบจำลองที่ 4) กลับไม่ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของชุดทางแยกดีขึ้น จึงอาจกล่าวได้ว่า การปรับปรุงทางแยกอิสระต่อกัน ถึงแม้จะสามารถบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัดของทางแยกนั้นๆ ได้ แต่อาจส่งผลกระทบต่อโครงข่ายถนนในภาพรวมทำให้การจราจรติดขัดมากขึ้นได้หากไม่ได้พิจารณาและวิเคราะห์โดยละเอียด

6.3 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์จากการดำเนินมาตรการจัดการจราจร

ถึงแม้ผลจากการวิเคราะห์การปรับปรุงทุกทางแยกจากแบบจำลอง จะสามารถลดปัญหาการจราจรได้ดีที่สุด แต่ในทางปฏิบัติ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องอาจมีข้อจำกัดเรื่องงบประมาณ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้วิเคราะห์ผลประโยชน์และต้นทุนจากมาตรการจัดการจราจรเพิ่มเติม โดยในการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ เป็นการนำผลที่ได้จากแบบจำลองการจัดการจราจรแบบชุดทางแยกในหัวข้อที่แล้ว มาวิเคราะห์หาต้นทุนและผลประโยชน์จากการปรับปรุงแต่ละทางแยก และคำนวณหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนในการจัดลำดับความน่าสนใจในการลงทุน โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.3.1 การวิเคราะห์ต้นทุน

การวิเคราะห์ต้นทุนเป็นการประมาณค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงทางแยกจากมาตรการจัดการจราจรในแบบจำลองเป็นหลัก โดยคำนวณเนื้องานในแต่ละทางแยก (ดังรายละเอียดภาคผนวก ง) และอ้างอิงราคากลางจากสำนักงานบำรุงทางสงขลาที่ 2 (2557) ร่วมกับราคากลางจากเทศบาลนครหาดใหญ่ (2557) เพื่อเปรียบเทียบราคาในการก่อสร้าง ซึ่งผลจากการประมาณต้นทุนของมาตรการจัดการจราจรของแต่ละทางแยกดังแสดงในตารางที่ 6-4

การคำนวณต้นทุนจากมาตรการจัดการจราจร (ดังตารางที่ 6-4) ซึ่งหน่วยเป็นบาทต่อปี ผู้วิจัยได้กำหนดอายุการใช้งานไว้ที่ 5 ปี และอัตราส่วนลดกำหนดไว้ที่ 7% ต่อปี ซึ่งได้ค่า Annuity Factor (AF) เท่ากับ 4.10 บาท/ปี และนำค่า AF ที่ได้ไปคำนวณหาสัดส่วนของเงินลงทุนในแต่ละปีในอนาคตจากเงินลงทุนในปัจจุบัน ดังแสดงในตารางที่ 6-6 อย่างไรก็ตาม การคำนวณต้นทุนดังกล่าว เป็นการประมาณการโดยผู้วิจัยเพื่อใช้ในวิเคราะห์หาสัดส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนเบื้องต้นเท่านั้น หากมีการนำผลการประมาณดังกล่าวไปอ้างอิงหรือทำการศึกษาต่อ ควรทำการศึกษารายละเอียดอีกครั้ง

ตารางที่ 6-4 ต้นทุนการปรับปรุงทางแยกจากมาตรการจัดการจราจร

ประเภทงาน	ทางแยก คลองเรียน	ทางแยก ปุณณกัณฑ์	ทางแยก วัดโคกนาว	ทางแยกมหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์
1. งานรื้อเกาะกลางถนน	45,202	25,818	24,800	25,308
2. งานเกาะกลางถนน *(รวมสีขอบคันหิน)*	260,993	189,327	169,327	224,327
3. งานถนนคอนกรีต	320,427	253,270	207,584	260,427
4. งานขีดสีตีเส้น (สีเหลือง)	53,176	47,844	45,844	49,843
5. งานขีดสีตีเส้น (สีขาว) *(พร้อมเครื่องหมายจราจร)*	17,242	17,589	13,895	21,897
รวม	697,040	533,848	461,450	581,802

หมายเหตุ: ไม่รวมค่าแรง หน่วย: บาท

6.3.2 การวิเคราะห์ผลประโยชน์

ในการคำนวณผลประโยชน์จากมาตรการจัดการจราจรของแต่ละกรณีของแบบจำลองนั้น ผู้วิจัยได้พิจารณาผลประโยชน์จากเวลาในการเดินทางและความล่าช้าที่ลดลง (เทียบกับแบบจำลองฐานแบบชุดทางแยก) ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณประกอบด้วย 1) ค่าความแตกต่างของเวลาในการเดินทางและความล่าช้าจากแบบจำลองมีหน่วยเป็น วินาที/คัน 2) ปริมาณการจราจรสูงสุดรายชั่วโมงในช่วงเวลาเร่งด่วนมีหน่วยเป็น คัน/ชั่วโมง 3) มูลค่าเวลาในการเดินทาง และมูลค่าเวลาในการรอรถมีหน่วยเป็น บาท/นาที และ 4)จำนวนผู้ขับขี่และผู้โดยสารมีหน่วยเป็น คน/คัน ซึ่งมูลค่าเวลาในการเดินทางและมูลค่าเวลาในการรอ รวมทั้งจำนวนผู้ขับขี่และผู้โดยสาร ได้อ้างอิงจากข้อมูลงานวิจัยของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย (2557) ดังแสดงในตารางที่ 6-5

ตารางที่ 6-5 มูลค่าเวลาเดินทางและมูลค่าเวลาในการรอรถ

ประเภท ยานพาหนะ	มูลค่าเวลาในการเดินทาง (บาท/นาที)	มูลค่าเวลาในการรอรถ (บาท/นาที)	จำนวนผู้ขับขี่และ ผู้โดยสาร(คน/คัน)
รถจักรยานยนต์	0.783	1.528	1.013
รถยนต์	0.890	1.536	2.750
รถบัส	0.890	1.536	1.000
รถบรรทุก	0.890	0.000348*	22.140

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

การวิเคราะห์หาอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนแต่ละปี (Benefit Cost Ratio, BCR) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 6-1 (วัชรินทร์ วิทยกุล, 2546) และผลที่ได้จากการวิเคราะห์ต้นทุนและประโยชน์จากมาตรการต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 6-6

$$BCR = \frac{U_{before} - U_{after}}{A_{after} - A_{before}}$$ สมการที่ 6-1

โดยที่ U_{before} คือ ผลประโยชน์ก่อนการปรับปรุง
U_{after} คือ ผลประโยชน์หลังการปรับปรุง
A_{after} คือ เงินลงทุนหลังการปรับปรุงถนน
A_{before} คือ เงินลงทุนก่อนการปรับปรุงถนน

จากตารางที่ 6-6 พบว่า การปรับปรุงทุกทางแยกร่วมกัน มีความเหมาะสมในการปรับปรุงเป็นลำดับที่ 1 (BCR = 376.62) รองลงมาคือการปรับปรุงทางแยกคลองเรียน (BCR = 337.23) การปรับปรุงทางแยกปุณณกัณฑ์ (BCR = 309.07) การปรับปรุงทางแยกคลองเรียนและทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (BCR = 291.73) และการปรับปรุงทางแยกปุณณกัณฑ์และทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (BCR = 21.50) ตามลำดับ ส่วนกรณีที่ 4 และ 5 ค่า BCR เป็นลบ เนื่องจากไม่สามารถลดค่าความล่าช้าและเวลาในการเดินทาง จึงไม่นำมาพิจารณาและไม่เหมาะสมต่อการลงทุน

ถึงแม้ว่า การคำนวณต้นทุนมีหน่วยเป็น บาท/ปี แต่ปริมาณการจราจรที่สำรวจและนำมาวิเคราะห์มีหน่วยเป็น คัน/ชั่วโมง ผู้วิจัยได้คาดการณ์ปริมาณการจราจรรายปี โดยมีสมมติฐานว่าปริมาณการจราจรรายชั่วโมงที่สำรวจได้ (10,552 คัน) คิดเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการจราจรใน 1 วัน จากนั้นคูณด้วยจำนวนวันใน 1 ปี จะได้ว่า

$$\frac{10,552 \times 100 \times 365}{10} = 38,514,800 \text{ คัน/ปี}$$

ตัวเลขดังกล่าวเป็นจำนวนของยานพาหนะสูงสุดที่ผ่านทางแยกทั้ง 4 ทางแยกบนเส้นทางศึกษาตลอด 1 ปี ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนจากความจริง แต่ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ผลประโยชน์จะเป็นค่าขอบเขตสูงสุดที่เป็นไปได้ (Upper bound) อย่างไรก็ตาม การศึกษาในอนาคตควรพิจารณาประเด็นนี้อย่างละเอียด โดยการนำปริมาณการจราจรรายปีและปรับปรุงแบบจำลองให้ครอบคลุมทุกช่วงเวลาและวิเคราะห์หาค่าตัวชี้วัดต่างๆ เพื่อนำมาคำนวณหาผลประโยชน์ที่แท้จริง นอกจากนี้ ควรมีการพิจารณาผลประโยชน์จากการลดมลพิษทางอากาศด้วย

ตารางที่ 6-6 อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนจากมาตรการจัดการจราจร

แบบจำลองแบบชุดทางแยก	ประโยชน์จากเวลาในการเดินทางที่ลดลง (วินาที/คัน)	ประโยชน์จากความล่าช้าที่ลดลง (วินาที/คัน)	ผลประโยชน์ (บาท/ปี)	ต้นทุน		สัดส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน	ลำดับการปรับปรุง
				ตลอด 5 ปี (บาท)	รายปี (บาท/ปี)		
1. สภาพการจราจรปัจจุบัน	-	-	-	-	-	-	-
2. ปรับปรุงเฉพาะทางแยกคลองเรียน	104.00	-70	57,330,122	697,040	170,001	337.23	2
3. ปรับปรุงเฉพาะทางแยกปุณณกัณฑ์	73.00	-5	40,241,335	533,848	130,200	309.07	3
4. ปรับปรุงเฉพาะทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	-408	-300	*	581,802	141,896	-	-
5. ปรับปรุงทางแยกคลองเรียนและทางแยกปุณณกัณฑ์	-30	-34	*	1,692,338	412,745	-	-
6. ปรับปรุงทางแยกคลองเรียนและทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	99.00	71.00	123,823,680	1,740,292	424,441	291.73	4
7. ปรับปรุงทางแยกปุณณกัณฑ์และทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	15.00	-32	8,268,768	1,577,100	384,640	21.50	5
8. ปรับปรุงทุกทางแยกร่วมกัน	202.00	100.00	208,887,686	2,274,140	554,641	376.62	1

*หมายเหตุ * ผลประโยชน์เป็นลบ เนื่องจากไม่สามารถลดค่าของเวลาและความล่าช้าในการเดินทางได้*

ผลจากการจัดการจราจรแบบชุดทางแยก สรุปได้ว่า กรณีที่มีการปรับปรุงทุกทางแยกร่วมกัน สามารถลดค่าตัวชี้วัดทั้ง 3 ตัวแปรลงได้ร้อยละ 32 27 และ 31 ตามลำดับ และยังพบว่าการปรับปรุงเฉพาะทางแยกใดทางแยกหนึ่ง สามารถบรรเทาปัญหาการจราจรที่ติดขัดของทางแยกนั้นๆ ได้ แต่อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพรวมบนโครงข่ายถนน ซึ่งกลับเป็นการเพิ่มปัญหาการจราจรติดขัดเพิ่มมากขึ้นกับบริเวณทางแยกใกล้เคียงได้ หากไม่ได้รับการพิจารณาโดยละเอียด

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ สรุปได้ว่า สัดส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน กรณีปรับปรุงทุกทางแยกร่วมกัน ควรได้รับการพิจารณาในการลงทุนเพื่อปรับปรุงแก้ไขเป็นลำดับที่ 1 อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ หากหน่วยงานท้องถิ่นที่รับผิดชอบอาจมีข้อจำกัดด้านงบประมาณ ซึ่งสามารถเลือกลำดับการปรับปรุงทางแยกตามที่ผู้วิจัยได้นำเสนอตามลำดับ ดังนี้ 1) ปรับปรุงทุกทางแยกร่วมกัน 2) ปรับปรุงเฉพาะทางแยกคลองเรียน 3) ปรับปรุงเฉพาะปุณณกัณฑ์ 4) ปรับปรุงทางแยกคลองเรียนและทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และ 5) ปรับปรุงทางแยกปุณณกัณฑ์และทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

บทที่ 7
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาปรับปรุงการจราจรบริเวณทางแยกบนถนนกาญจนวณิชย์ ตั้งแต่ทางแยกคลองเรียนถึงทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ 1) ศึกษาสภาพปัญหาการจราจร 2) การวิเคราะห์มาตรการจัดการจราจรที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาการจราจร และ 3) การวิเคราะห์อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนจากมาตรการจัดการจราจร เพื่อจัดลำดับการเลือกปรับปรุงทางแยก โดยผลจากการศึกษาส่วนแรก พบว่า ปัญหาการจราจรที่ติดขัดไม่ได้มาจากปริมาณการจราจรที่เพิ่มสูงขึ้นเพียงอย่างเดียว แต่มีปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อการจราจรติดขัดบนเส้นทางศึกษา ได้แก่ ปัญหาการจอดรถในที่ห้ามจอด การจอดรถในช่องเดินรถโดยสารและการจอดใกล้บริเวณทางแยก ปัญหาลักษณะทางกายภาพไม่เหมาะสม และปัญหาการจัดกระแสจราจรไม่สอดคล้องกับปริมาณการจราจร เป็นต้น จากปัญหาดังกล่าว จึงนำมาสู่การกำหนดมาตรการเพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรที่ติดขัดบนเส้นทางศึกษา

ส่วนที่สอง เป็นการวิเคราะห์มาตรการจัดการจราจรบนเส้นทางศึกษา เพื่อนำเสนอมาตรการแก้ไขปัญหาการจราจรและผลกระทบจากมาตรการบนเส้นทางศึกษาทั้งสี่ทางแยก โดยใช้แบบจำลองภาพการจราจรที่พัฒนาขึ้นจากโปรแกรม VISSIM โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นสองส่วน คือ การวิเคราะห์แบบทางแยกเดี่ยวและการวิเคราะห์แบบชุดทางแยก ด้วยการประเมินจากตัวชี้วัดของความยาวแถวคอย ความล่าช้า และเวลาในการเดินทาง โดยที่แบบแรก เป็นการทดสอบหามาตรการจัดการจราจรที่เหมาะสมของทางแยกทั้งสี่ทางแยกแบบอิสระต่อกัน พบว่า การรวมทุกมาตรการ ประกอบด้วย การห้ามจอดรถบริเวณทางแยก การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ และการปรับปรุงทิศทางกระแสการจราจร เป็นมาตรการที่มีความเหมาะสมที่สุด สามารถลดค่าของตัวชี้วัดทั้งสามลงได้ และแบบที่สอง เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบจากมาตรการจัดการจราจรของแต่ละทางแยกที่ส่งผลกระทบต่อทางแยกอื่นๆ บนเส้นทางศึกษา พบว่า มาตรการปรับปรุงทุกทางแยกร่วมกัน สามารถลดค่าตัวชี้วัดทั้งสามลงได้เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ การวิเคราะห์มาตรการแบบชุดทางแยกยังสามารถช่วยให้ผู้วางแผนทราบถึงผลกระทบทั้งด้านบวก (สภาพการจราจรดีขึ้น) และด้านลบ (สภาพการจราจรแย่ลง) จากการดำเนินมาตรการได้ดีกว่าการวิเคราะห์แบบทางแยกเดี่ยว

ส่วนที่สาม เป็นการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์จากมาตรการปรับปรุงทางแยกเพื่อจัดลำดับการเลือกปรับปรุงทางแยก ซึ่งพิจารณาจากอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อการลงทุน พบว่า การปรับปรุงทุกทางแยกร่วมกัน ควรได้รับการพิจารณาในการปรับปรุงมาเป็นลำดับที่หนึ่ง

รองลงมาคือ การปรับปรุงเฉพาะทางแยกคลองเรียน การปรับปรุงเฉพาะทางแยกปุณณกัณฑ์ การปรับปรุงทางแยกคลองเรียนและทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และการปรับปรุงทางแยกปุณณกัณฑ์และทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตามลำดับ ผลจากการศึกษานี้ จะเป็นแนวทางให้กับหน่วยงานท้องถิ่นที่รับผิดชอบ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกปรับปรุงทางแยกต่อไปในอนาคต

จากภาพรวมของการศึกษานี้ สามารถสรุปได้ว่า การปรับปรุงทางแยกและการจัดการจราจรของทางแยกที่ต่อเนื่องกัน ควรพิจารณาทั้งโครงข่ายถนน ไม่ใช่แก้ไขเฉพาะทางแยกใดทางแยกหนึ่ง และควรพิจารณาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ซึ่งสะท้อนผลกระทบในภาพรวมของโครงข่ายถนนที่ศึกษาได้ ซึ่งหากการวิเคราะห์ไม่รอบคอบอาจเป็นการสิ้นเปลืองงบประมาณและสร้างปัญหาการจราจรให้กับโครงข่ายถนนเพิ่มมากขึ้น

7.2 ข้อเสนอแนะ

ผลจากงานวิจัยครั้งนี้ เป็นการนำเสนอมาตรการจัดการจราจรที่เกี่ยวข้องกับการห้ามจอดรถบริเวณทางแยก การปรับทิศทางกระแสการจราจร และปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกให้มีความเหมาะสมเท่านั้น งานวิจัยในอนาคตควรมีการศึกษาเพิ่มเติมใน 2 ประเด็นดังนี้

7.2.1 ด้านการพัฒนาแบบจำลอง

1) สร้างตัวแทนของยานพาหนะที่ใช้ในการจำลองให้ครอบคลุมยานพาหนะทุกประเภท เช่น รถบรรทุก (เล็ก กลาง ใหญ่) รถโดยสารสาธารณะทุกประเภท เป็นต้น

2) ศึกษามาตรการจัดการจราจรในการปรับปรุงทั้ง 7 ทางแยกที่มีความต่อเนื่องกันบนถนนกาญจนวณิชย์ที่ทำการศึกษา

3) ศึกษาระยะห่างระหว่างทางแยกต่อเนื่องที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการจราจร เช่น ระยะห่างระหว่างทางแยก ควรมีระยะห่างเท่าไรถึงจะเป็นทางแยกที่มีความต่อเนื่อง เป็นต้น

7.2.2 ด้านมาตรการจัดการจราจร

1) ควรพิจารณาหามาตรการจัดการรถโดยสารสาธารณะทุกประเภทที่มีความเหมาะสมและส่งผลกระทบน้อยที่สุด

2) ควรพิจารณามาตรการปรับปรุงระบบสัญญาณไฟจราจร เช่น การหาจังหวะสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสม เป็นต้น เนื่องจากปัจจุบันจังหวะสัญญาณไฟจราจรไม่สอดคล้องกับสภาพการจราจรในปัจจุบัน จึงส่งผลให้เกิดความยาวแถวคอยยาวขึ้นจากความเป็นจริงอยู่มาก

3) ควรประเมินผลจากมลพิษทางอากาศและการใช้พลังงานเชื้อเพลิง เป็นกรณีศึกษาเพิ่มเติม เพื่อกำหนดมาตรการในการลดมลภาวะและอัตราเชื้อเพลิงให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

กนกวรรณ เด่นพรภูวกล, ณรงค์เดช เทียนแก้ว, ศิวาพร ดำทุ่งหงส์, และอภิรมย์ ศรีบุรี. (2547). *การประยุกต์ใช้โปรแกรม PARAMICS ในการจัดการระบบจราจรบริเวณสี่แยกสามเหลี่ยม จังหวัดขอนแก่น.* รายงานโครงการหมายเลข CE2003-29. ขอนแก่น: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กมล ปุ่นศิริ. (2542). *การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SIDRA ในการวิเคราะห์สัญญาณไฟจราจรในเมืองหาดใหญ่และเมืองอุดรธานี.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา (การขนส่ง) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

กลุ่มสถิติสารสนเทศ สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง. (2556). *รายงานปริมาณการเดินทางบนทางหลวง ปี 2556*.

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย. (2557). *โครงการศึกษาความเป็นไปได้สำรวจและออกแบบเบื้องต้นทางพิเศษเพื่อพัฒนาระบบโลจิสติกส์ระหว่างประเทศ.* รายงานฉบับสมบูรณ์, มิถุนายน 2557.

จักรกริศน์ กนกกันฑพงษ์, นพปฎล พงศ์กระพันธ์, นะบีลย์ เจ๊ะแว, และสุวภาคย์ เบญจธนวัฒน์. (2546). *การศึกษาและปรับปรุงการจราจรบริเวณทางแยกประตู 108 - ถ.ปุณณกัณฑ์ หาดใหญ่.* รายงานฉบับสมบูรณ์. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา. ประเทศไทย.

เจตษฎา คำผอง, เอกพล คนเอก, สุรัตน์ วรรณทอง, และธเนศ เสถียรนาม. (2556). *การจัดการจราจรบริเวณห้าแยกกังสดาลมหาวิทยาลัยขอนแก่นโดยประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค*. การประชุมวิชาการสมาคมวิจัยวิทยาการขนส่งแห่งเอเชีย ครั้งที่ 6, สิงหาคม 2556.

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

เทศบาลนครหาดใหญ่. (2557). โครงการปรับปรุงทางเท้าและเกาะกลางถนนกาญจนวณิชย์. ฝ่ายวิศวกรรมโยธา สำนักการช่าง เทศบาลนครหาดใหญ่. สงขลา. ประเทศไทย.

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

พนกฤษณ คลังบุญครอง, ธีระชัย คมปรัชญา, และ Woolley, J. (2546). *การประเมินทางเลือกในการจัดการระบบจราจรบริเวณห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยใช้โปรแกรม PARAMICS*. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 1. (หน้า 55-62). ขอนแก่น: [ม.ป.พ.].

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

วราศักดิ์ ปะสังติโย, ธเนศ เสถียรนาม, วิชุดา เสถียรนาม, และอรรถพล สีดำ. (2556). *การวิเคราะห์การจัดการจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ที่ทางแยกสัญญาณไฟจราจร.* เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 18. วันที่ 8-10 พฤษภาคม 2556: TRP 236 - TRP 242. เชียงใหม่. ประเทศไทย.

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

วัชรินทร์ วิทยกุล. (2537*). การประเมินผลทางด้านเศรษฐกิจของโครงการทางด้านขนส่ง.* หนังสือเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมการทาง, มกราคม 2537.

วิจิตรา วัชสังค์. (2548). *ผลกระทบของมาตรการช่องทางพิเศษและการควบคุมเข้าต่อการจราจรบนระบบทางพิเศษในเขตกรุงเทพมหานคร.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร. ประเทศไทย.

วุฒิไกร ไชยปัญหา, และพนกฤษณ คลังบุญครอง. (2553). *การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบการจัดการจราจร ณ บริเวณห้าแยก (ศาลเจ้าพ่อหลักเมือง) จังหวัดขอนแก่น* โดยใช้โปรแกรม PARAMICS. การประชุมวิชาการสมาคมวิจัยวิทยาการขนส่งแห่งเอเชีย ครั้งที่ 3. วันที่ 27 สิงหาคม 2553. กรุงเทพมหานคร. ประเทศไทย.

วุฒิไกร ไชยปัญหา. (2553). *การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบการจัดการจราจร ณ บริเวณห้าแยก (ศาลเจ้าพ่อหลักเมือง) จังหวัดขอนแก่น โดยใช้โปรแกรม PARAMICS*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. ประเทศไทย.

ศุภกร สุทธิพันธ์. (2557). *การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางระหว่างรถส่วนบุคคลกับรถโดยสารประจำทางในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา. ประเทศไทย.

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

สรายุทธ อินทรวิเชียร. (2545). *การศึกษาการใช้วงเวียนในการควบคุมการจราจรบริเวณทางแยก.* วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา (การขนส่ง) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา. ประเทศไทย.

สำนักงานบำรุงทางสงขลาที่ 2. (2557). *แผนรายประมาณการกิจกรรมบูรณะทางหลวงสายหลักมาตรการเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจ 2558*. สงขลา. ประเทศไทย.

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

สุรศักดิ์ เกตุบุญนาค. (2549). *การจำลองการจราจรบริเวณวงเวียนหลักภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา (การขนส่ง) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา. ประเทศไทย.

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*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. ประเทศไทย.

Ahmeh, S.A. (2005). *Calibration of VISSIM to the traffic conditions of Khobar and Dammam*, Saudi Arabia. Saudi Arabia: King Fahd University of Petroleum and Minerals.

Boxill, S.A. (2007). *An evaluation of 3-d traffic simulation modeling capabilities*. Research Report SWUTC/07/167621-1. USA.: Center for Transportation Training and Research Texas Southern University.

California Department of Transportation [Caltrans]. (2002). *Guideline for applying traffic micro simulation modeling software*. Oakland (CA): Caltrans.

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.

Design Manual for Roads and Bridges (DMRB). (1996). *Design Manual for Roads and Bridges : Volume 12 Traffic Appraisal of Roads Schemes Section 2*. ค้นหาเมื่อวันที่ 5 มกราคม 2557, http://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/.

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

DynusT© Online User's Manual. (2014). Multi-Resolution Modeling (MRM) Integration with Microscopic Simulation. ค้นหาเมื่อวันที่ 18 ตุลาคม 2557. http://wiki.dynust.net/doku.php?id=start.

Elshafei, E.H. (2006). *Decosion-marking for roadway lane designation among variable modes*. [PhD Dissertation in Civil and Environmental Engineering]. Maryland: University of Maryland at College Park.

Federal Highway Administration [FHWA]. (2004). *Traffic Analysis Toolbox Volume III* Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software. U.S. Department of Transportation. JULY 2004.

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

Highway Capacity Manual [HCM]. (2000). *Chapter 7 - Traffic Flow Paremeters*. Handbooks manuals. Washington D.C., USA.: National Research Council.

Kojima, T., Fukuda, A., Ishizaka, T., and Luathep, P. (2014). *Study on the Evaluation of the Roundabout Utilizing Micro Traffic Simulation Model*. 7th ATRANS Symposium: Young Researcher's Forum. August 22, 2014, Bangkok, Thailand.

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 engineering university of Maryland college park.

Luk, J.Y.K. (2006). The use and application of microsimulation traffic models. 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 6.00-07. User Manual*, PTV, Karlsruhe.

Quadstone Paramics. (2007). *Estimator User Manual*. Scotland: Quadstone Paramics Ltd.

Ratrout, N.T., and Rahman, S.M. (2008). *A comparative analysis of currently used microscopic and macroscopic traffic simulation software*. Department of civil Engineering King Fahd university of Petroleum & Minerals Dhahran, Saudi Arabia. The Arabian Journal for Science and Engineering, 34(1B).

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

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]. (2000a). *Highway Capacity Manual (CHAPTER 17 Un-signalized Intersections)*. 4th ed. Washington D.C., USA.: National Research Council.

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

Transportation Research Board [TRB]. (2000c). *Highway Capacity Manual (CHAPTER 16 Signalized Intersections)*. 4th ed. Washington D.C., USA.: National Research Council.

TSS-Transport Simulation Systems. (2015). *Aimsun 8 Traffic modelling without boundaries*. ค้นหาเมื่อวันที่ 1 เมษายน 2558, http://www.aimsun.com.

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

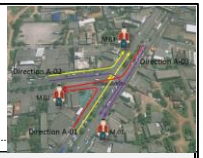
Zhang, M., and Ma J. (2008). *Developing Calibration Tools for Microscopic Traffic Simulation Final Report Part 1: Overview Methods and Guidelines on Project Scoping and Data Collection.* California PATH Working Paper UCB-ITS-PWP-2008-3. California Path Program Institute of Transportation Studies. University of California. California: Berkeley.

ภาคผนวก ก
แบบสำรวจข้อมูลภาคสนาม

ภาคผนวก ก-1 แบบสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก

การสำรวจข้อมูลด้านการขนส่งและจราจร

แบบสำรวจปริมาณจราจรบริเวณทางแยก (Intersection Turning Movement Count)



จุดที่ M 01 แยกคลองเรียน

ผู้สำรวจ:..... วันที่สำรวจ: ..... สภาพอากาศ.....

เวลา	ตรง จาก direction A-03								เลี้ยวขวา จาก direction A-02							
	จักรยานยนต์	รถตุ๊กตุ๊ก	สามล้อเครื่อง/รถยนต์ 4 ล้อ	รถสองแถว	รถตู้	รถ 6 ล้อ	บัส ขนาดใหญ่	บรรทุก ขนาดใหญ่	จักรยานยนต์	รถตุ๊กตุ๊ก	สามล้อเครื่อง/รถยนต์ 4 ล้อ	รถสองแถว	รถตู้	รถ 6 ล้อ	บัส ขนาดใหญ่	บรรทุก ขนาดใหญ่
07.00-07.10																
07.10-07.20																
07.20-07.30																
07.30-07.40																
07.40-07.50																
07.50-08.00																

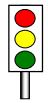
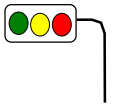
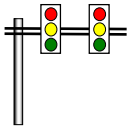
ภาคผนวก ก-2 แบบสำรวจความเร็วเฉพาะจุด

ผู้สำรวจ :.. **จุดสำรวจ :**..

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

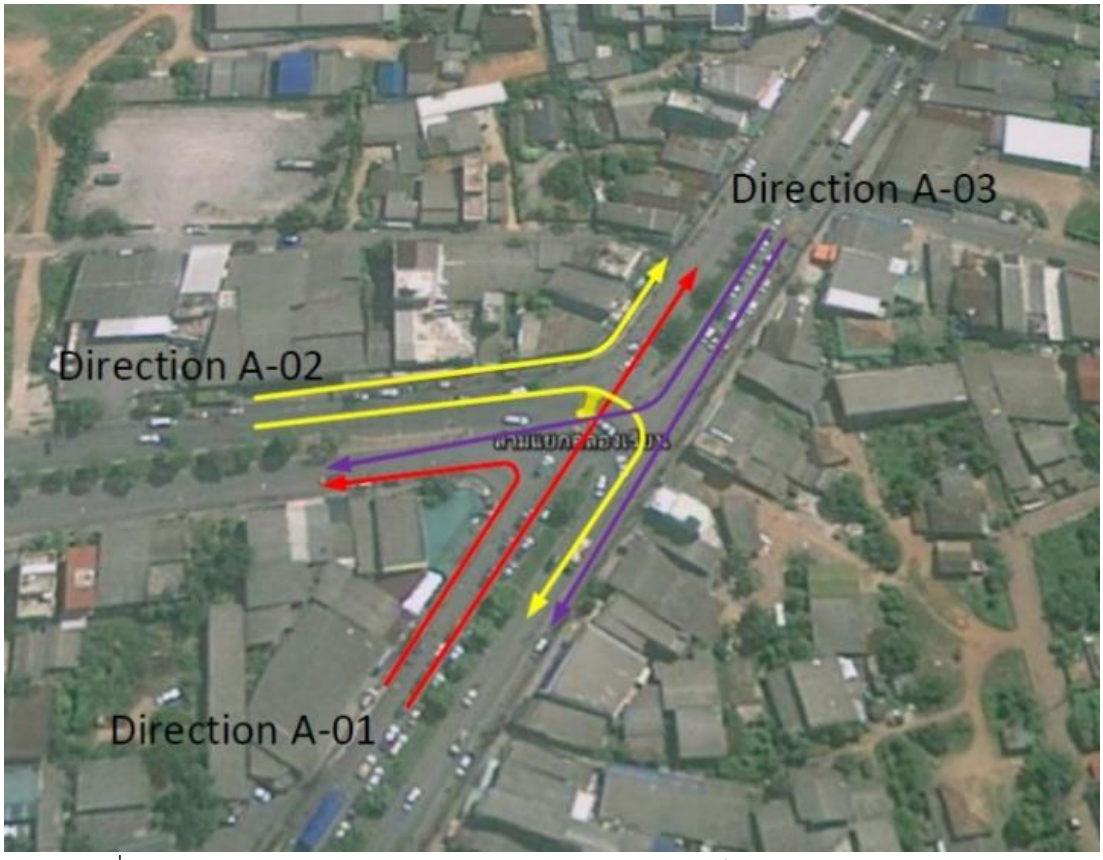
No.	รถจักรยานยนต์ (sec)	รถยนต์ (sec)	รถตุ๊กตุ๊ก (sec)	รถตู้ (sec)	รถสองแถว (sec)	รถบรรทุก 6 ล้อ (sec)	รถบรรทุก 10 ล้อ (sec)	รถบัส (sec)

ภาคผนวก ก-3 แบบสำรวจจังหวะสัญญาณไฟจราจร

จุดสำรวจ ..... **ผู้สำรวจ**			**บริเวณทางแยก** ..... **วันที่สำรวจ**				แผนที่ประกอบ		
ภาพเก็ต N W E S								**รูปแบบสัญญาณไฟจราจร**	☐  ☐  ☐  ☐ อื่นๆ .....
								ระบบสัญญาณไฟจราจร	☐ Fixed Time Signal ☐ Actuated Time Signal
	A		B		C		D	**ระบบนับถอยหลัง**	☐ มี สภาพ ☐ ชำรุด ☐ ใช้การได้
Phase No.								**เวลาที่เปิดใช้**	..... น.
Green								**เวลาที่ปิด**	..... น.
Yellow								**การควบคุมการจราจรด้วย เจ้าหน้าที่ตำรวจ**	☐ ไม่มี ☐ มี เวลา..... น.
Red									
All red									
รอบสัญญาณไฟ									

ภาคผนวก ข
ผลการสำรวจข้อมูลภาคสนาม

ภาคผนวก ข-1 ผลการสำรวจปริมาณการจราจรและความเร็วบริเวณทางแยกคลองเรียน



รูปที่ ข-1ก ทิศทางการสำรวจปริมาณการจราจรและความเร็วบริเวณทางแยกคลองเรียน

คำอธิบายอักษรย่อประเภทยานพาหนะในตารางที่ ข-1

MC	หมายถึง	รถจักรยานยนต์
PC	หมายถึง	รถยนต์ส่วนบุคคล
TT	หมายถึง	รถตุ๊กตุ๊ก
ST	หมายถึง	รถสองแถวโดยสารสาธารณะ
Van	หมายถึง	รถตู้โดยสารสาธารณะ
6 W	หมายถึง	รถบรรทุกขนาดกลาง (6 ล้อ)
Bus	หมายถึง	รถบัส
Tr	หมายถึง	รถบรรทุกขนาดใหญ่

ตารางที่ ข-1 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกคลองเรียน

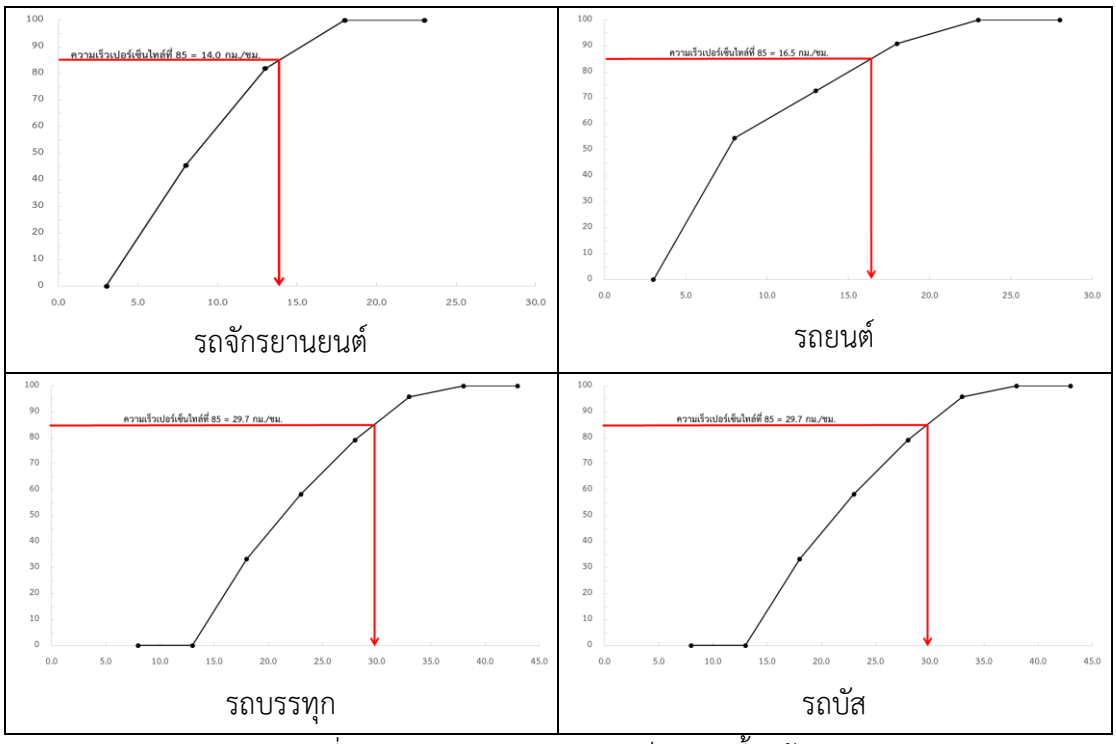
Direction	Time Interval	Turn Left to A-02								Straight to A-03							
		MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr
A-01	07.00-07.10	8	14	-	1	1	-	-	-	24	27	-	3	-	-	-	-
	07.10-07.20	8	16	2	1	1	-	1	-	87	118	1	12	3	3	-	2
	07.20-07.30	8	13	-	1	1	1	-	1	105	151	2	9	10	-	2	1
	07.30-07.40	12	22	1	1	1	-	-	-	94	141	1	12	10	1	-	1
	07.40-07.50	16	12	-	-	-	-	-	1	134	153	1	27	12	-	3	2
	07.50-08.00	6	16	-	1	1	-	-	-	170	161	4	16	8	2	2	-
	08.00-08.10	6	12	-	1	-	-	2	-	144	141	1	21	15	1	1	-
	08.10-08.20	8	9	-	1	-	-	-	-	82	84	1	16	11	-	-	-
	08.20-08.30	10	12	3	1	-	1	-	-	74	106	-	15	10	2	1	-
	08.30-08.40	2	17	2	1	-	-	-	-	94	123	-	22	13	1	4	-
	08.40-08.50	10	12	-	1	-	-	-	-	71	131	1	11	7	10	-	1
	08.50-09.00	6	19	-	2	-	-	-	1	74	177	-	10	13	5	2	1
A-01	16:00 - 16:10	11	23	-	-	-	-	-	-	59	87	1	8	1	1	-	3
	16:10 - 16:20	8	16	-	-	-	-	-	-	95	122	1	9	5	-	4	4
	16:20 - 16:30	12	15	-	-	1	-	-	-	98	127	1	6	2	-	1	3
	16:30 - 16:40	15	16	-	-	-	-	-	-	123	140	4	18	6	-	2	1
	16:40 - 16:50	11	12	1	-	-	-	-	-	80	126	2	7	8	-	1	4
	16:50 - 17:00	8	15	-	-	-	-	-	-	107	174	4	20	6	1	1	2
	17:00 - 17:10	16	14	-	-	1	-	-	-	138	167	1	25	5	4	2	2
	17:10 - 17:20	10	16	-	-	-	-	-	-	123	118	1	13	5	-	2	2
	17:20 - 17:30	13	23	2	-	1	-	-	-	180	127	4	10	7	2	1	3
	17:30 - 17:40	10	21	2	-	-	-	-	-	114	138	3	10	7	1	2	2
	17:40 - 17:50	20	24	-	-	-	-	-	-	154	206	2	13	6	1	2	2
	17:50 - 18:00	10	12	1	-	-	-	-	-	138	158	1	6	8	3	1	1

ตารางที่ ข-1 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกคลองเรียน (ต่อ)

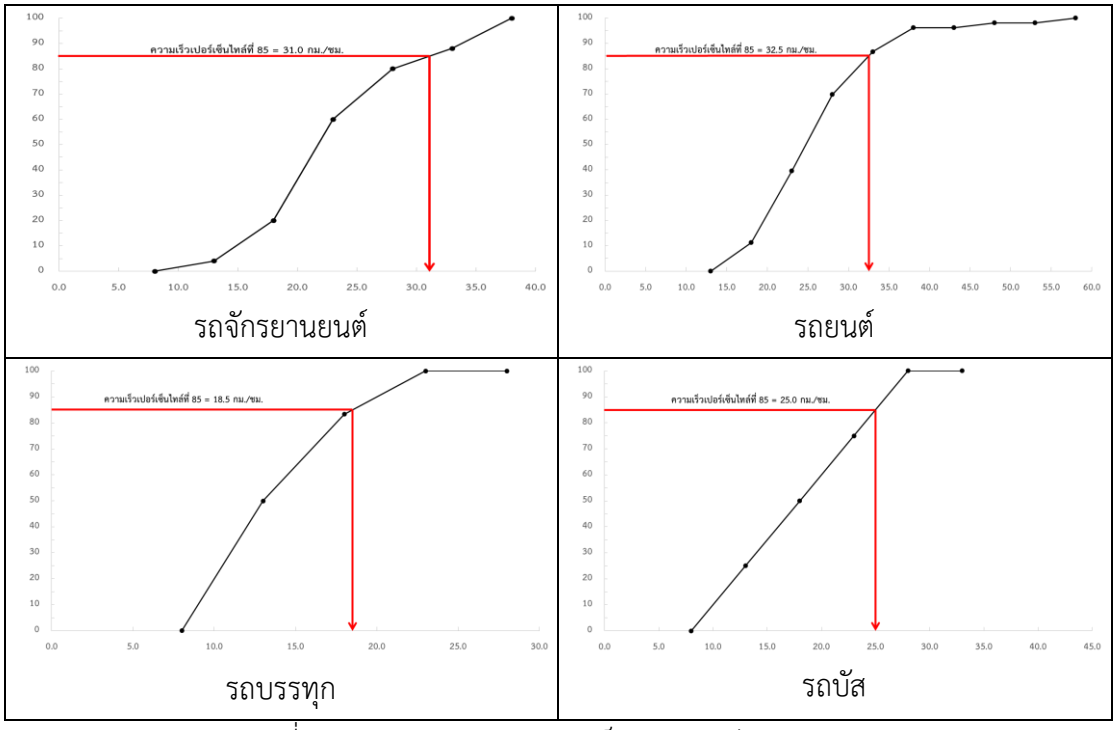
Direction	Time Interval	Turn Left to A-03								Turn Right to A-01							
		MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr
A-02	07.00-07.10	29	17	1	-	-	1	-	-	33	53	-	-	2	-	1	-
	07.10-07.20	57	46	-	1	-	-	-	-	35	55	-	-	2	-	1	-
	07.20-07.30	60	43	1	-	1	-	-	-	86	81	-	1	7	-	3	-
	07.30-07.40	85	52	-	1	-	-	-	-	63	55	-	2	5	2	6	-
	07.40-07.50	69	43	1	1	-	1	-	-	88	111	-	1	1	1	-	1
	07.50-08.00	81	52	1	-	1	-	-	-	80	79	-	-	2	-	-	-
	08.00-08.10	61	52	3	1	3	-	-	-	58	65	-	1	-	2	1	1
	08.10-08.20	64	52	1	-	-	-	-	-	61	72	-	5	4	3	5	1
	08.20-08.30	54	45	2	1	1	-	-	-	61	66	-	-	2	3	4	-
	08.30-08.40	56	55	1	-	-	1	-	-	29	47	-	2	3	8	2	-
	08.40-08.50	63	43	1	-	1	2	-	-	39	70	-	-	3	5	2	-
	08.50-09.00	53	56	3	-	2	-	-	-	17	56	-	-	-	-	1	1
A-02	16:00 - 16:10	65	47	2	-	2	-	-	-	43	59	1	-	2	-	-	-
	16:10 - 16:20	41	40	2	-	-	-	-	-	47	85	-	-	-	-	-	-
	16:20 - 16:30	56	65	1	-	5	-	-	-	65	84	2	-	2	-	-	-
	16:30 - 16:40	58	59	1	-	1	-	-	-	74	67	2	1	-	-	-	-
	16:40 - 16:50	50	66	3	-	1	-	-	-	101	85	2	-	1	-	-	-
	16:50 - 17:00	63	66	1	-	4	1	-	-	52	55	-	-	2	-	-	-
	17:00 - 17:10	55	51	2	-	1	-	-	-	90	78	-	-	1	-	-	-
	17:10 - 17:20	64	48	1	-	2	-	1	-	177	113	-	1	-	-	-	-
	17:20 - 17:30	87	45	1	-	1	-	-	-	114	69	2	-	2	-	-	-
	17:30 - 17:40	76	38	2	-	1	-	-	-	130	103	2	-	1	-	-	-
	17:40 - 17:50	69	60	3	-	4	-	-	-	103	69	-	-	-	-	-	-
	17:50 - 18:00	84	59	3	-	-	-	-	-	137	103	2	-	1	-	-	-

ตารางที่ ข-1 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกคลองเรียน (ต่อ)

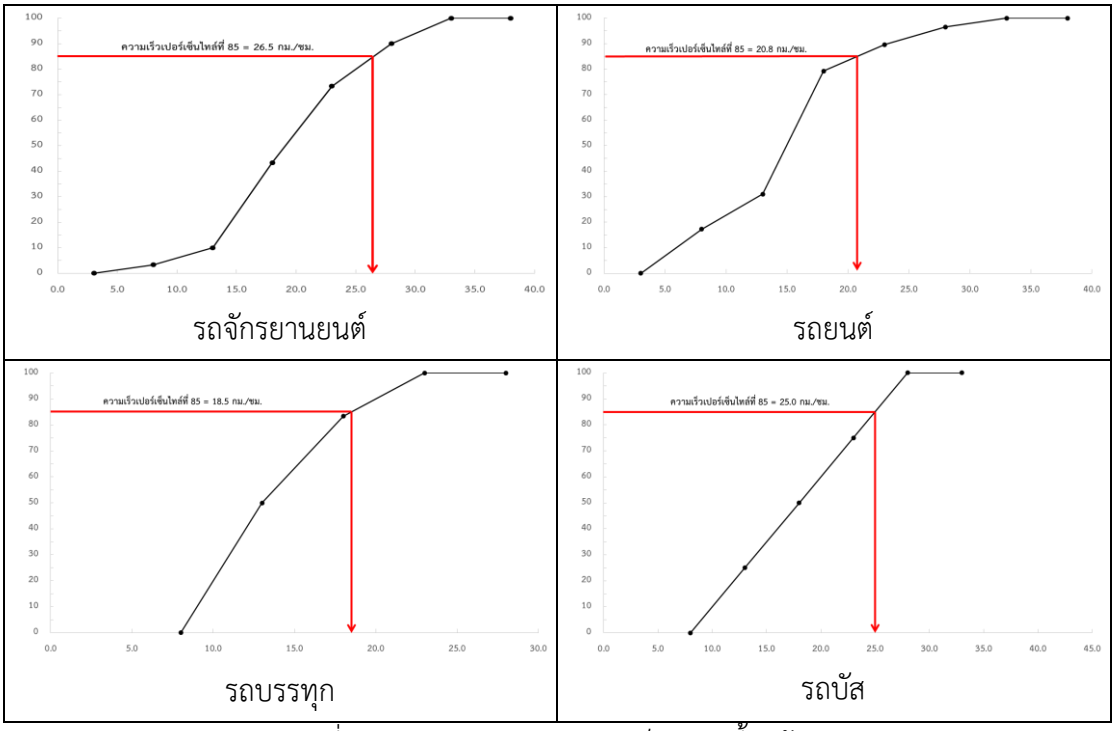
Direction	Time Interval	Straight to A-01								Turn Right to A-02							
		MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr
A-03	07.00-07.10	55	88	1	10	6	1	1	-	74	39	1	4	1	-	-	-
	07.10-07.20	59	131	1	17	19	1	7	-	69	26	1	1	1	-	-	-
	07.20-07.30	92	95	1	10	10	1	3	3	114	56	1	-	-	-	-	-
	07.30-07.40	127	160	2	11	3	2	1	-	88	49	1	-	1	-	-	-
	07.40-07.50	128	143	1	11	11	2	-	1	113	66	3	-	5	-	-	-
	07.50-08.00	119	115	-	10	11	2	-	-	95	70	2	-	1	-	-	-
	08.00-08.10	83	164	-	14	15	5	2	1	68	29	2	-	2	-	-	-
	08.10-08.20	96	150	1	12	11	1	-	1	77	47	2	-	1	3	-	-
	08.20-08.30	57	143	-	20	13	6	4	7	46	33	3	1	1	-	-	-
	08.30-08.40	66	142	2	11	11	4	2	1	64	54	3	-	2	-	-	-
	08.40-08.50	44	121	2	9	10	6	-	-	112	38	1	-	1	-	-	-
	08.50-09.00	45	149	1	14	8	7	2	5	36	30	2	-	4	-	-	-
A-03	16:00 - 16:10	51	121	1	11	7	1	1	-	23	31	-	-	1	-	1	-
	16:10 - 16:20	58	166	3	7	4	1	-	2	24	37	2	-	-	-	2	-
	16:20 - 16:30	81	117	1	12	5	-	-	1	28	28	1	-	2	-	-	-
	16:30 - 16:40	136	161	2	13	6	3	1	-	73	42	1	-	3	-	-	-
	16:40 - 16:50	134	160	2	17	7	4	1	-	53	64	2	-	-	-	-	-
	16:50 - 17:00	99	150	1	9	5	4	1	-	41	56	2	-	-	-	-	-
	17:00 - 17:10	126	162	3	16	8	3	-	-	24	36	1	-	2	-	-	-
	17:10 - 17:20	102	100	4	13	8	3	1	-	33	62	3	-	-	-	-	-
	17:20 - 17:30	108	110	-	9	5	2	1	1	33	36	1	-	-	-	-	-
	17:30 - 17:40	165	158	1	12	9	4	1	1	35	47	-	-	-	-	-	1
	17:40 - 17:50	92	115	-	9	2	2	3	-	45	47	-	-	1	-	-	-
	17:50 - 18:00	113	159	-	18	10	1	-	1	31	32	3	-	1	-	-	-



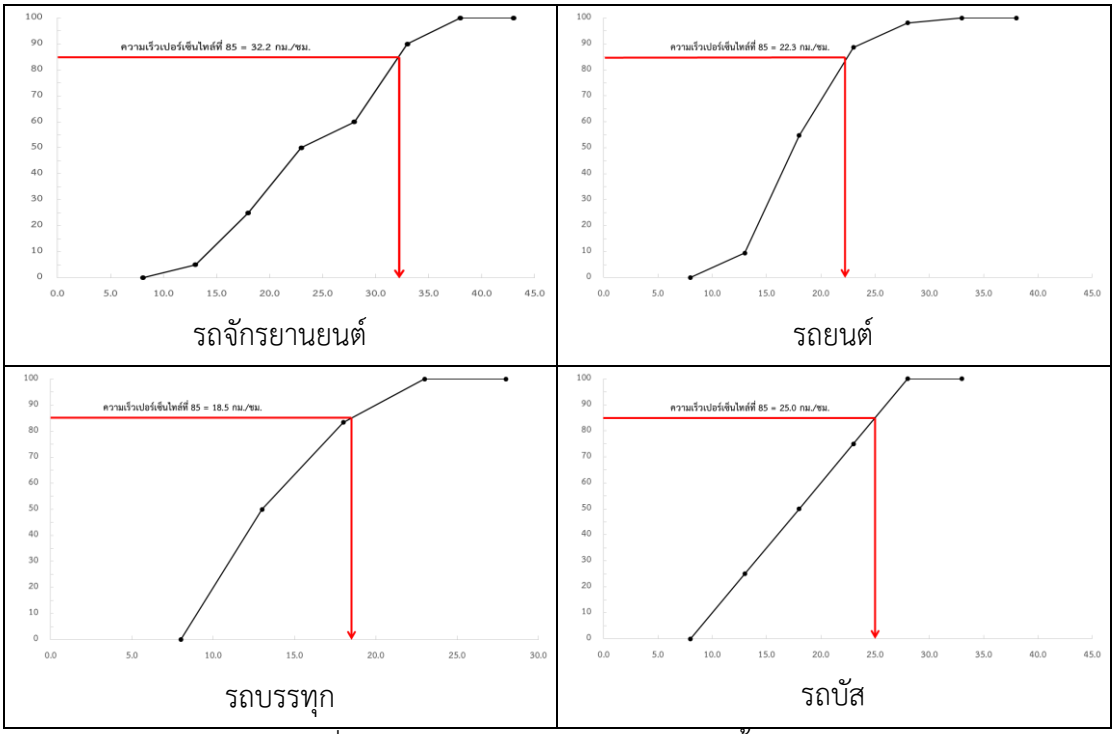
รูปที่ ข-1ข ทิศทาง A-01 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย



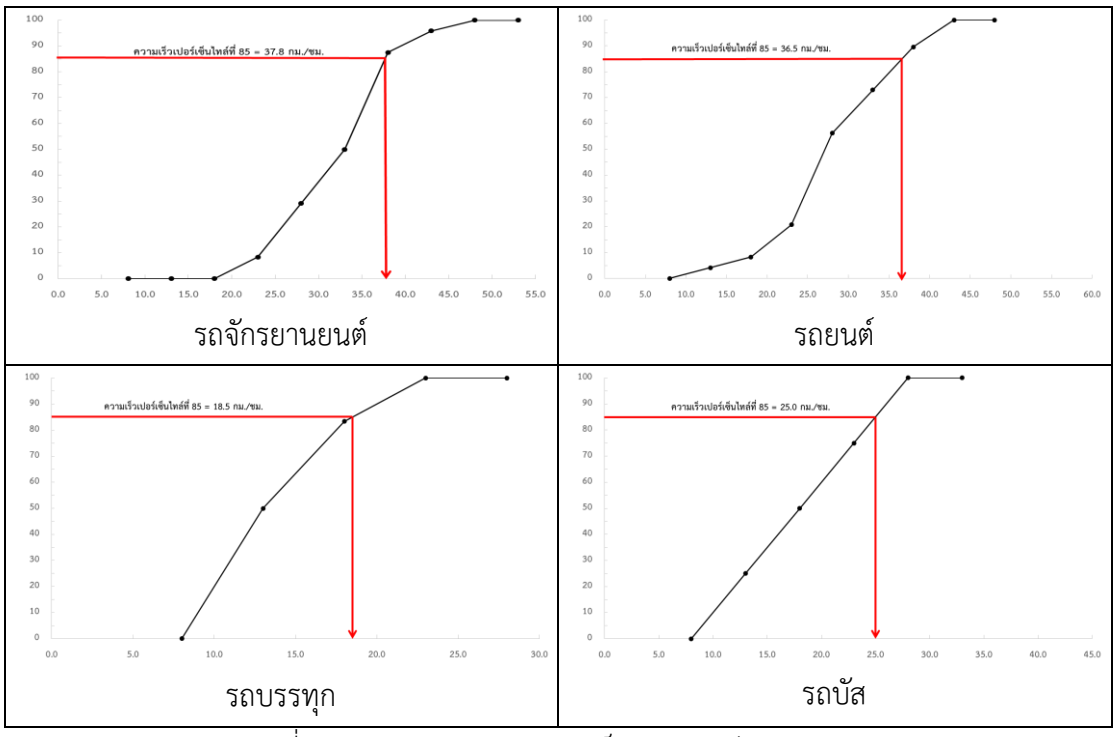
รูปที่ ข-1ค ทิศทาง A-01 ความเร็วขณะตรงผ่านทางแยก



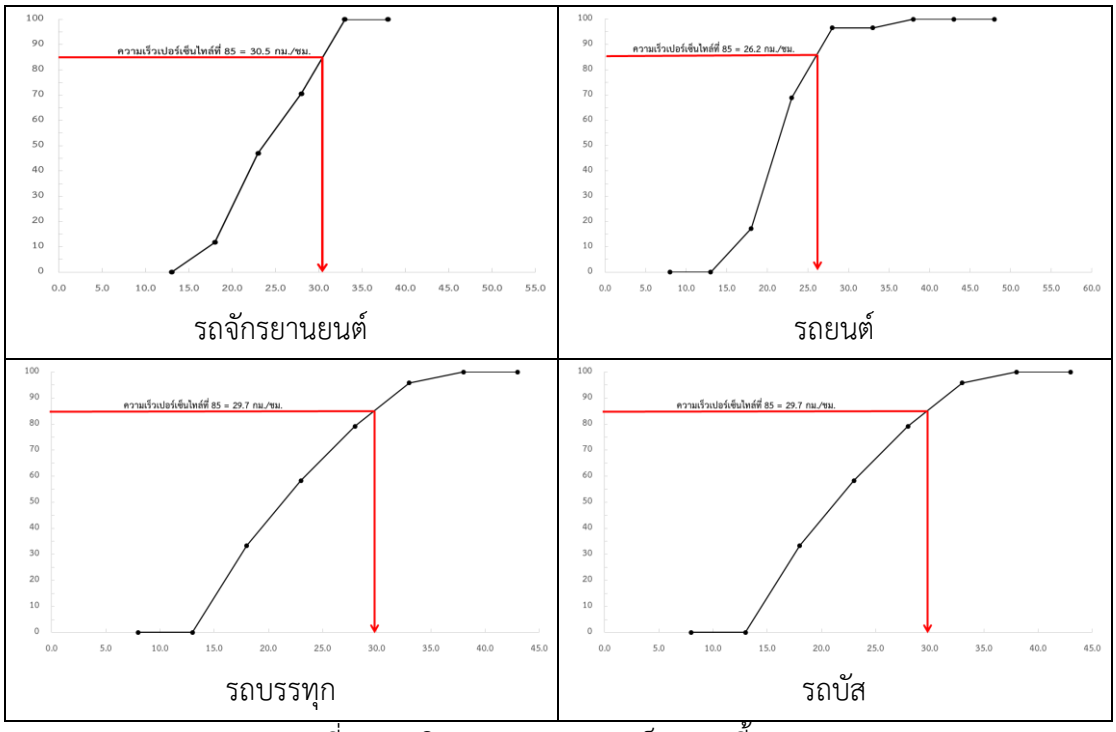
รูปที่ ข-1ง ทิศทาง A-02 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย



รูปที่ ข-1จ ทิศทาง A-02 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา

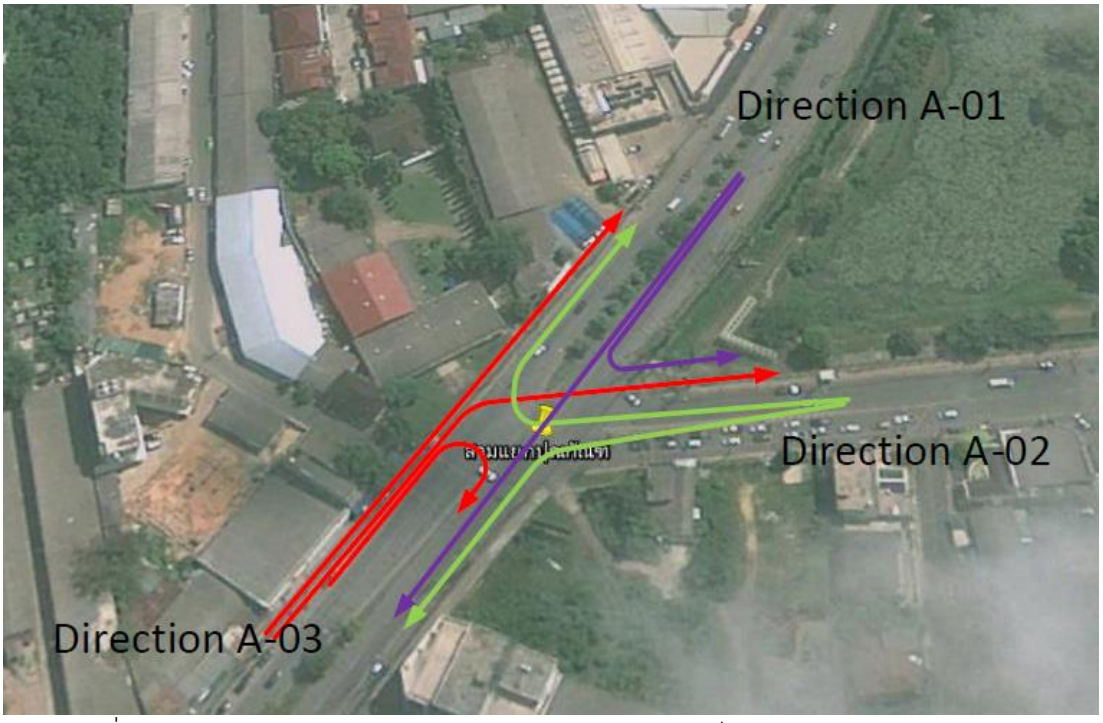


รูปที่ ข-1ฉ ทิศทาง A-03 ความเร็วขณะตรงผ่านทางแยก



รูปที่ ข-1ช ทิศทาง A-03 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา

ภาคผนวก ข-2 ผลการสำรวจปริมาณการจราจรและความเร็วบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์



รูปที่ ข-2ก ทิศทางการสำรวจปริมาณการจราจรและความเร็วบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์

คำอธิบายอักษรย่อประเภทยานพาหนะในตารางที่ ข-2

MC	หมายถึง	รถจักรยานยนต์
PC	หมายถึง	รถยนต์ส่วนบุคคล
TT	หมายถึง	รถตุ๊กตุ๊ก
ST	หมายถึง	รถสองแถวโดยสารสาธารณะ
Van	หมายถึง	รถตู้โดยสารสาธารณะ
6 W	หมายถึง	รถบรรทุกขนาดกลาง (6 ล้อ)
Bus	หมายถึง	รถบัส
Tr	หมายถึง	รถบรรทุกขนาดใหญ่

ตารางที่ ข-2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์

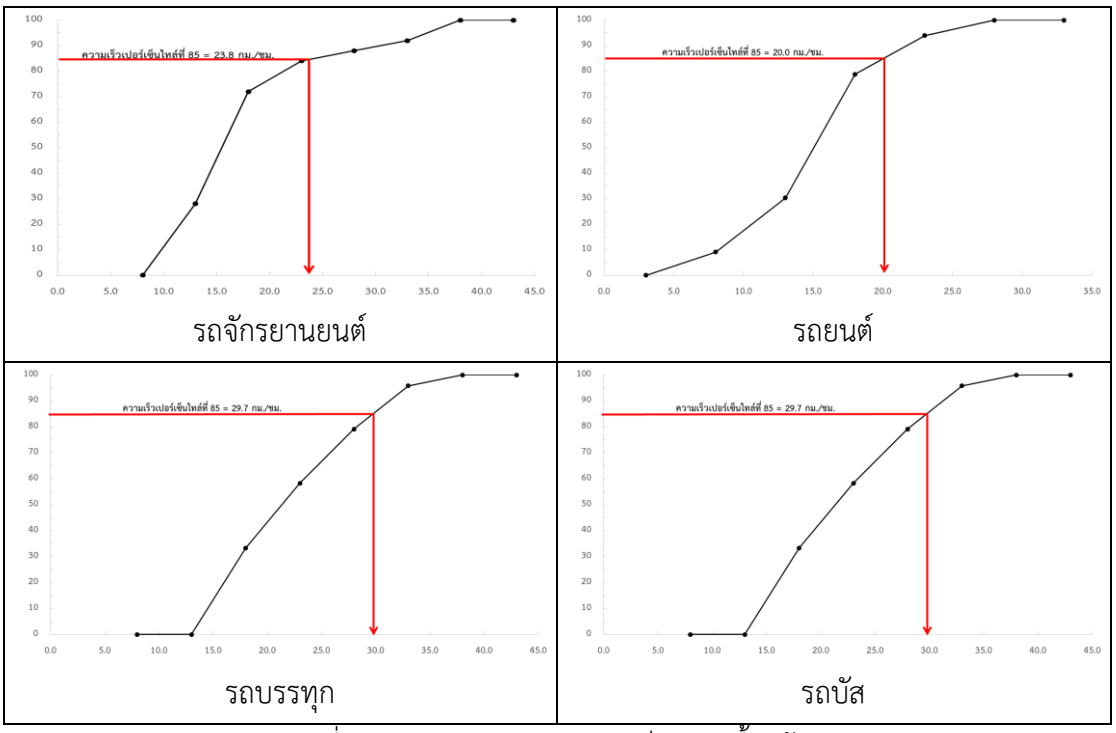
Direction	Time Interval	Turn Left to A-02								Straight to A-03							
		MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr
A-01	07.00-07.10	24	27	2	1	-	-	-	-	42	89	-	14	12	-	2	1
	07.10-07.20	56	41	-	1	1	1	-	-	101	103	2	8	8	2	1	1
	07.20-07.30	51	68	-	-	-	-	-	-	132	106	-	13	5	4	3	1
	07.30-07.40	52	50	-	-	1	-	-	-	73	91	-	28	16	-	-	2
	07.40-07.50	33	32	-	-	-	-	-	-	162	149	2	15	14	-	-	-
	07.50-08.00	67	65	-	-	-	-	-	-	93	110	1	7	13	-	2	1
	08.00-08.10	40	51	2	-	3	-	-	-	121	162	1	15	11	1	1	1
	08.10-08.20	53	55	-	-	2	-	-	-	71	108	3	15	10	2	9	5
	08.20-08.30	55	69	-	-	-	1	-	-	53	128	2	12	12	2	2	-
	08.30-08.40	43	46	-	-	-	2	-	1	70	136	4	11	10	4	1	1
	08.40-08.50	56	39	1	-	3	-	-	1	48	115	3	13	9	1	1	2
	08.50-09.00	52	49	-	-	-	-	-	-	39	60	1	11	5	1	1	2
A-01	16:00 - 16:10	84	69	1	-	4	-	-		86	152	1	18	13	1	1	-
	16:10 - 16:20	95	78	3	-	3	-	-	1	89	150	1	12	-	3	1	-
	16:20 - 16:30	72	55	-	-	-	-	-	-	32	122	-	12	3	-	-	-
	16:30 - 16:40	73	40	-	-	-	-	-	1	104	158	1	12	7	1	1	1
	16:40 - 16:50	82	67	2	-	-	-	-	3	96	123	4	9	6	4	1	-
	16:50 - 17:00	89	80	-	-	1	-	-	-	97	163	1	16	2	4	-	-
	17:00 - 17:10	89	75	-	-	1	-	-	1	61	131	2	11	9	-	-	-
	17:10 - 17:20	102	70	-	2	-	-	-	2	108	157	2	12	11	2	-	1
	17:20 - 17:30	104	63	1	-	1	-	-	-	121	151	3	9	6	3	2	-
	17:30 - 17:40	99	70	1	-	1	-	1	1	122	153	-	14	6	3	2	-
	17:40 - 17:50	91	102	1	-	1	-	-	-	69	106	1	10	4	1	3	1
	17:50 - 18:00	105	83	1	-	-	-	-	-	92	152	-	20	5	1	1	1

ตารางที่ ข-2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์ (ต่อ)

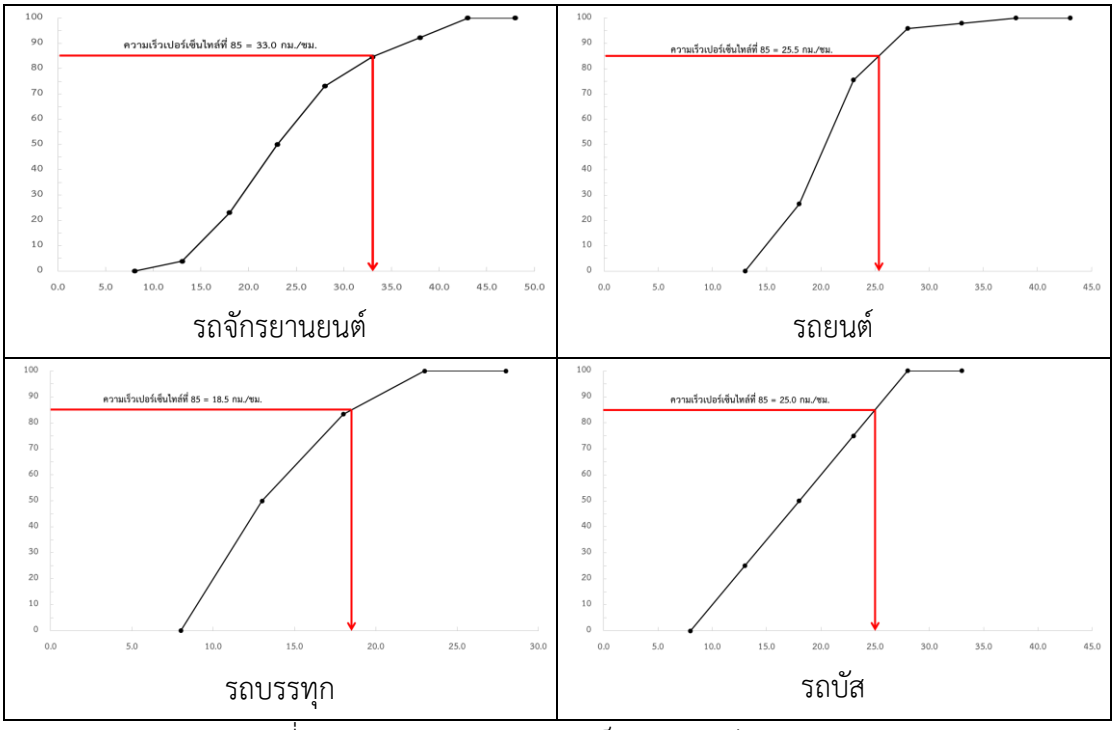
Direction	Time Interval	Turn Left to A-03								Turn Right to A-01							
		MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr
A-02	07.00-07.10	30	30	1	-	3	-	-	-	105	104	1	1	11	-	-	-
	07.10-07.20	50	44	1	-	1	-	-	-	96	62	3	-	11	1	-	-
	07.20-07.30	42	57	2	-	2	-	-	-	147	107	-	-	-	1	-	-
	07.30-07.40	60	60	3	-	1	-	-	-	229	118	1	-	-	-	-	-
	07.40-07.50	51	45	1	-	2	-	-	-	202	90	-	-	-	2	-	-
	07.50-08.00	49	42	-	-	-	2	-	-	158	59	-	-	11	1	-	-
	08.00-08.10	45	44	2	-	3	-	-	-	174	76	2	-	2	-	-	-
	08.10-08.20	46	48	-	-	1	-	-	-	78	51	1	1	-	2	-	-
	08.20-08.30	28	30	3	-	-	-	-	-	68	48	1	-	-	3	-	-
	08.30-08.40	23	37	-	-	1	2	-	-	93	75	3	-	-	1	-	-
	08.40-08.50	23	11	-	-	-	-	1	-	65	35	2	-	-	1	-	1
	08.50-09.00	44	34	2	-	2	1	-	-	75	70	2	1	1	-	-	
A-02	16:00 - 16:10	53	26	-	-	1	-	-	-	46	33	1	-	-	1	-	-
	16:10 - 16:20	46	34	-	-	-	-	-	-	45	42	1	1	1	-	-	-
	16:20 - 16:30	21	30	1	-	-	-	-	-	112	111	1	1	1	3	-	-
	16:30 - 16:40	47	38	-	-	-	-	-	-	112	79	1	-	1	-	-	-
	16:40 - 16:50	30	40	5	-	-	-	-	-	99	60	1	2	1	1	-	-
	16:50 - 17:00	42	100	-	-	-	-	-	-	61	113	1	-	1	-	-	1
	17:00 - 17:10	35	45	-	-	-	-	-	-	117	76	3	2	-	1	1	-
	17:10 - 17:20	34	56	1	-	-	-	-	-	123	67	1	-	-	-	-	-
	17:20 - 17:30	40	36	-	-	-	-	-	-	90	59	1	-	-	-	-	-
	17:30 - 17:40	71	90	-	-	-	-	-	-	129	64	2	-	1	-	-	-
	17:40 - 17:50	32	43	-	-	-	-	-	-	117	58	2	-	2	-	-	-
	17:50 - 18:00	34	42	-	-	-	-	-	-	92	61	1	-	2	1	-	-

ตารางที่ ข-2 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์ (ต่อ)

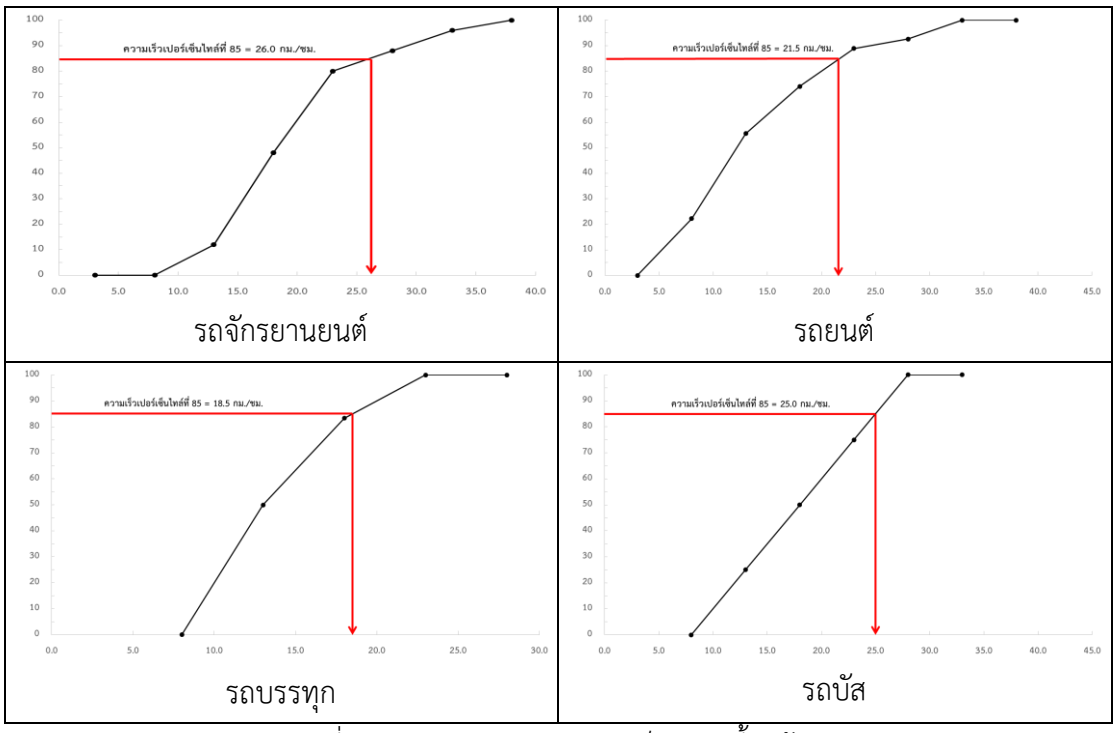
Direction	Time Interval	Straight to A-01								Turn Right to A-02								U-Turn							
		MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr
A-03	07.00-07.10	90	99	2	12	-	1	1	-	20	22	2		1	2		-	5	2	-	-	-	-	-	-
	07.10-07.20	108	116	1	12	3	1	-	1	56	43	1	1	-	1		-	5	3	-	-	-	-	-	-
	07.20-07.30	90	91	3	18	4	-	3	-	62	50	-	1	-		1	-	8	3	-	-	-	-	-	-
	07.30-07.40	127	177	1	12	10	1	2	-	64	53	1	-	1	1	1	-	8	3	-	-	-	-	-	-
	07.40-07.50	102	119	1	13	6	1	2	-	69	47	-	1	1	-	-	-	5	2	-	-	-	-	-	-
	07.50-08.00	185	136	4	14	5	1	3	-	101	41	-	-	1	1	-	-	7	5	-	-	-	-	-	-
	08.00-08.10	130	106	3	17	9	-	-	-	103	22	1	-	2	-	-	-	10	5	-	-	-	-	-	-
	08.10-08.20	118	136	2	22	7	-	-	-	85	64	2	1	-	2	-	-	10	3	-	-	-	-	-	-
	08.20-08.30	76	139	3	19	8	2	1	-	60	60	1	-	-	1	-	-	8	5	-	-	-	-	-	-
	08.30-08.40	70	119	2	13	9	-	5	-	47	54	1	2	1	2	-	-	10	2	-	-	-	-	-	-
	08.40-08.50	76	156	1	11	8	11	-	-	52	58	-	-	2	4	-	-	7	3	-	-	-	-	-	-
	08.50-09.00	75	203	3	8	12	3	2	2	63	71	4	-	1	2	-	-	6	4	-	-	-	-	-	-
A-03	16:00 - 16:10	44	63	2	10	8	1	1	-	53	54	-	-	1	-	-	-	4	1	-	-	-	-	-	-
	16:10 - 16:20	81	147	2	6	3	1	3	-	43	48	1	-	1	-	-	-	6	3	-	-	-	-	-	-
	16:20 - 16:30	95	133	2	11	11	4	1	1	52	43	1	-	4	-	-	-	7	2	-	-	-	-	-	-
	16:30 - 16:40	96	148	2	18	5	1	1	-	55	52	-	-	-	-	-	-	4	5	-	-	-	-	-	-
	16:40 - 16:50	87	117	1	20	7	3	2	3	57	38	1	-	1	-	-	-	9	4	-	-	-	-	-	-
	16:50 - 17:00	114	108	-	15	6	1	2	1	73	32	1	-	-	-	-	-	5	5	-	-	-	-	-	-
	17:00 - 17:10	120	110	1	7	5	1	-	1	87	67	1	-	-	-	-	-	8	1	-	-	-	-	-	-
	17:10 - 17:20	136	140	4	14	5	5	1	-	75	36	1	-	-	-	-	-	9	3	-	-	-	-	-	-
	17:20 - 17:30	118	164	4	14	8	1	1	2	80	50	3	-	4	-	-	-	9	5	-	-	-	-	-	-
	17:30 - 17:40	97	124	2	10	5	4	2	-	53	44	1	-	1	-	-	-	10	5	-	-	-	-	-	-
	17:40 - 17:50	131	137	1	8	6	-	2	-	49	33	1	-	-	-	-	-	8	2	-	-	-	-	-	-
	17:50 - 18:00	121	132	1	19	1	-	1	-	70	53	-	-	-	-	-	-	6	3	-	-	-	-	-	-



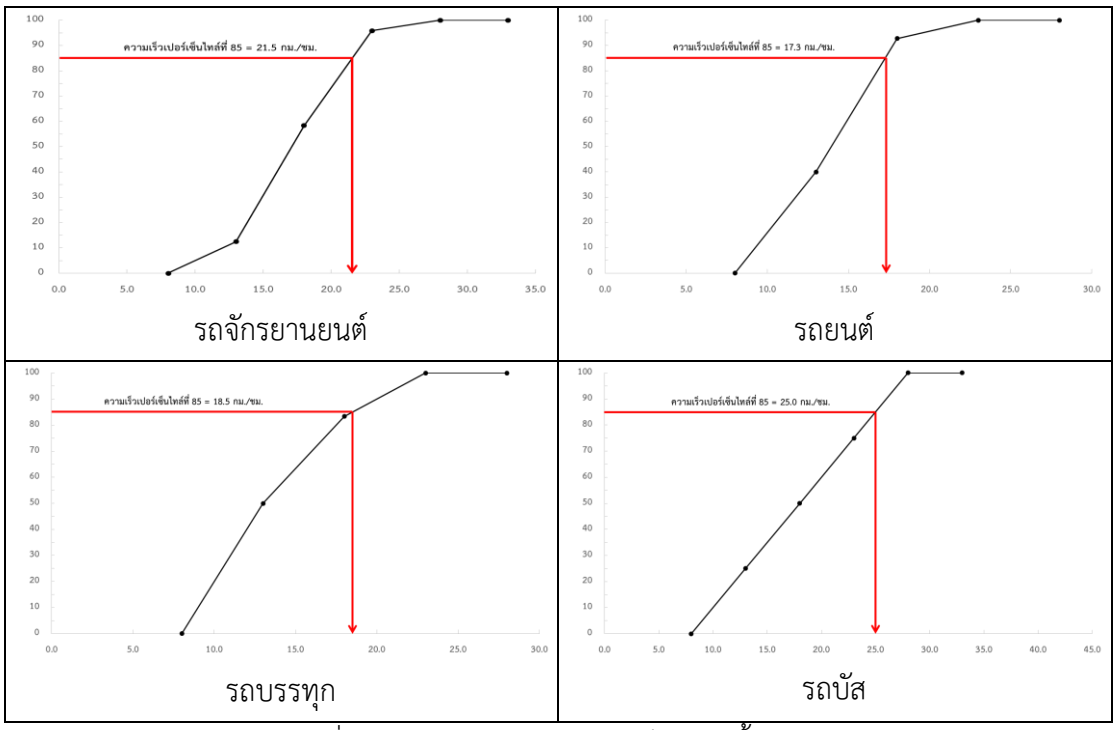
รูปที่ ข-2ข ทิศทาง A-01 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย



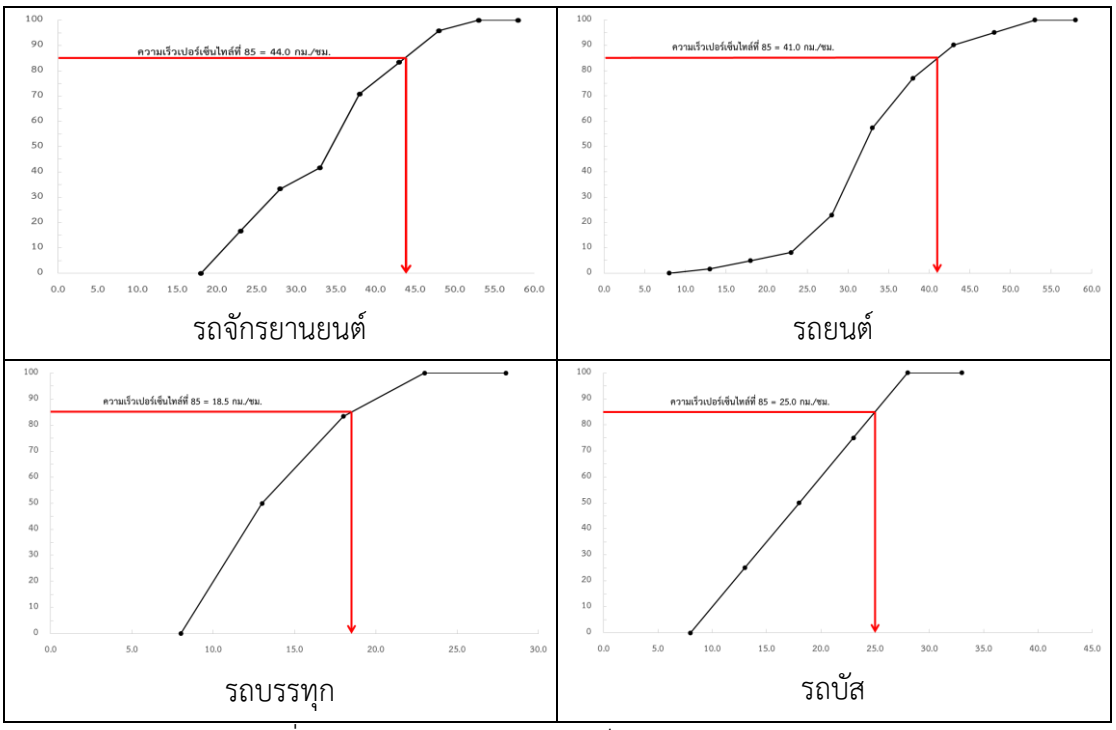
รูปที่ ข-2ค ทิศทาง A-01 ความเร็วขณะตรงผ่านทางแยก



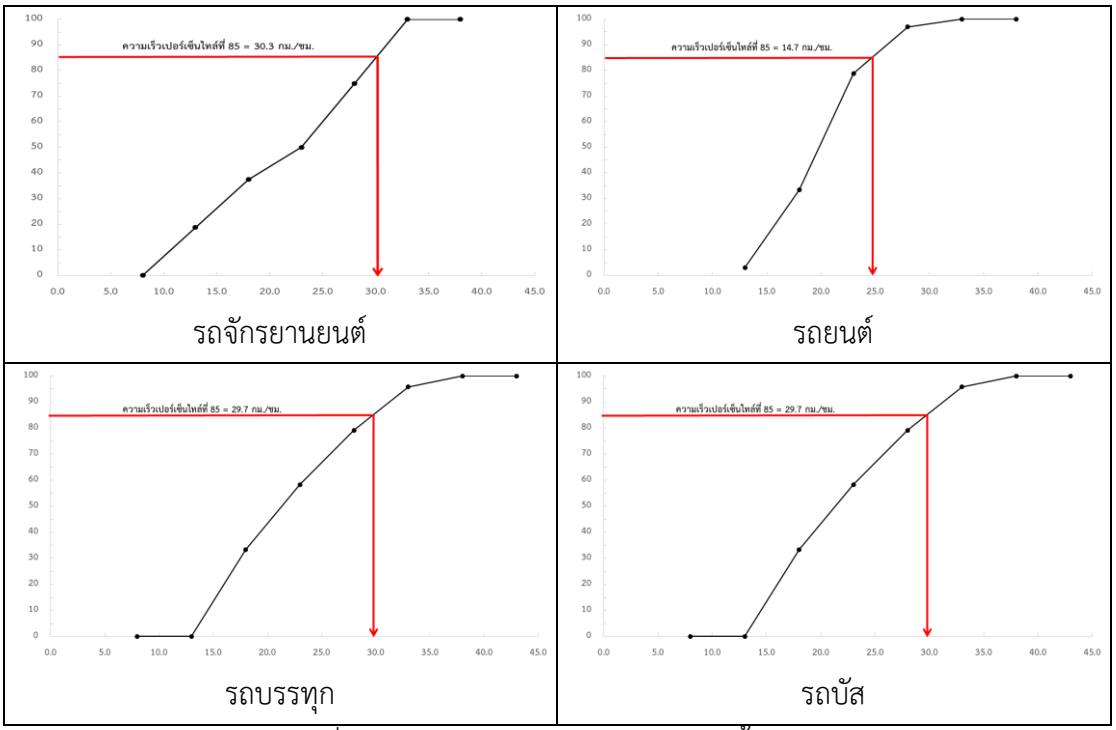
รูปที่ ข-2ง ทิศทาง A-02 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย



รูปที่ ข-2จ ทิศทาง A-02 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา

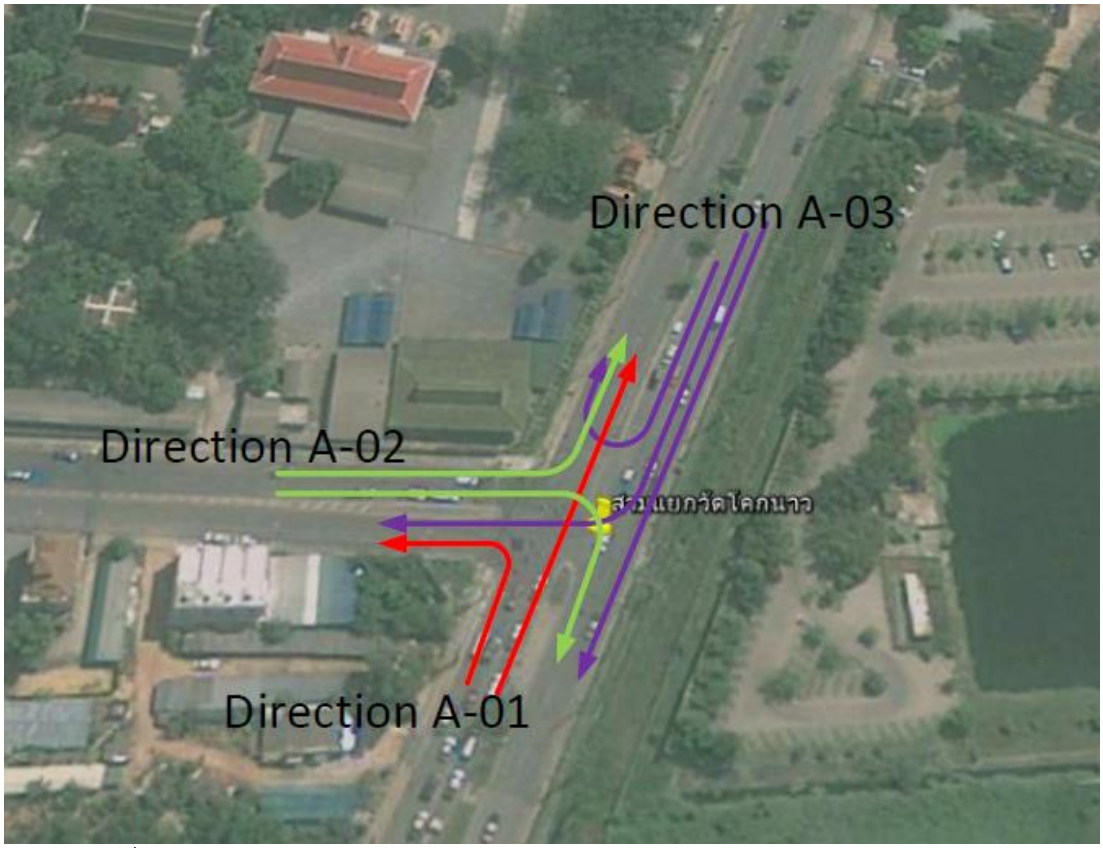


รูปที่ ข-2ฉ ทิศทาง A-03 ความเร็วขณะตรงผ่านทางแยก



รูปที่ ข-2ช ทิศทาง A-03 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา

ภาคผนวก ข-3 ผลการสำรวจปริมาณการจราจรและความเร็วบริเวณทางแยกโคกนาว



รูปที่ ข-3ก ทิศทางการสำรวจปริมาณการจราจรและความเร็วบริเวณทางแยกโคกนาว

คำอธิบายอักษรย่อประเภทยานพาหนะในตารางที่ ข-3

MC	หมายถึง	รถจักรยานยนต์
PC	หมายถึง	รถยนต์ส่วนบุคคล
TT	หมายถึง	รถตุ๊กตุ๊ก
ST	หมายถึง	รถสองแถวโดยสารสาธารณะ
Van	หมายถึง	รถตู้โดยสารสาธารณะ
6 W	หมายถึง	รถบรรทุกขนาดกลาง (6 ล้อ)
Bus	หมายถึง	รถบัส
Tr	หมายถึง	รถบรรทุกขนาดใหญ่

ตารางที่ ข-3 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกโคกนาว

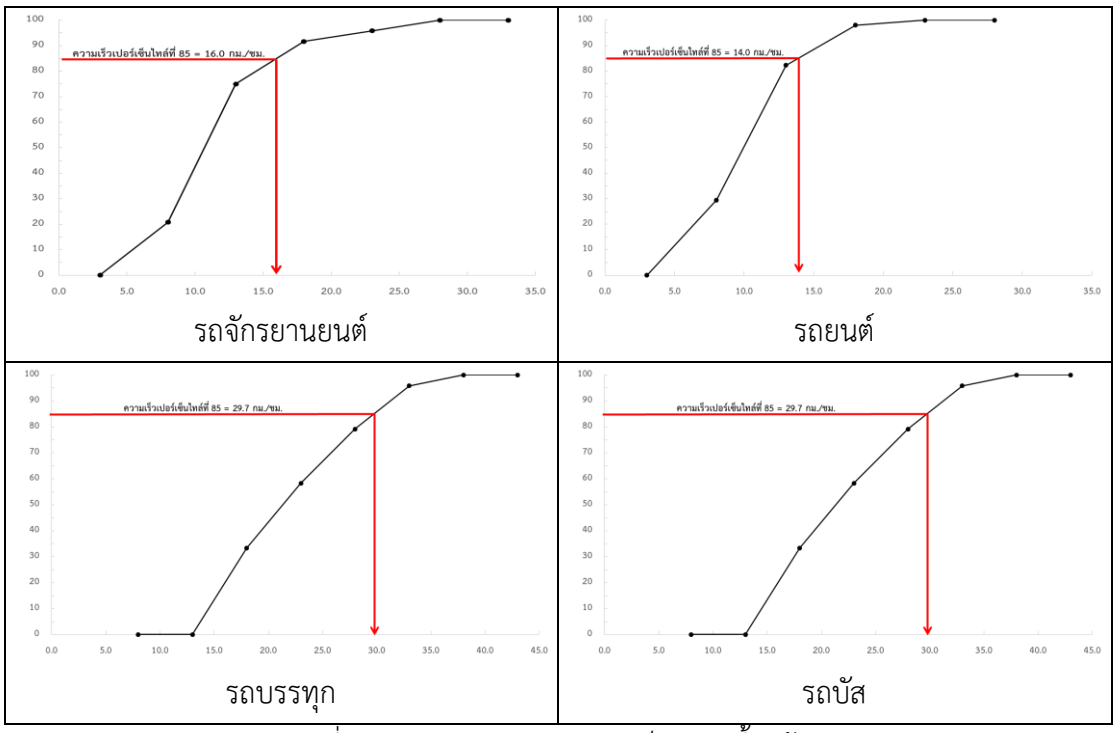
Direction	Time Interval	Turn Left to A-02								Straight to A-03							
		MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr
A-01	07.00-07.10	51	56	-	1	2	-	-	-	72	128	1	6	2	1	1	-
	07.10-07.20	82	54	2	-	3	-	-	-	91	161	2	6	4	1	-	2
	07.20-07.30	110	73	-	1	3	-	-	-	96	115	1	14	6	3	4	-
	07.30-07.40	113	71	-	1	2	1	-	-	141	164	1	5	5	1	2	-
	07.40-07.50	122	80	1	1	1	2	-	-	163	143	2	11	2	2	1	1
	07.50-08.00	76	46	-	-	2	1	-	-	161	126	1	13	5	1	1	-
	08.00-08.10	92	48	3	-	2	1	-	-	149	134	2	13	10	-	-	-
	08.10-08.20	56	45	1	-	-	1	-	-	94	144	2	18	7	2	-	1
	08.20-08.30	58	54	1	-	-	1	-	-	98	136	1	24	8	4	1	-
	08.30-08.40	52	51	5	-	-	1	-	-	90	151	1	14	11	3	3	-
	08.40-08.50	60	45	1	1	1	1	-	-	70	128	1	9	7	4	-	-
	08.50-09.00	37	50	3	-	-	-	-	-	75	145	1	7	10	4	-	2
A-01	16:00 - 16:10	65	47	2	-	2	-	-	-	59	81	1	8	1	1	-	3
	16:10 - 16:20	41	40	2	-	-	-	-	-	95	122	1	9	5	-	4	4
	16:20 - 16:30	56	65	1	-	5	-	-	-	98	127	1	6	2	-	1	3
	16:30 - 16:40	58	59	1	-	1	-	-	-	123	140	4	18	6	-	2	1
	16:40 - 16:50	50	66	3	-	1	-	-	-	80	126	2	7	8	-	1	4
	16:50 - 17:00	63	66	1	-	4	1	-	-	107	174	4	20	6	1	1	2
	17:00 - 17:10	55	51	2	-	1	-	-	-	138	167	1	25	5	4	2	2
	17:10 - 17:20	64	48	1	-	2	-	1	-	123	118	1	13	5	-	2	2
	17:20 - 17:30	87	45	1	-	1	-	-	-	180	127	4	10	7	2	1	3
	17:30 - 17:40	76	38	2	-	1	-	-	-	114	138	3	10	7	1	2	2
	17:40 - 17:50	69	60	3	-	4	-	-	-	154	206	2	13	6	1	2	2
	17:50 - 18:00	84	59	3	-		-	-	-	138	158	1	6	8	3	1	1

ตารางที่ ข-3 ปริมาณการจราจรที่บริเวณทางแยกโคกนาว (ต่อ)

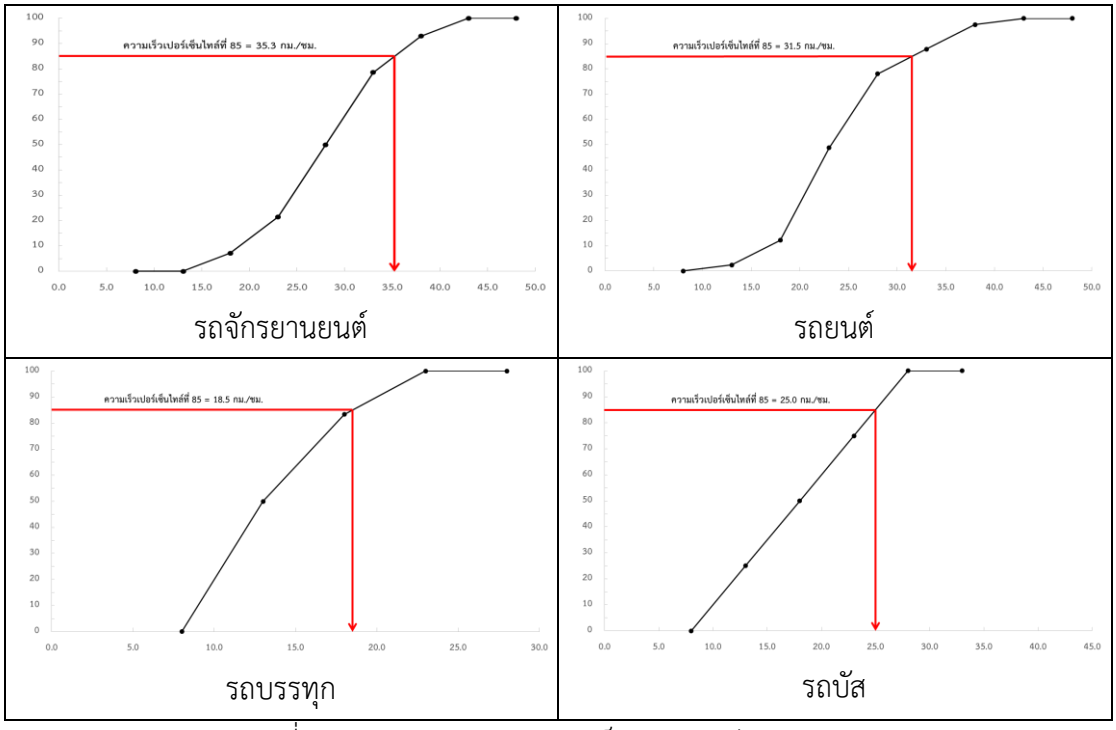
Direction	Time Interval	Turn Left to A-03								Turn Right to A-01							
		MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr
A-02	07.00-07.10	15	20	4	2	4	-	-	-	22	33	2	-	1	-	-	-
	07.10-07.20	26	19	3	1	4	1	-	-	41	42	-	-	3	-	-	-
	07.20-07.30	29	18	2	-	5	-	-	-	40	45	-	-	1	-	-	-
	07.30-07.40	27	20	4	-	3	-	-	-	75	66	-	-	2	-	-	-
	07.40-07.50	25	23	5	1	2	-	-	-	96	52	-	-	2	-	-	-
	07.50-08.00	26	19	2	2	1	-	-	-	68	56	-	-	-	1	-	-
	08.00-08.10	18	11	3	-	1	1	2	-	81	80	1	-	4	1	-	-
	08.10-08.20	13	11	4	-	-	-	1	-	64	58	1	-	1	-	-	1
	08.20-08.30	13	8	4	-	1	-	-	-	40	49	-	-	1	-	-	-
	08.30-08.40	7	5	4	-	-	-	-	-	26	43	1	-	1	-	-	-
	08.40-08.50	10	11	1	-	-	1	-	-	43	47	1	-	1	1	-	-
	08.50-09.00	9	8	1	-	1	-	-	-	32	28	1	-	1	1	-	-
A-02	16:00 - 16:10	11	23	-	-	-	-	-	-	43	59	-	-	-	-	-	-
	16:10 - 16:20	8	16	-	-	-	-	-	-	47	85	-	-	-	-	-	-
	16:20 - 16:30	12	15	-	-	-	-	-	-	65	84	2	-	2	-	-	-
	16:30 - 16:40	15	16	-	-	-	1	-	-	65	67	2	1	-	-	-	-
	16:40 - 16:50	11	12	-	-	-	-	-	-	101	85	2	-	1	-	-	-
	16:50 - 17:00	8	15	1	-	-	-	-	-	52	55	-	2	-	-	-	-
	17:00 - 17:10	16	14	-	-	-	-	-	-	90	78	-	1	-	-	-	-
	17:10 - 17:20	10	16	-	-	1	-	-	-	111	113	-	-	1	-	-	-
	17:20 - 17:30	13	23	-	-	-	-	-	-	114	69	2	-	2	-	-	-
	17:30 - 17:40	10	21	2	-	1	-	-	-	130	103	2	-	1	-	-	-
	17:40 - 17:50	20	24	2	-	-	-	-	-	103	69	-	-	-	-	-	-
	17:50 - 18:00	10	12	1	-	-	-	-	-	137	103	2	-	1	-	-	-

ตารางที่ ข-3 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกโคกนาว (ต่อ)

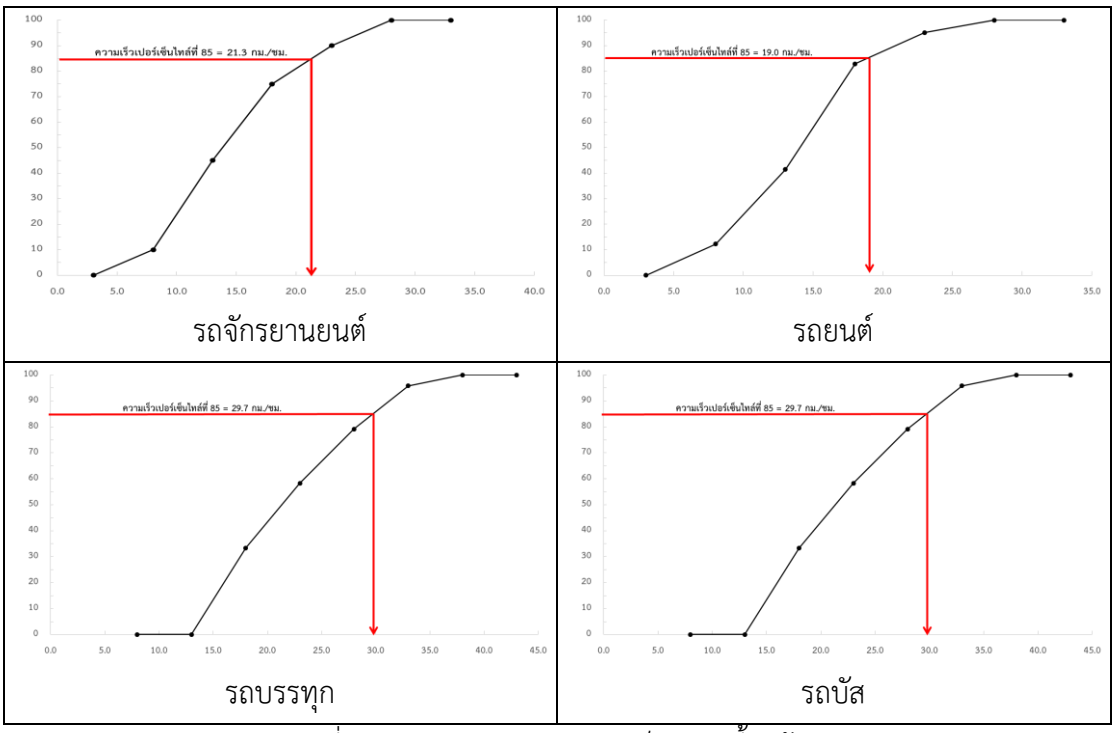
Direction	Time Interval	Straight to A-01								Turn Right to A-02								U-Turn							
		MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr
A-03	07.00-07.10	102	48	4	22	15	3	6	-	19	24	5	-	6	-	1	-	10	17	-	5	3	-	-	-
	07.10-07.20	97	126	2	12	13	4	6	-	23	39	-	-	5	-	-	-	12	10	2	1	-	-	-	-
	07.20-07.30	118	112	1	8	5	1	5	3	16	30	-	-	5	-	-	-	8	19	-	-	-	-	-	-
	07.30-07.40	114	113	3	13	9	3	2	-	23	37	3	-	-	-	-	-	9	21	2	1	-	-	-	-
	07.40-07.50	159	114	2	17	13	4	-	-	24	43	1	-	-	-	-	-	11	17	1	-	-	-	-	-
	07.50-08.00	147	119	1	12	11	2	-	-	26	22	2	-	-	-	-	-	7	7	-	3	-	-	-	-
	08.00-08.10	83	136	2	17	10	4	2	1	20	32	3	-	1	-	-	-	12	10	-	2	-	-	-	-
	08.10-08.20	127	144	1	16	14	6	6	3	18	30	3	-	1	-	-	-	3	14	2	1	-	-	-	-
	08.20-08.30	107	145	9	25	13	5	2	5	13	29	4	-	2	-	-	-	4	17	1	1	-	-	-	-
	08.30-08.40	82	150	4	15	10	7	1	1	20	16	3	-	2	-	-	-	10	12	2	2	-	-	-	-
	08.40-08.50	79	172	2	17	13	9	1	4	11	31	1	-	-	-	-	-	5	19	-	-	2	-	-	-
	08.50-09.00	76	131	3	13	8	7	2	4	6	22	1	-	3	-	-	-	3	11	3	-	-	-	-	-
A-03	16:00 - 16:10	51	121	1	2	7	1	1	-	23	31	-	-	1	-	1	-	15	20	-	2	4	-	-	-
	16:10 - 16:20	58	166	3	7	4	1	-	2	24	37	2	-	-	-	2	-	17	15	-	-	-	-	-	-
	16:20 - 16:30	81	117	1	12	5	-	-	1	28	28	1	-	2	-	-	-	11	14	1	-	2	-	-	-
	16:30 - 16:40	136	161	2	13	6	3	1	-	73	42	1	-	3	-	-	-	7	18	2	-	-	-	-	-
	16:40 - 16:50	134	160	2	17	7	4	1	-	53	64	2	-	-	-	-	-	7	20	-	-	-	-	-	-
	16:50 - 17:00	99	150	1	9	5	1	-	-	41	56	2	-	-	-	-	-	10	9	1	3	-	-	-	-
	17:00 - 17:10	126	162	2	16	8	3	-	-	24	36	1	-	2	-	-	-	7	13	2	2	-	-	-	-
	17:10 - 17:20	102	100	4	13	8	3	1	-	33	62	3	-	-	-	-	-	9	15	-	1	-	-	-	-
	17:20 - 17:30	108	110	-	9	5	2	1	1	33	36	1	-	-	-	-	-	3	13	-	1	-	-	-	-
	17:30 - 17:40	165	158	1	12	9	4	1	1	35	47	-	-	-	-	-	1	11	16	1	2	-	-	-	-
	17:40 - 17:50	92	115	-	9	2	2	3	-	45	47	-	-	1	-	-	-	4	19	-	-	2	-	-	-
	17:50 - 18:00	113	159	-	18	10	1	-	1	31	32	3	-	1	-	-	-	8	13	2	-	-	-	-	-



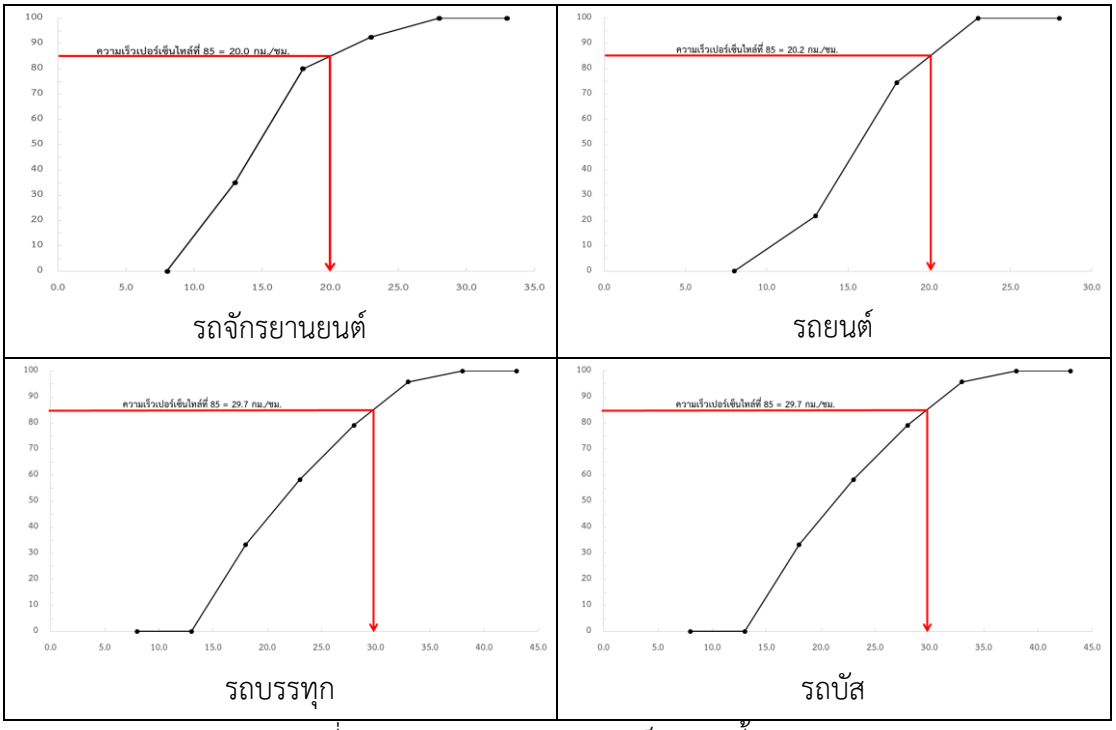
รูปที่ ข-3ข ทิศทาง A-01 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย



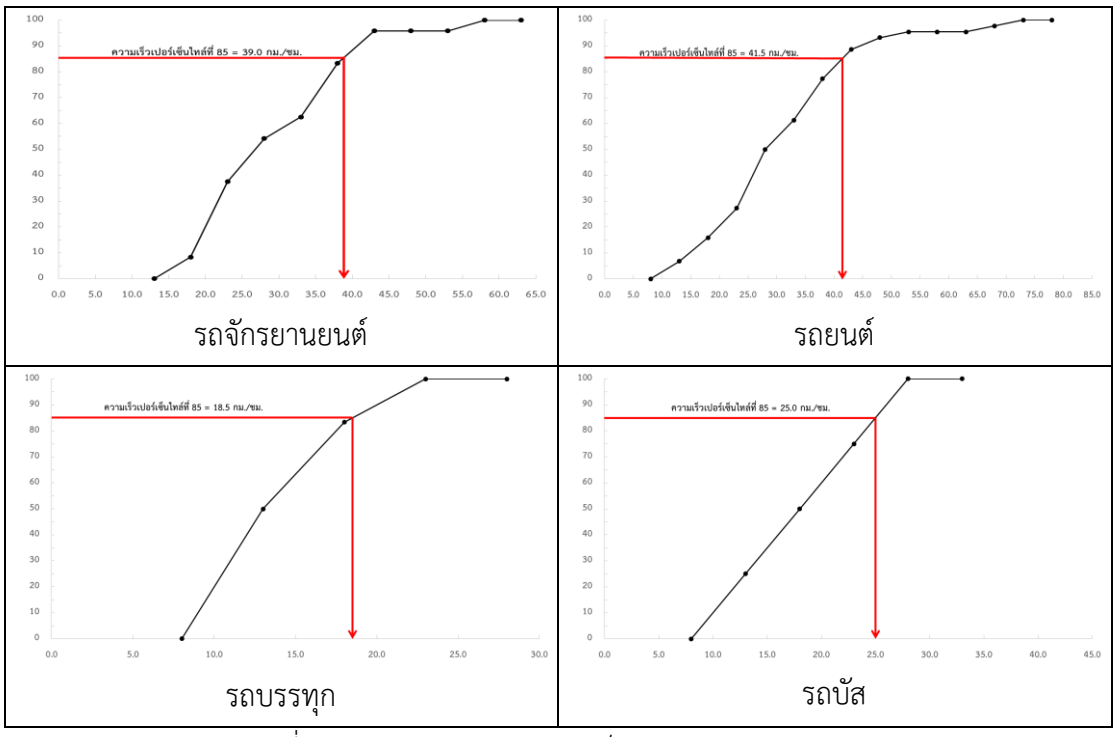
รูปที่ ข-3ค ทิศทาง A-01 ความเร็วขณะตรงผ่านทางแยก



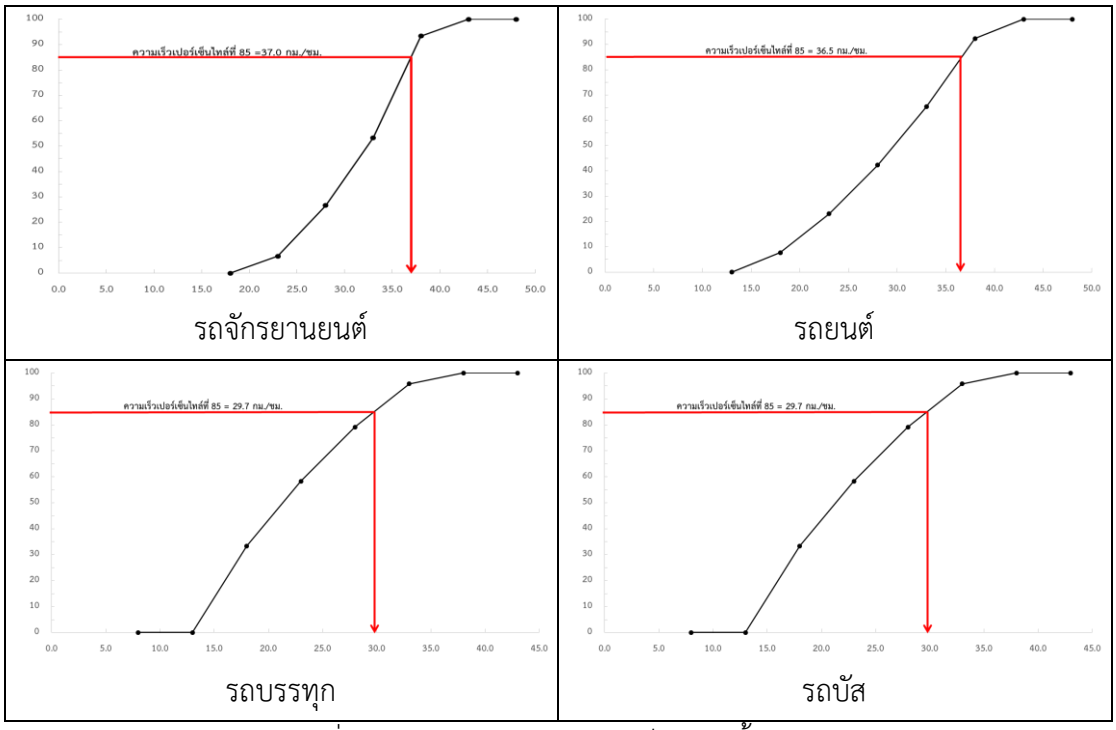
รูปที่ ข-3ง ทิศทาง A-02 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย



รูปที่ ข-3จ ทิศทาง A-02 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา

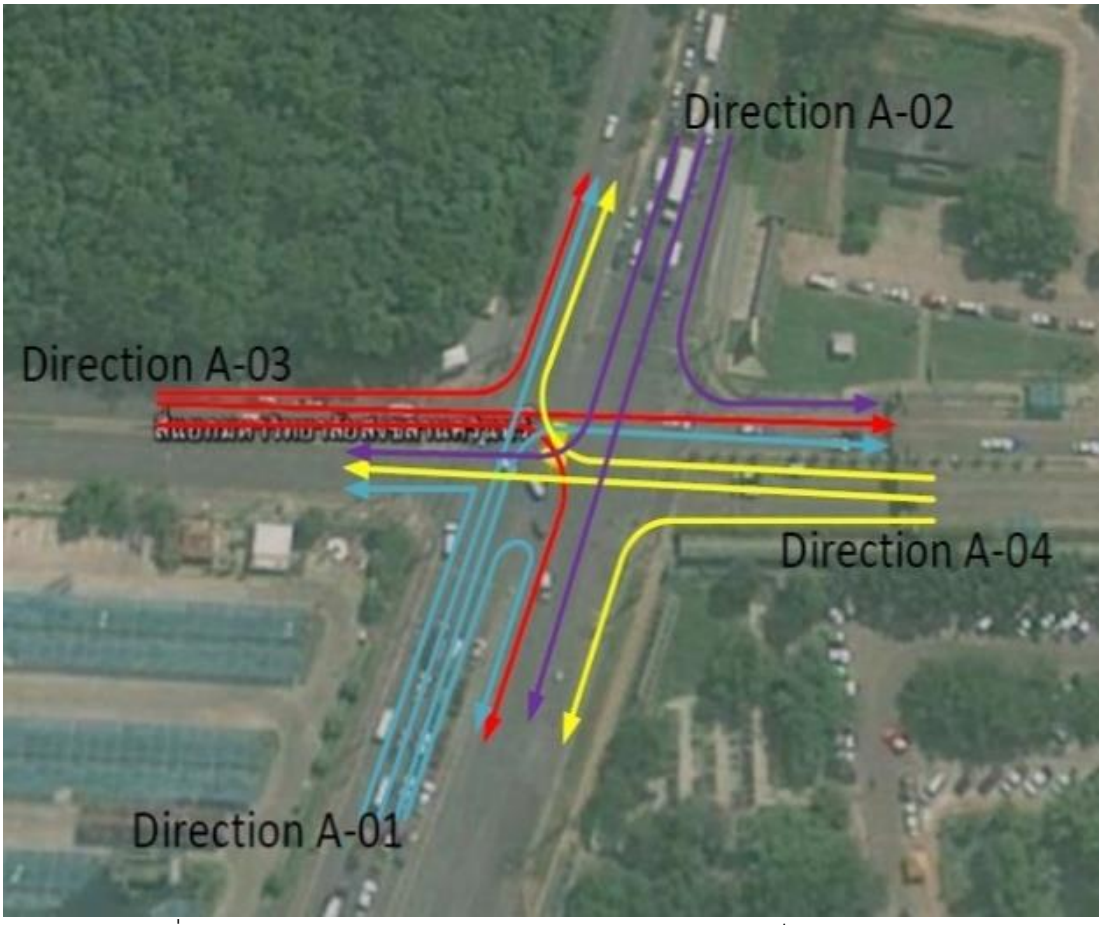


รูปที่ ข-3ฉ ทิศทาง A-03 ความเร็วขณะตรงผ่านทางแยก



รูปที่ ข-3ช ทิศทาง A-03 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา

ภาคผนวก ข-4 ผลการสำรวจปริมาณการจราจรและความเร็วบริเวณทางแยก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



รูปที่ ข-4ก ทิศทางการสำรวจปริมาณการจราจรและความเร็วบริเวณทางแยก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คำอธิบายอักษรย่อประเภทยานพาหนะในตารางที่ ข-4

MC	หมายถึง	รถจักรยานยนต์
PC	หมายถึง	รถยนต์ส่วนบุคคล
TT	หมายถึง	รถตุ๊กตุ๊ก
ST	หมายถึง	รถสองแถวโดยสารสาธารณะ
Van	หมายถึง	รถตู้โดยสารสาธารณะ
6 W	หมายถึง	รถบรรทุกขนาดกลาง (6 ล้อ)
Bus	หมายถึง	รถบัส
Tr	หมายถึง	รถบรรทุกขนาดใหญ่

ตารางที่ ข-4 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Direction	Time Interval	Turn Left to A-03								Straight A-02								Turn Right A-04								U-Turn				
		MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van
A-01	07.00-07.10	2	4	-	-	-	-	-	-	55	70	3	14	1	2	1		16	21	1	-	1	-	-	-	11	18	-	1	1
	07.10-07.20	17	11	1	-	1	-	-	-	108	70	2	13	5	3	-	-	15	26	-	-	-	-	-	-	7	16	-	1	-
	07.20-07.30	4	8	1	-	-	-	1	-	55	70	2	4	3	4	1	-	20	33	1	-	1	-	-	-	16	18	2	-	2
	07.30-07.40	7	17	-	-	-	1	-	-	89	65	1	16	3	1	2	-	17	37	-	-	3	-	-	-	29	28	-	-	1
	07.40-07.50	16	48	-	-	1	-	-	-	154	139	1	16	3	4	2	-	21	39	1	-	-	-	1	-	31	34	1	-	2
	07.50-08.00	17	18	-	-	-	-	-	-	139	75	-	14	4	1	1	-	31	54	-	-	2	-	-	-	26	30	2	-	1
	08.00-08.10	14	12	-	-	-	-	-	-	150	94	2	20	7	-	2	-	38	54	-	-	2	-	-	-	23	20	4	-	-
	08.10-08.20	11	10	1	-	-	-	-	-	64	55	1	13	2	-	-	-	18	41	1	-	2	-	-	-	42	24	3	1	4
	08.20-08.30	8	5	-	-	1	1	-	-	88	91	2	20	11	4	5	-	24	57	3	-	-	-	1	-	8	16	3	-	1
	08.30-08.40	7	12	-	-	3	-	-	-	34	72	-	17	1	3	4	-	17	44	1	-	2	-	-	-	24	18	-	-	2
	08.40-08.50	5	7	-	-	2	-	-	-	58	102	-	18	10	4	4	-	18	43	1	-	2	-	-	-	16	16	3	-	1
	08.50-09.00	9	12	-	-	1	-	-	1	54	130	2	11	8	7	1	-	28	51	1	-	5	-	-	-	10	22	1	-	-
A-01	16:00 - 16:10	18	45	1	-	-	-	-	-	56	103	-	15	4	2	-	-	9	13	1	-	1	-	-	-	9	18	2	-	2
	16:10 - 16:20	11	7	-	-	-	-	-	-	68	95	-	11	2	5	3	-	10	25	3	-	1	-	-	-	9	15	-	-	-
	16:20 - 16:30	18	10	1	1	4	-	-	-	74	120	1	11	11	2	-	-	20	30	3	-	-	-	1	-	15	17	-	-	2
	16:30 - 16:40	15	15	1	-	1	1	-	-	68	88	-	12	4	3	1	-	21	17	1	-	-	-	-	-	7	18	-	-	-
	16:40 - 16:50	18	18	-	-	1	-	-	-	103	121	1	18	11	4	-	-	21	27	1	-	1	-	-	-	18	7	-	-	1
	16:50 - 17:00	16	14	1	2	2	-	-	-	62	75	-	15	2	1	1	-	16	18	2	-	-	-	-	-	11	15	1	-	-
	17:00 - 17:10	9	10	1	-	1	-	-	-	95	110	-	17	6	3	1	-	16	27	-	1	-	-	-	-	15	14	1	-	1
	17:10 - 17:20	22	22	-	1	-	-	-	-	112	114	-	12	5	3	-	1	21	22	2		1	-	-	-	18	13	3	-	-
	17:20 - 17:30	17	20	2	-	-	-	-	-	70	95	-	13	6	-	-	-	14	15	-	-	-	-	-	-	7	4	-	-	1
	17:30 - 17:40	10	9	-	-	2	-	-	-	69	99	1	6	3	1	1	-	21	24	1	-	1	-	-	-	10	18	1	-	1
	17:40 - 17:50	18	20	1	-	3	-	-	-	128	101	-	15	6	1	1	-	15	22	-	-	-	-	-	-	13	9	-	-	1
	17:50 - 18:00	13	7	-	-	1	-	-	-	77	102	1	6	6	-	1	-	19	36	1	-	1	-	-	-	12	12	-	-	-

ตารางที่ ข-4 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ต่อ)

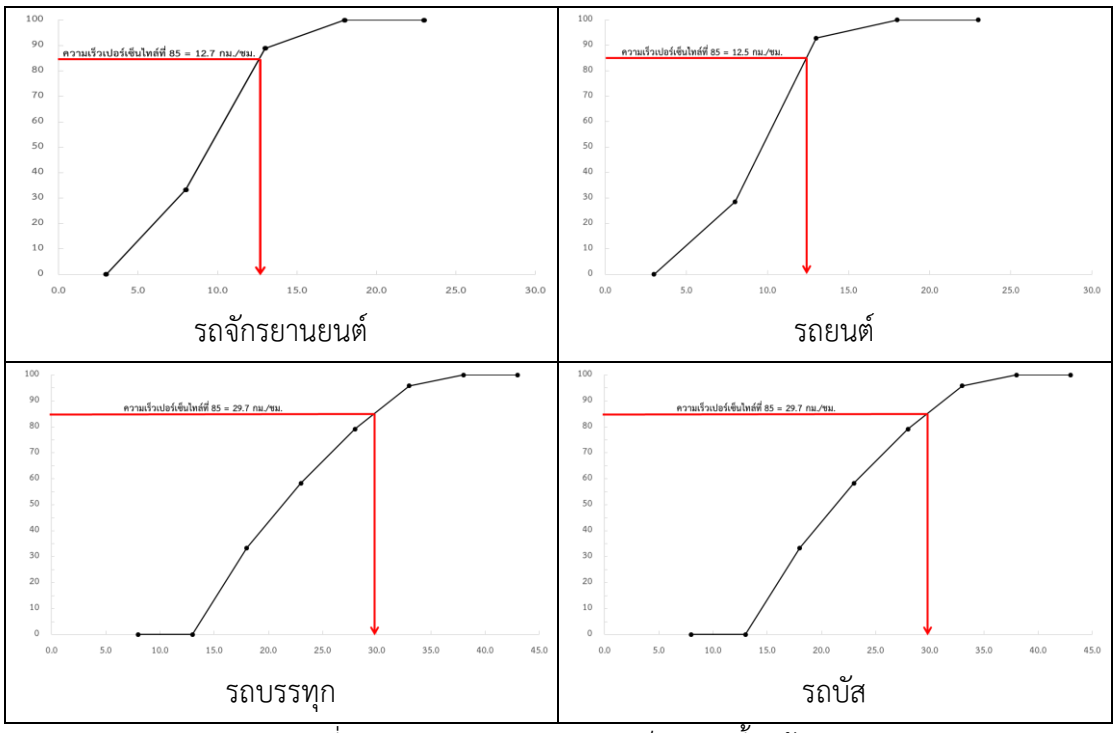
Direction	Time Interval	Turn Left to A-04								Straight to A-01								Turn Right to A-03							
		MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr
A-02	07.00-07.10	14	23	-	-	-	-	-	-	78	69	-	20	15	1	-	8	7	6	-	-	-	-	-	-
	07.10-07.20	33	43	1	-	3	-	-	-	76	87	-	9	6	-	2	-	31	48	1	-	-	-	-	-
	07.20-07.30	41	44	-	-	1	-	-	-	86	88	2	8	7	1	1	2	13	18	-	-	-	-	-	-
	07.30-07.40	56	54	-	1	2	-	-	-	148	115	1	13	2	4	3	1	34	59	-	-	-	-	-	-
	07.40-07.50	47	41	-	-	1	-	3	-	178	132	-	17	4	3	1	-	24	36	-	-	1	-	-	-
	07.50-08.00	55	64	-	-	2	-	-	-	114	78	-	11	9	1	-	-	27	24	-	-	-	1	-	-
	08.00-08.10	71	61	-	-	1	-	-	-	135	139	-	17	5	6	2	-	28	39	-	-	-	1	-	-
	08.10-08.20	49	57	-	-	1	-	-	-	113	126	2	16	6	5	4	5	16	39	-	-	2	1	1	-
	08.20-08.30	53	72	-	1	3	1	1	-	65	105	1	7	5	5	2	2	17	13	-	-	-	-	-	-
	08.30-08.40	44	54	-	-	-	-	-	-	75	135	-	13	5	7	1	2	9	48	-	-	-	-	-	1
	08.40-08.50	32	51	-	-	3	-	-	-	60	120	1	14	5	6	1	4	8	18	1	-	1	-	-	
	08.50-09.00	50	39	1	-	2	-	-	-	48	83	2	10	8	6	2	3	20	21	-	-	-	-	-	1
A-02	16:00 - 16:10	8	24	1	-	2	-	-	-	97	126	3	11	9	-	-	-	7	21	1	-	-	-	-	-
	16:10 - 16:20	16	21	-	-	-	-	2	-	38	81	2	9	5	2	2	-	6	32	-	-	-	-	-	-
	16:20 - 16:30	10	25	-	1	-	-	1	-	72	139	1	15	4	-	1	-	16	40	-	-	-	-	-	-
	16:30 - 16:40	21	23	1	-	-	-	-	-	100	135	-	12	12	3	1	-	7	34	1	-	-	-	-	-
	16:40 - 16:50	16	34	-	-	-	-	1	-	74	88	1	9	4	1	-	-	21	61	-	-	2	-	-	-
	16:50 - 17:00	16	25	-	-	-	-	-	-	105	120	-	15	7	1	-	-	19	32	1	-	1	1	1	-
	17:00 - 17:10	17	29	-	-	1	-	-	-	73	79	1	8	8	-	1	-	12	30	-	-	-	-	-	-
	17:10 - 17:20	12	29	-	-	2	-	1	-	115	124	-	13	11	4	-	-	16	56	-	-	-	-	-	-
	17:20 - 17:30	14	17	-	-	-	-	-	-	83	78	-	11	2	2	-	1	10	20	-	-	-	-	-	-
	17:30 - 17:40	13	24	-	-	-	-	-	-	96	129	1	12	5	1	1	1	18	34	-	-	-	-	-	-
	17:40 - 17:50	13	26	-	-	-	-	-	-	101	104	2	11	7	-	1	1	11	26	-	-	-	-	-	-
	17:50 - 18:00	12	40	-	-	1	-	-	1	131	109	1	18	7	-	-	1	23	35	-	-	2	-	-	-

ตารางที่ ข-4 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ต่อ)

Direction	Time Interval	Turn Left to A-02								Straight to A-04								Turn Right to A-01							
		MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr
A-03	07.00-07.10	7	10	-	-	-	-	-	-	12	24	1	-	3	-	-	-	27	24	-	-	-	-	-	-
	07.10-07.20	4	17	-	-	3	-	-	-	15	26	-	-	1	-	-	-	5	3	-	-	-	-	-	-
	07.20-07.30	5	17	-	-	-	-	-	-	22	41	-	-	2	-	-	-	19	17	-	-	1	-	-	-
	07.30-07.40	6	14	-	-	-	-	-	-	26	53	2	-	1	-	-	-	18	17	-	-	1	-	-	-
	07.40-07.50	6	11	1	-	2	-	-	-	46	66	-	-	1	-	-	-	21	18	-	-	1	-	-	-
	07.50-08.00	5	10	-	-	-	-	-	-	54	42	-	-	1	-	-	-	22	14	-	-	-	-	-	-
	08.00-08.10	4	11	1	-	-	-	-	-	53	67	1	-	2	-	-	-	10	10	-	-	1	-	-	-
	08.10-08.20	3	13	-	-	1	-	-	-	57	55	2	-	2	-	-	-	24	19	-	-	1	1	-	-
	08.20-08.30	5	20	-	-	1	-	-	1	31	46	2	-	2	-	-	-	13	7	-	-	1	-	-	-
	08.30-08.40	10	15	-	-	-	-	-	-	63	59	1	-	2	-	-	-	11	14	-	-	1	-	-	-
	08.40-08.50	5	9	1	-	1	-	-	-	57	24	1	-	4	-	-	-	9	21	-	-	1	-	-	-
	08.50-09.00	6	5	-	-	-	-	-	-	43	36	2	-	3	-	-	-	10	11	-	-	1	-	-	-
A-03	16:00 - 16:10	1	6	-	-	-	-	-	-	12	24	1	-	2	-	-	-	5	4	1	-	-	-	-	-
	16:10 - 16:20	8	14	-	-	3	-	-	-	16	15	1	-	1	-	-	-	14	15	-	-	-	-	-	-
	16:20 - 16:30	6	11	-	-	-	-	-	-	30	44	-	-	-	-	-	-	6	8	-	-	2	-	-	-
	16:30 - 16:40	8	13	-	-	-	-	-	-	15	30	-	-	-	-	-	-	34	15	-	-	-	-	-	-
	16:40 - 16:50	10	13	-	-	2	-	-	-	34	52	2	-	1	-	-	-	26	20	-	-	-	-	-	-
	16:50 - 17:00	4	18	1	-	-	-	-	-	24	39	-	-	-	-	-	-	24	12	-	-	-	-	-	-
	17:00 - 17:10	14	13	-	-	-	-	-	-	48	67	-	-	-	-	-	-	22	20	-	-	-	-	-	-
	17:10 - 17:20	8	12	-	-	1	-	-	-	22	20	-	-	-	-	-	-	26	11	-	-	-	-	-	-
	17:20 - 17:30	11	26	-	-	1	-	-	1	41	50	1	-	-	-	-	-	34	18	-	-	-	-	-	-
	17:30 - 17:40	3	15	-	-	-	-	-	-	25	31	1	-	-	-	-	-	29	18	-	-	-	-	-	-
	17:40 - 17:50	7	11	-	-	1	-	-	-	28	53	-	-	-	-	-	-	20	15	-	-	1	-	-	-
	17:50 - 18:00	10	19	-	-	-	-	-	-	10	16	1	-	1	-	-	-	20	18	2	-	-	-	-	-

ตารางที่ ข-4 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ต่อ)

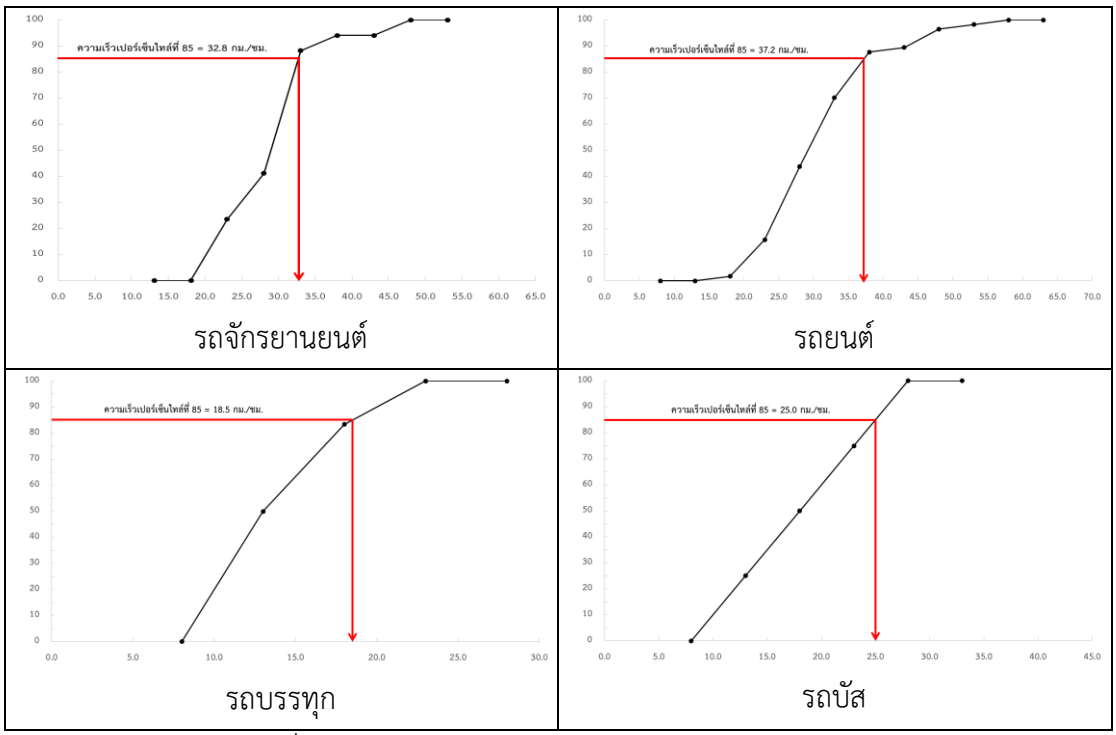
Direction	Time Interval	Turn Left to A-01								Straight to A-03								Turn Right to A-02							
		MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr	MC	PC	TT	ST	Van	6 W	Bus	Tr
A-04	07.00-07.10	3	8	-	-	-	-	-	-	13	16	-	-	2	-	-	-	16	31	-	-	1	-	-	-
	07.10-07.20	-	4	-	-	-	-	1	-	6	37	-	-	-	-	1	-	23	64	-	-	2	-	3	-
	07.20-07.30	3	14	-	-	-	-	1	-	8	23	-	-	-	-	-	-	10	30	1	-	2	-	2	-
	07.30-07.40	9	5	-	-	-	-	-	-	8	33	1	-	-	-	-	-	21	35	-	-	1	-	-	-
	07.40-07.50	6	9	-	-	1	-	-	-	9	48	-	-	-	-	-	-	21	61	1	-	-	-	-	-
	07.50-08.00	7	5	-	-	-	-	-	-	17	26	-	1	1	-	-	-	16	50	-	-	2	-	1	-
	08.00-08.10	10	6	-	-	1	-	-	-	15	16	1	-	-	-	-	-	15	35	-	-	-	-	-	-
	08.10-08.20	7	6	-	-	-	-	-	-	8	27	1	-	3	-	-	-	21	34	-	-	-	-	-	-
	08.20-08.30	6	13	-	-	1	-	-	-	10	11	2	-	1	-	-	-	22	40	1	-	2	-	-	-
	08.30-08.40	3	5	-	-	-	-	-	-	7	5	-	-	-	-	-	-	17	37	-	-	1	-	-	-
	08.40-08.50	5	15	-	-	-	-	-	-	31	47	2	-	2	-	-	-	12	32	-	-	3	-	-	-
	08.50-09.00	8	10	1	-	-	-	-	-	23	20	1	-	1	-	-	-	24	27	-	-	2	-	-	-
A-04	16:00 - 16:10	12	5	1	-	1	-	-	-	49	33	-	-	1	-	1	-	31	34	-	-	-	-	-	-
	16:10 - 16:20	8	11	-	-	-	-	-	-	54	41	1	-	-	-	-	-	31	30	-	-	2	-	-	-
	16:20 - 16:30	10	18	2	-	-	-	-	-	35	27	1	-	-	-	-	-	42	47	-	-	2	1	-	-
	16:30 - 16:40	9	18	2	-	-	1	-	-	84	68	-	-	-	-	-	-	121	87	-	1	5	-	-	-
	16:40 - 16:50	12	21	-	-	1	-	1	-	90	65	-	-	1	-	-	-	63	65	2	-	1	1	-	-
	16:50 - 17:00	17	29	2	-	2	1	-	-	74	57	2	-	1	-	-	-	57	62	1	1	-	-	-	-
	17:00 - 17:10	6	19	2	-	-	-	-	-	64	58	-	-	1	-	-	-	45	54	-	-	-	-	-	-
	17:10 - 17:20	15	25	1	-	2	-	-	-	31	43	1	-	-	-	-	-	29	74	-	-	-	-	-	-
	17:20 - 17:30	16	27	1	-	2	-	-	-	53	50	3	-	-	-	-	-	43	64	-	-	-	-	-	-
	17:30 - 17:40	5	21	-	-	6	-	-	-	39	35	1	-	-	-	-	-	26	33	-	-	-	-	-	-
	17:40 - 17:50	20	20	-	-	2	-	-	-	34	42	-	-	-	-	-	-	30	54	-	-	-	-	-	-
	17:50 - 18:00	18	24	-	-	1	-	-	-	65	48	-	-	-	-	-	-	36	43	-	-	1	-	-	-



รถจักรยานยนต์ รถยนต์

รถบรรทุก รถบัส

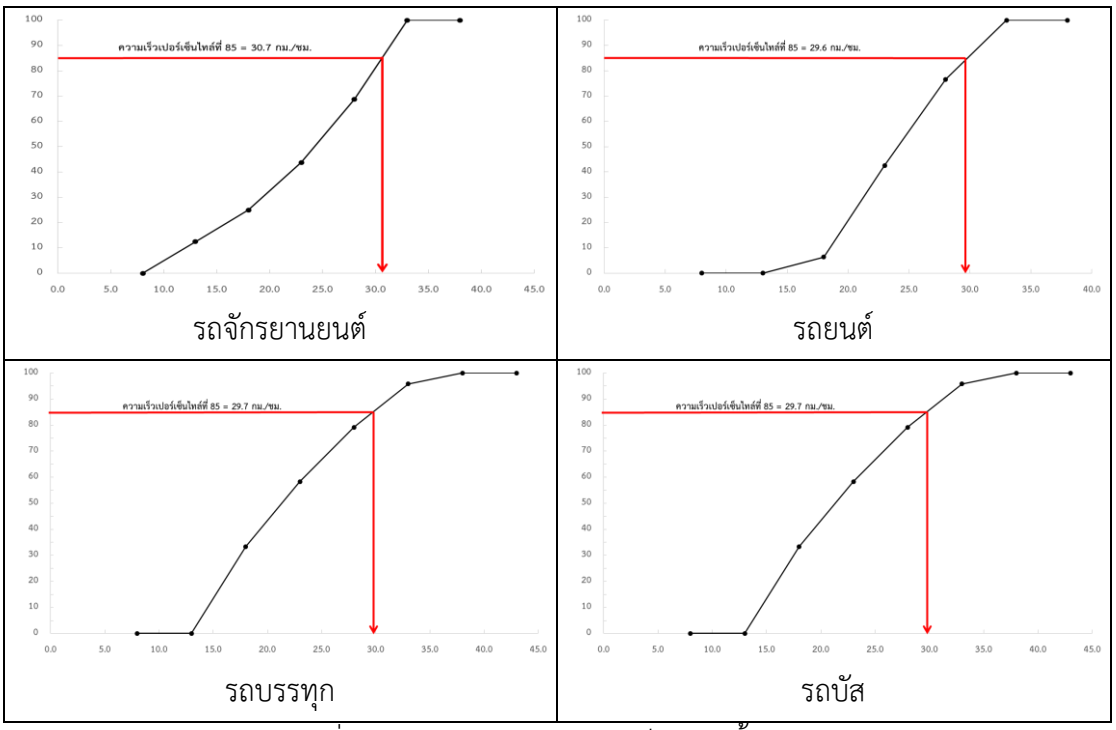
รูปที่ ข-4ข ทิศทาง A-01 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย



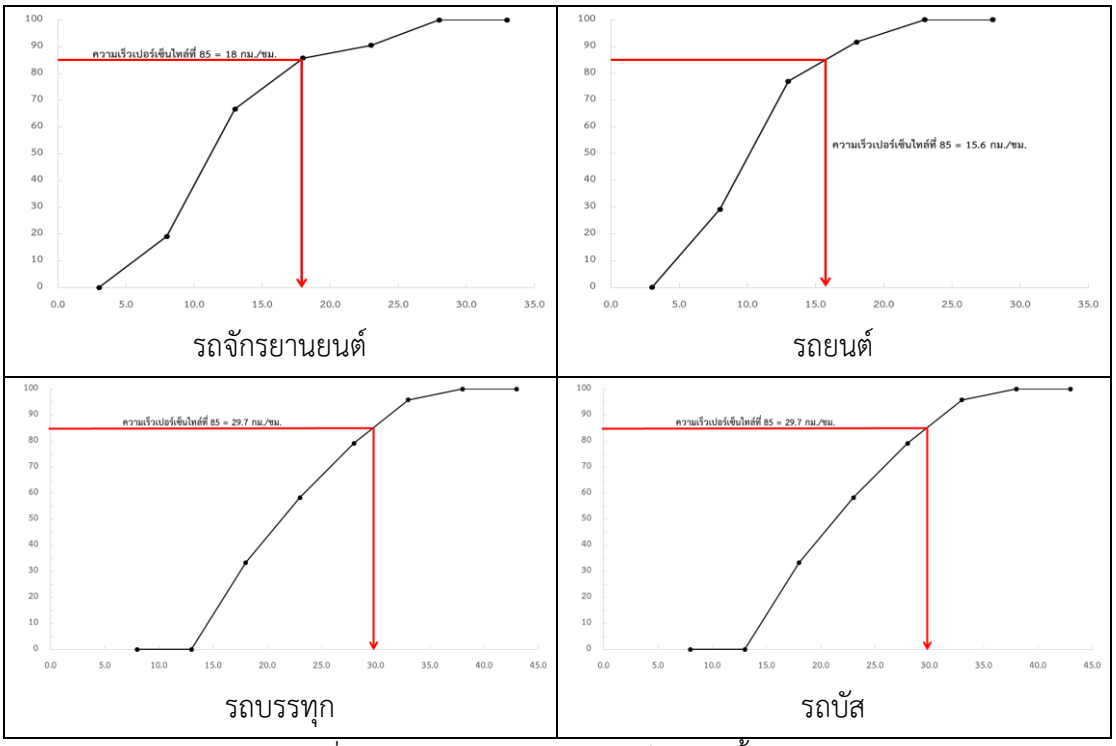
รถจักรยานยนต์ รถยนต์

รถบรรทุก รถบัส

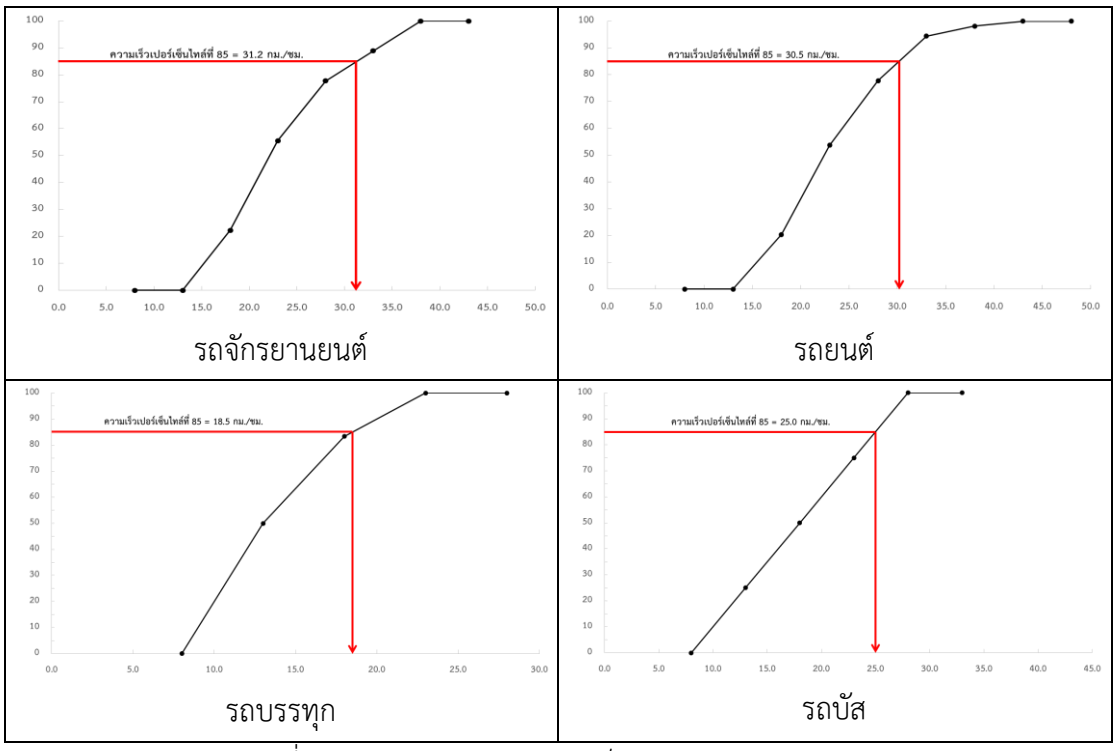
รูปที่ ข-4ค ทิศทาง A-01 ความเร็วขณะตรงผ่านทางแยก



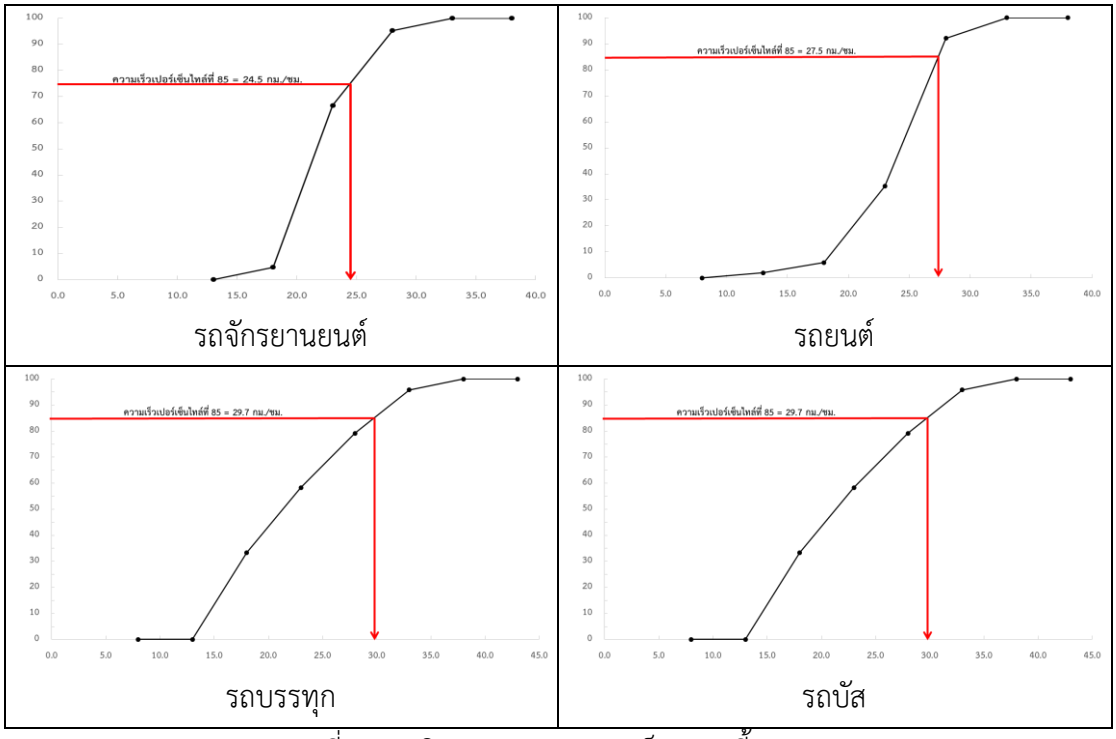
รูปที่ ข-4ง ทิศทาง A-01 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา



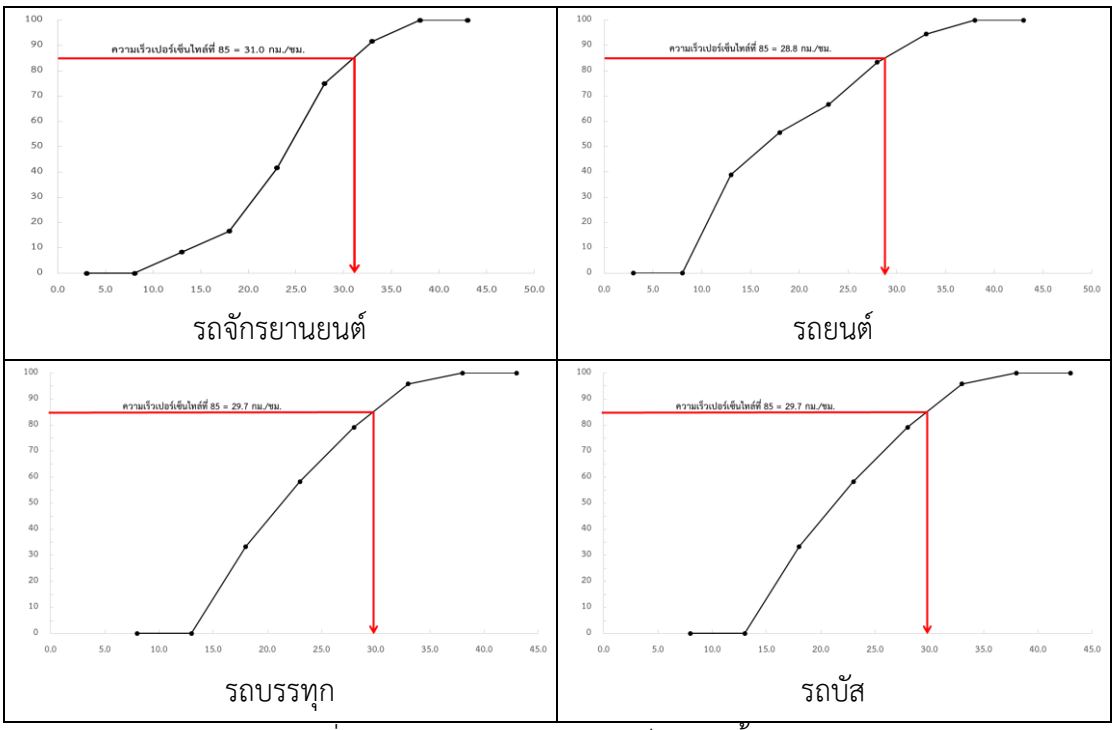
รูปที่ ข-4จ ทิศทาง A-02 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย



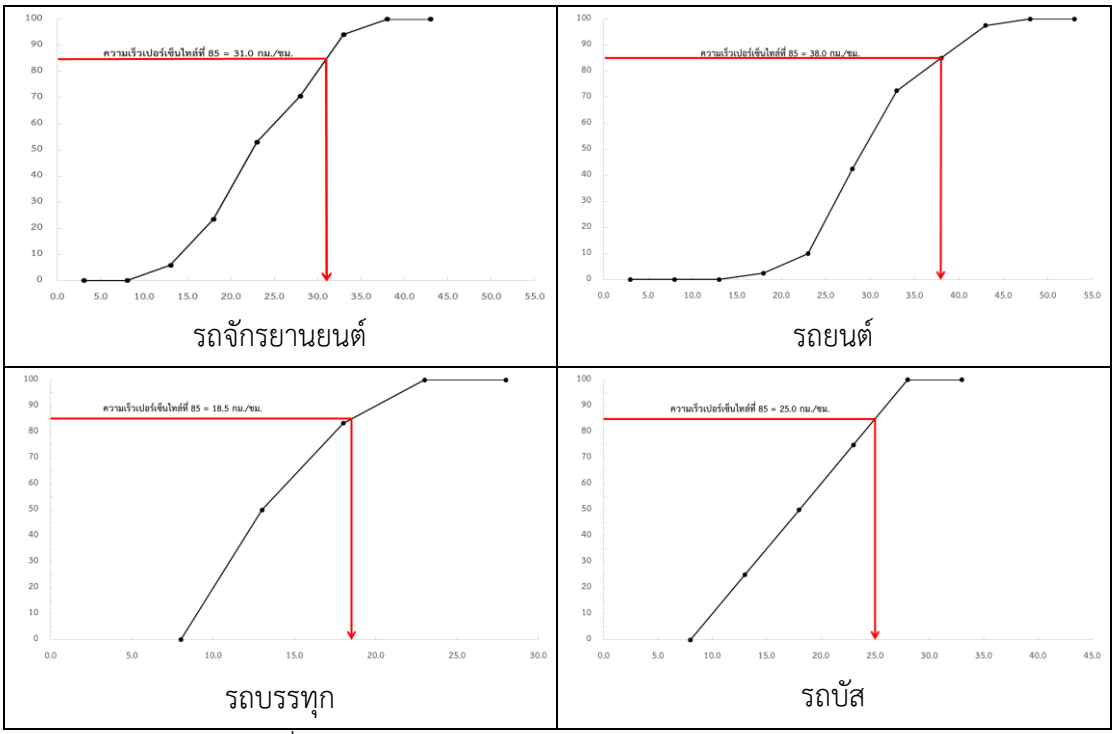
รูปที่ ข-4ฉ ทิศทาง A-02 ความเร็วขณะตรงผ่านทางแยก



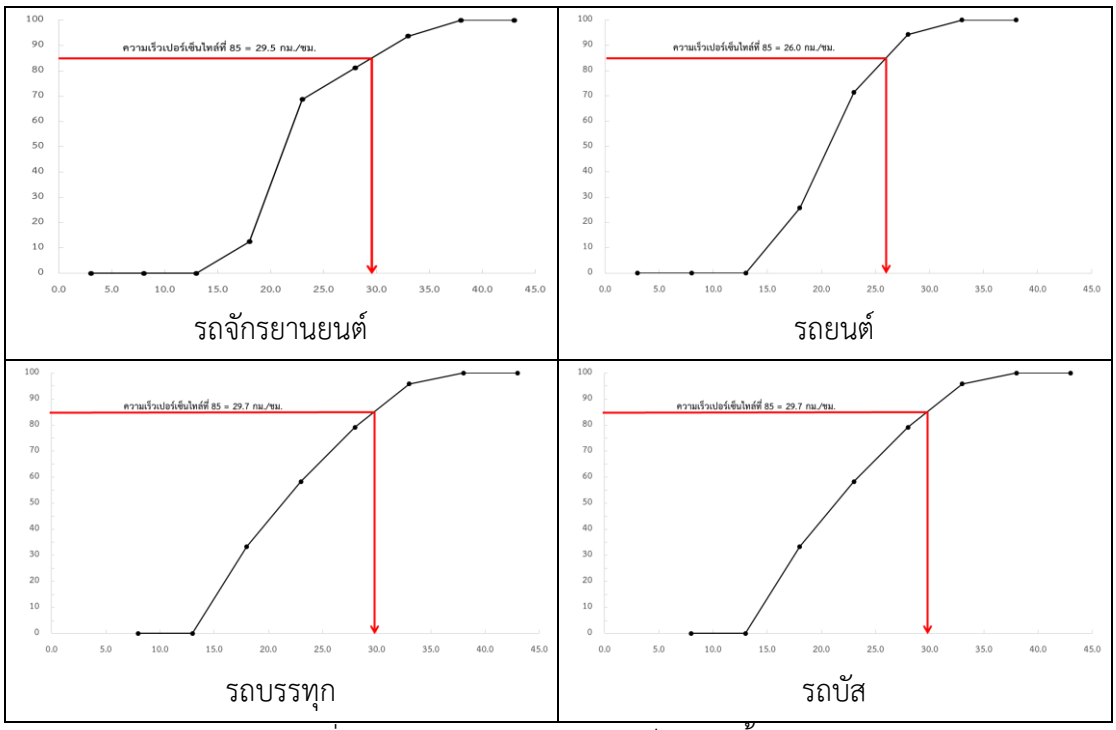
รูปที่ ข-4ช ทิศทาง A-02 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา



รูปที่ ข-4ซ ทิศทาง A-03 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย



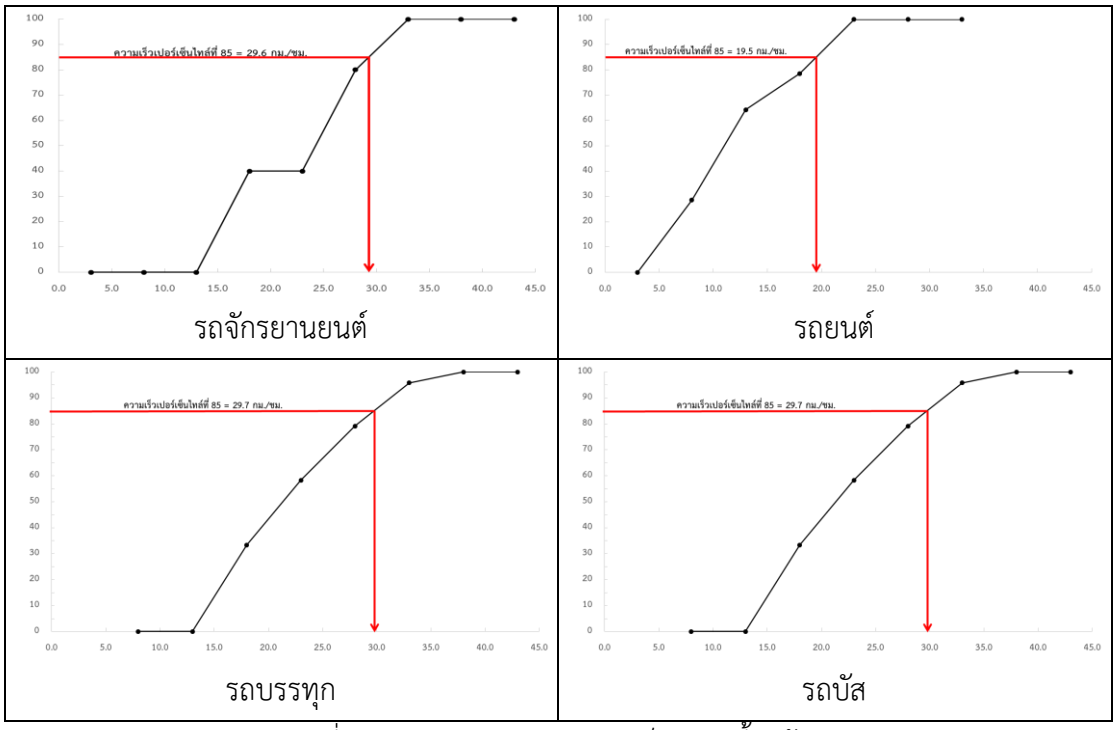
รูปที่ ข-4ฌ ทิศทาง A-03 ความเร็วขณะตรงผ่านทางแยก



รถจักรยานยนต์ รถยนต์

รถบรรทุก รถบัส

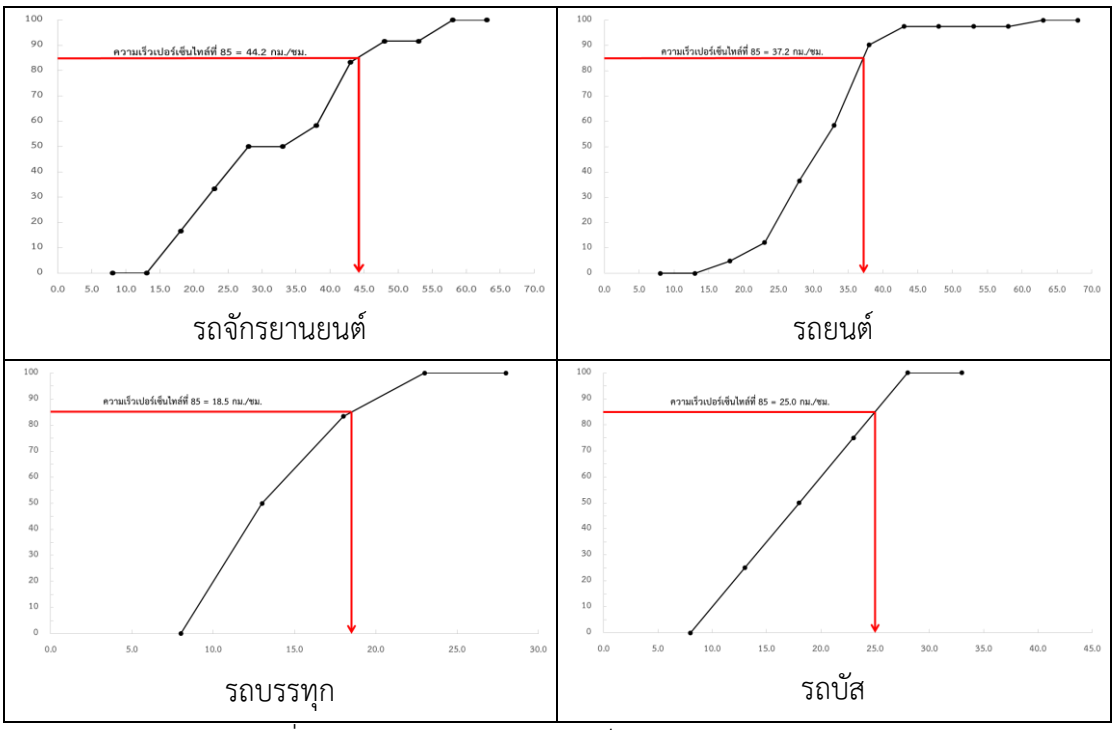
รูปที่ ข-4ญ ทิศทาง A-03 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา



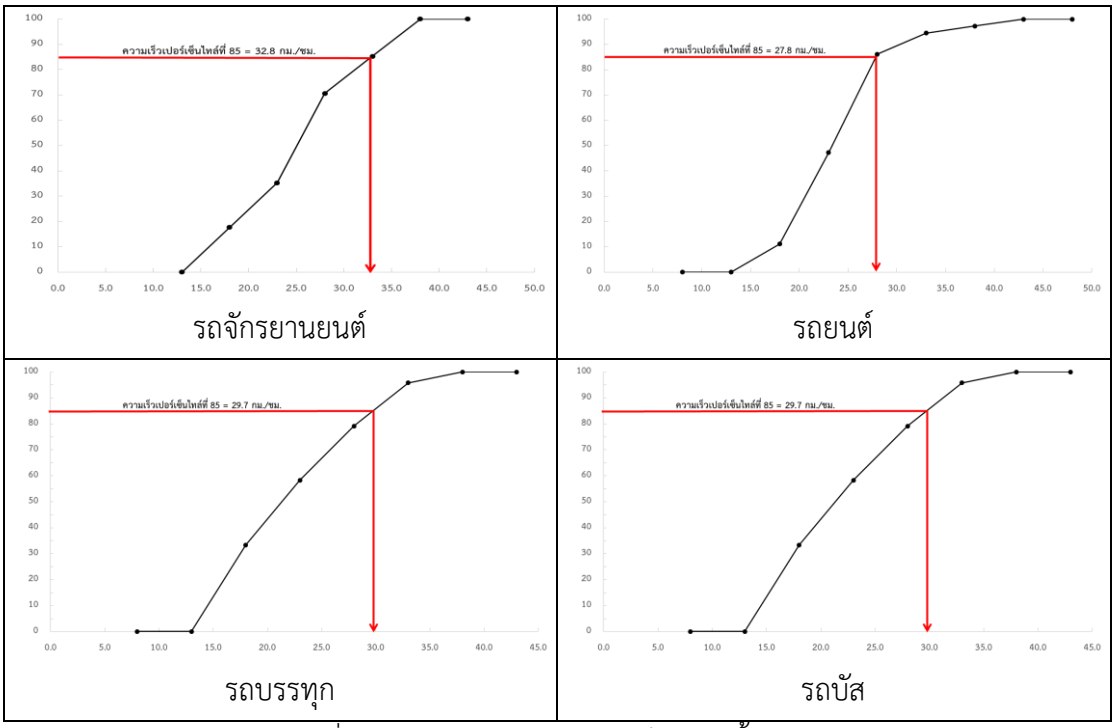
รถจักรยานยนต์ รถยนต์

รถบรรทุก รถบัส

รูปที่ ข-4ฎ ทิศทาง A-04 ความเร็วขณะเลี้ยวซ้าย



รูปที่ ข-4ฎ ทิศทาง A-04 ความเร็วขณะตรงผ่านทางแยก



รูปที่ ข-4ฐ ทิศทาง A-04 ความเร็วขณะเลี้ยวขวา

ภาคผนวก ค
รายละเอียดการประมาณต้นทุนการปรับปรุงทางแยก

ตารางที่ ค-1 รายละเอียดประมาณต้นทุนการปรับปรุงทุกทางแยก

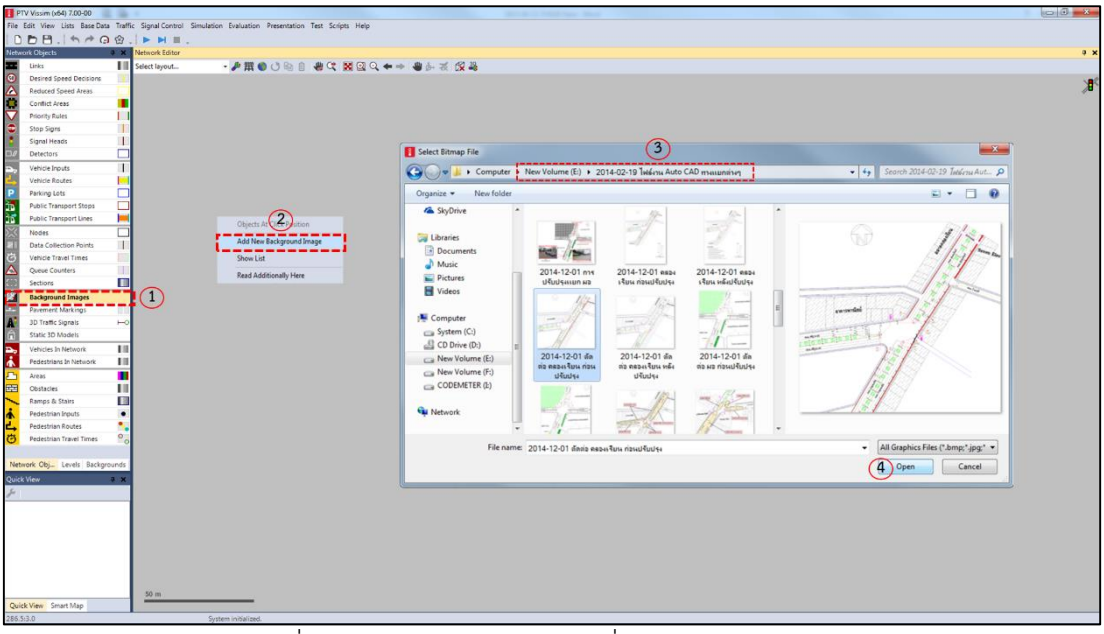
ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	จำนวนเงิน (บาท)
1.	**งานรื้อเกาะกลางถนน**				**121,128.00**
	1.1 งานปรับพื้นที่	1024.00	ตร.ม.	4.00	4,096.00
	1.2 งานรื้อขอบคันหิน	320.00	ม.	78.00	24,960.00
	1.3 งานตัดขอบผิวทาง	320.00	ม.	26.00	8,320.00
	1.4 งานดินตัด	307.00	ลบ.ม.	56.00	17,192.00
	1.5 งานขุดดิน ลึก 35 ซม.	1024.00	ตร.ม.	65.00	66,560.00
2.	**งานเกาะกลางถนน**				**843,974.00**
	2.1 งานขอบคันหิน	320.00	ม.	741.00	237,120.00
	2.2 ดินถมเกาะกลางถนน	307.00	ม.	322.00	98,854.00
	2.3 แผ่นคอนกรีตทางเท้า ขนาด 40 × 40 ซม.	576.00	ตร.ม.	870.00	501,120.00
	2.4 ทาสีขอบคันหิน	80.00	ตร.ม.	86.00	6,880.00
3.	**งานถนนคอนกรีต**				**1,041,708.00**
	3.1 ทรายรองพื้นทาง	102.00	ลบ.ม.	880.00	89,760.00
	3.2 รอยต่อถนนกับรางตื้น	320.00	ม.	62.00	19,840.00
	3.3 รอยต่อตามขอบถนนคอนกรีตกับถนนลาดยาง	320.00	ม.	33.00	10,560.00
	3.4 รอยต่อตามขวาง	340.00	ม.	295.00	100,300.00
	3.5 งานผิวทางคอนกรีต หนา 25 ซม.	1024.00	ตร.ม.	802.00	821,248.00
4.	**งานขีดสีตีเส้น (สีเหลือง)**	**177.00**	**ตร.ม.**	**399.00**	**70,623.00**
5.	**งานขีดสีตีเส้น (สีขาว) และเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง**	**493.00**	**ตร.ม.**	**399.00**	**196,707.00**
	รวม				**2,274,140.00**

ภาคผนวก ง
วิธีการพัฒนาแบบจำลองฐานโดยใช้โปรแกรม VISSIM

ขั้นตอนการจำลองสภาพการจราจรด้วยโปรแกรม VISSIM ซึ่งได้กล่าวไว้โดยย่อในบทที่ 3 หัวข้อย่อยที่ 3.6 เป็นเพียงขั้นตอนของการดำเนินงานเท่านั้น ดังนั้น ในภาคผนวก ง. เป็นการนำเสนอขั้นตอนและรายละเอียดการจำลองสภาพการจราจรซึ่งเป็นตัวอย่างการทำงานของทางแยกคลองเรียน ส่วนการจำลองสภาพการจราจรของทางแยกอื่นๆ มีขั้นตอนที่ใกล้เคียงกัน ดังนี้

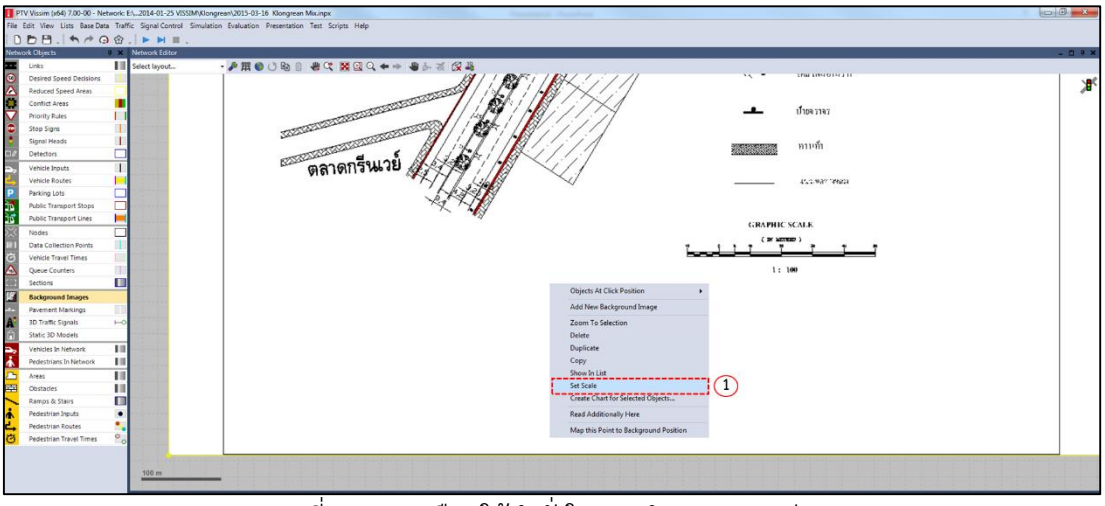
1) การสร้างองค์ประกอบของทางแยก

โดยเลือกคำสั่ง (1) Background Images ทางด้านซ้าย > คลิกขวาบนพื้นที่ว่างสีเทา > (2) คำสั่ง Add New Background Image > (3) ไปยังโฟลเดอร์ที่ทำการบันทึกรูปแผนที่ และเลือกไฟล์รูปแผนที่ของพื้นที่ศึกษา > (4) กดคำสั่ง Open จากนั้นจะปรากฏรูปแผนที่ที่ได้จากการ Add ไฟล์รูปแผนที่ ดังแสดงในรูปที่ ง-1

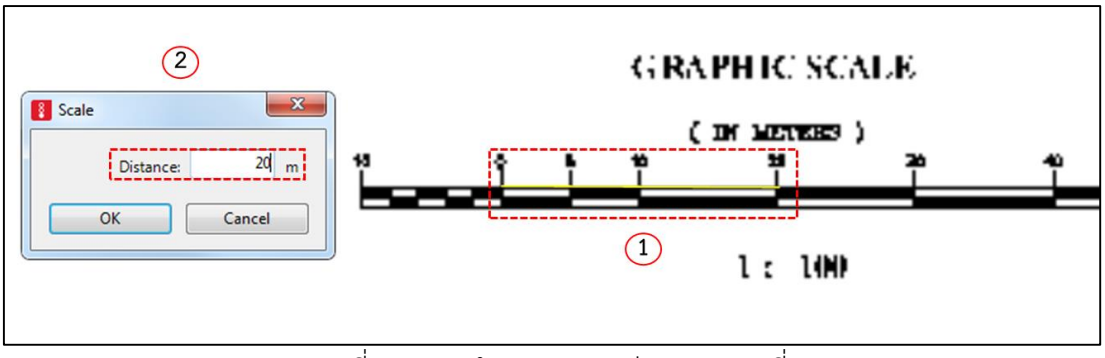


รูปที่ ง-1 การนำเข้าไฟล์รูปแผนที่เข้าโปรแกรม VISSIM

จากนั้น ทำการกำหนดมาตราส่วนของแผนที่ในการจำลองให้มีความเสมือนจริง โดยกดปุ่ม Ctrl + คลิกขวาที่รูปแผนที่ > เลือก > Set Scale จากนั้นให้ใช้เมาส์ลากตาม Scale ที่กำหนดไว้ในแผนที่ เมื่อลากเสร็จแล้ว โปรแกรมจะปรากฏหน้าต่าง Scale ขึ้นมา และพิมพ์ตัวเลขตามมาตราส่วนที่วัดได้ ดังแสดงในรูปที่ ง-2 และรูปที่ ง-3 ตามลำดับ

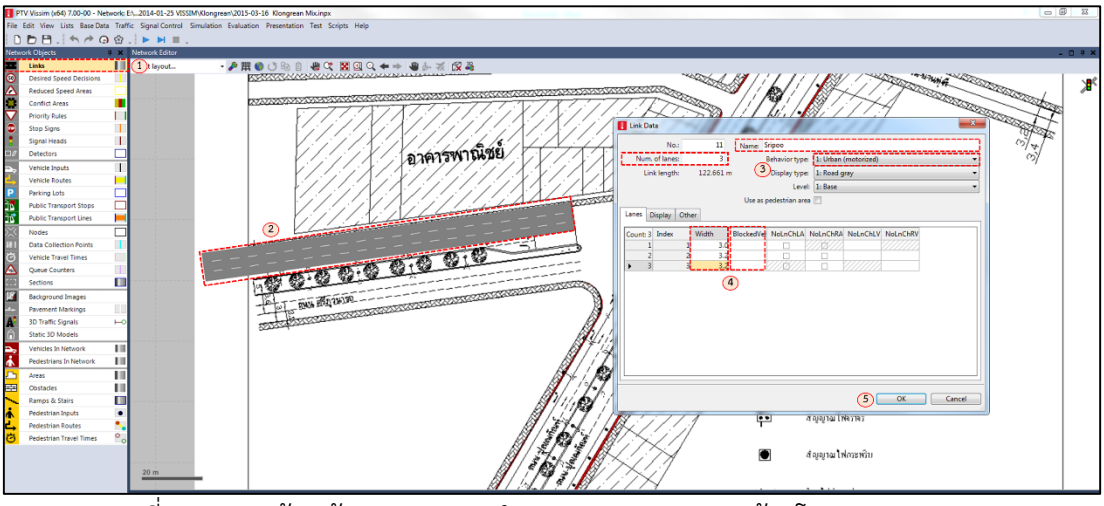


รูปที่ ง-2 การเลือกใช้คำสั่งในการกำหนดมาตรส่วน



รูปที่ ง-3 การกำหนดมาตราส่วนจากแผนที่

ในลำดับถัดไป เป็นการสร้างถนนบนแบบจำลองโดยการเลือกคำสั่ง (1) Link ทางด้านซ้าย > จากนั้นทำการคลิกขวาพร้อมลากจากจุดต้นทางไปยังตำแหน่งเส้นหยุดรถบริเวณทางแยก โดยการลากจะต้องลากไปตามทิศทางการจราจรจริง > ปรากฏหน้าต่าง Link Data > (3) ซึ่งหน้าต่างดังกล่าวจะต้องระบุข้อมูลดังนี้ 1) Num. of Lane: คือ จำนวนช่องจราจร 2) Name: คือ ชื่อถนน 3) เลือก Behavior type > จากนั้น ให้กำหนดความกว้างของช่องจราจรตรงหน้าต่างคำสั่ง (4) Lanes และสามารถกำหนดให้ประเภทของยานพาหนะสามารถวิ่งในช่องจราจรนั้นๆ ได้ ดังแสดงในรูปที่ ง-4 เส้นทางอื่นๆ จัดทำในลักษณะเช่นเดียวกันจนครบทุกทางแยก

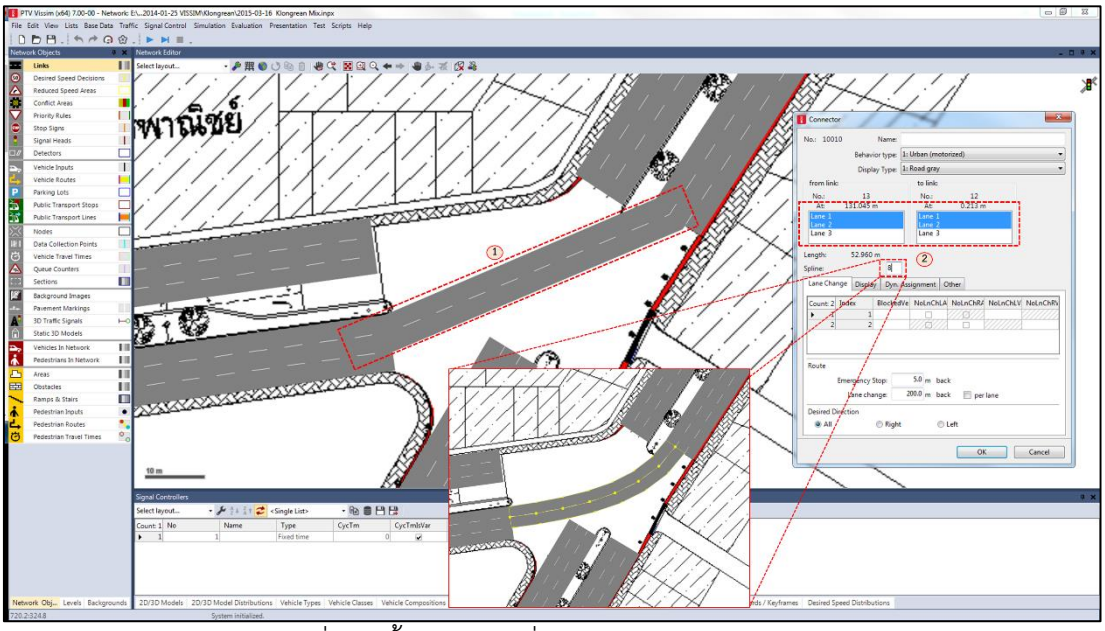


รูปที่ ง-4 การสร้างเส้นทางบนแบบจำลองสภาพการจราจรด้วยโปรแกรม VISSIM

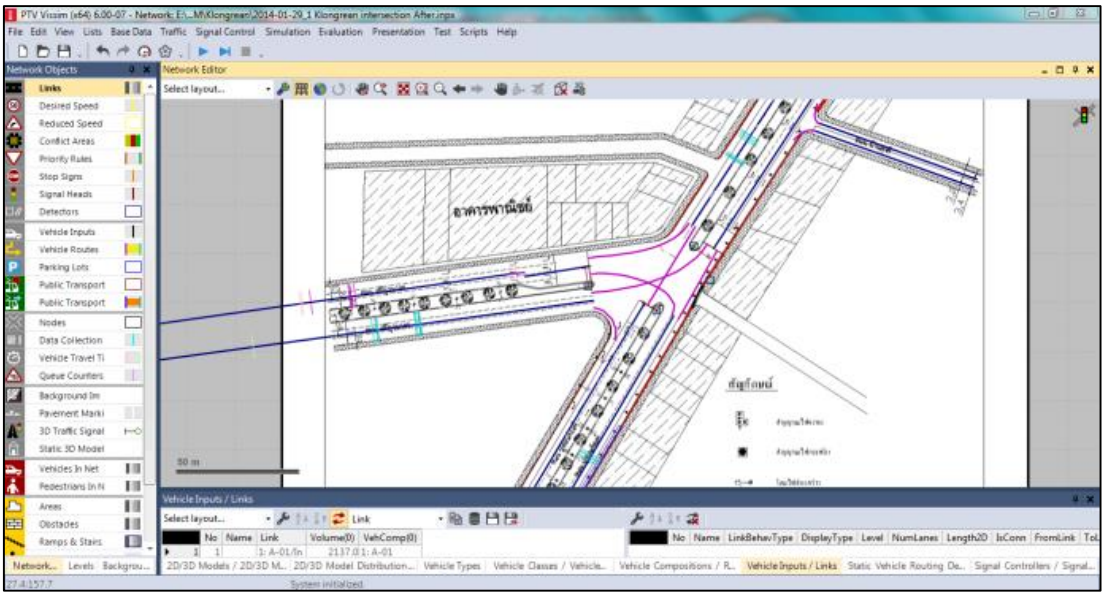
หลังจากสร้าง link เสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การเชื่อมต่อถนนแต่ละเส้นทางเข้าด้วยกัน (connector) จนทำให้เกิดโครงข่ายของถนนบริเวณทางแยก การเชื่อมต่อถนนมีขั้นตอนดังนี้

(1) คลิกเลือก link ต้นทางที่ต้องการเพื่อเชื่อมต่อไปยัง link ปลายทาง > ปรากฏหน้าต่างๆ Connector ทำการระบุช่องจราจรที่จะทำการเชื่อมจำนวนกี่ช่องจราจร จากตัวอย่างจะเห็นว่า from link lane 1,2 to link lane 1,2 นอกจากนี้ การเชื่อมในลักษณะทางโค้งจะต้องปรับลักษณะทางเชื่อมให้เหมือนกับสภาพจริง โดยการเพิ่มจุดเพื่อปรับรัศมีการเลี้ยวโค้งของทางเชื่อม จากนั้น (2) ให้ระบุจำนวนจุดที่จะทำให้เกิดทางเลี้ยวโค้ง (Spline) ซึ่งจากเดิมโปรแกรมกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 2 ซึ่งเป็นลักษณะของเส้นตรงเท่านั้น จากรูปที่ ง-5 เห็นได้ว่า ตัวอย่างได้กำหนดจุดบนทางเชื่อมเท่ากับ 8 มีลักษณะทางเลี้ยวโค้งอย่างสมบูรณ์ ดังแสดงในรูปขยายในรูปที่ ง-5

การเชื่อมทางแยกอื่นๆ ทำในลักษณะเช่นเดียวกันจนครบทั้งทางแยก นอกจากนี้จะต้องทำการตรวจสอบด้วยว่ามีการเชื่อมต่อของเส้นทางถูกต้องหรือไม่ โดยการกดปุ่ม Ctrl + A จะต้องปรากฏเส้นสีชมพูสำหรับ Connector และสีน้ำเงินสำหรับ Link ดังแสดงในรูปที่ ง-5 และรูปที่ ง-6 ตามลำดับ



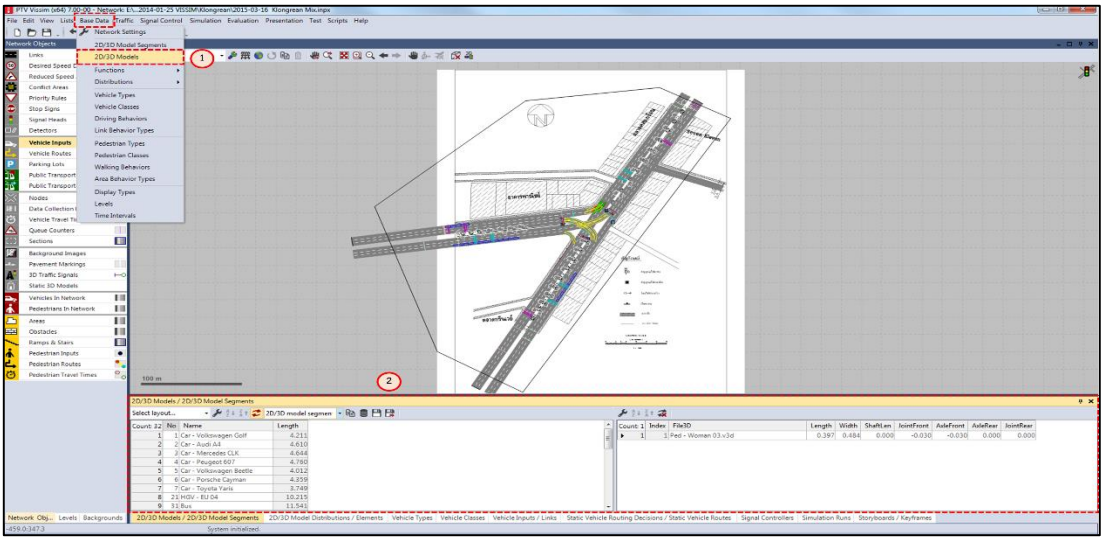
รูปที่ ง-5 ขั้นตอนการเชื่อมต่อเส้นทางตรงทางแยก



รูปที่ ง-6 การตรวจสอบการเชื่อมต่อระหว่าง link กับ connector

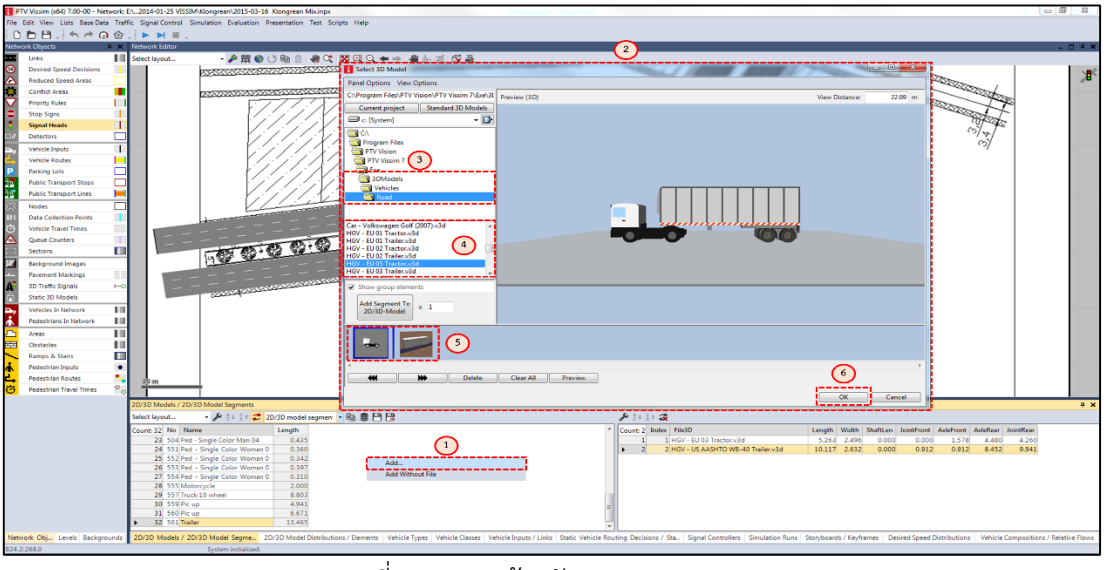
2) การจำลองตัวแทนยานพาหนะแต่ละประเภท

โดยเลือกคำสั่ง > (1) Base Data > 2D/3D Models > (2) ปรากฏหน้าต่างด้านล่างของโปรแกรมชื่อ 2D/3D Models / 2D/3D Model Segments ดังแสดงในรูปที่ ง-7



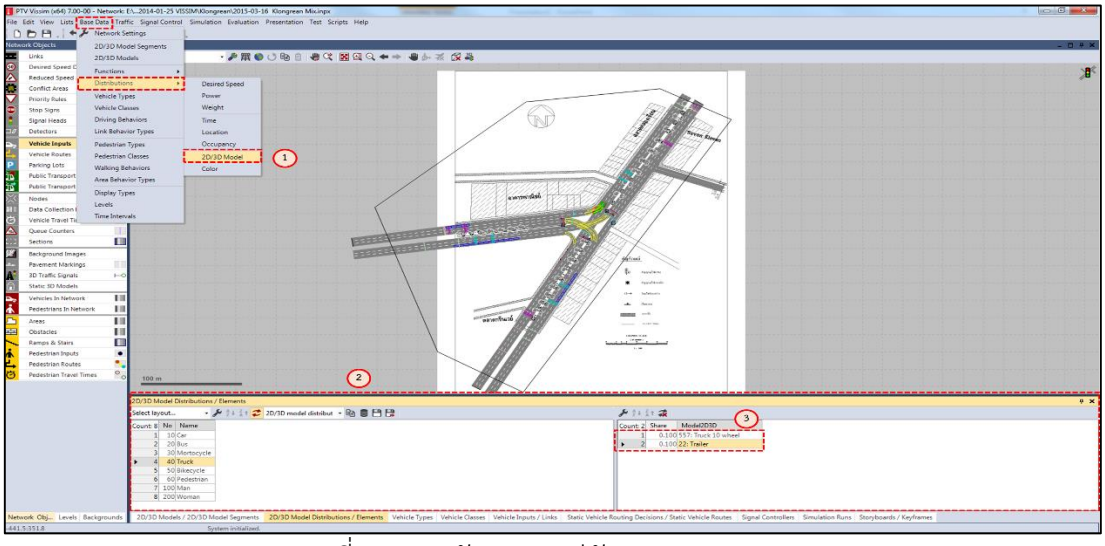
รูปที่ ง-7 การจำลองตัวแทนยานพาหนะแต่ละประเภท

คลิกขวาตรงพื้นที่สีขาว > (1) Add... > (2) ปรากฏหน้าต่าง Select 3D Model > เลือก C:\ [System] > (3) เลือก 3DModels > Vehicles > (4) เลือกตัวแทนของยานพาหนะที่มีความใกล้เคียงกับพื้นที่จริง > (5) ภาพตัวอย่างกรณีสร้างตัวแทนรถพ่วงบรรทุก > กดปุ่ม ok ดังแสดงในรูปที่ ง-8



รูปที่ ง-8 การสร้างตัวแทนยานพาหนะ

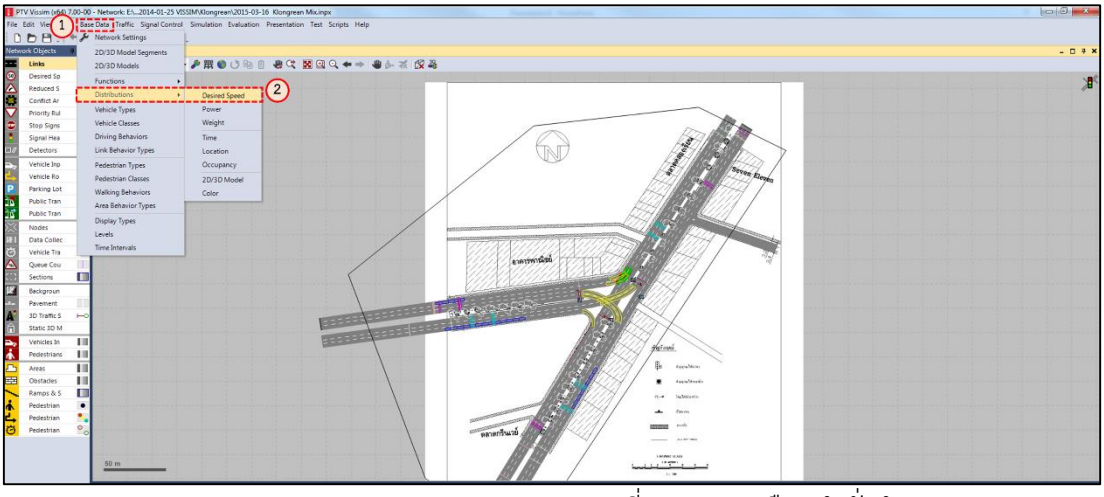
ลำดับถัดไป เป็นการจัดหมวดหมู่ของยานพาหนะที่ได้จากการสร้างตัวแทนยานพาหนะ โดยเลือกคำสั่ง > (1) Base Model > Distributions > 2D/3D Model > จะปรากฏหน้าต่างด้านล่างของโปรแกรมชื่อ 2D/3D Model Distributions / Elements ซึ่งในตารางทางด้านซ้ายเป็นการกำหนดหมวดหมู่และรหัสของแต่ละประเภท เช่น No. 10 เท่ากับ Car หรือ No. 40 เท่ากับ Truck ส่วนกรอบทางซ้ายมือ (3) เป็นส่วนที่ต้องทำการเพิ่มตัวแทนของยานพาหนะ โดยการคลิกขวา > Add... > เลือกตัวแทนยานพาหนะที่ได้สร้างไว้ ดังแสดงในรูปที่ ง-9



รูปที่ ง-9 การจัดหมวดหมู่ตัวแทนยานพาหนะ

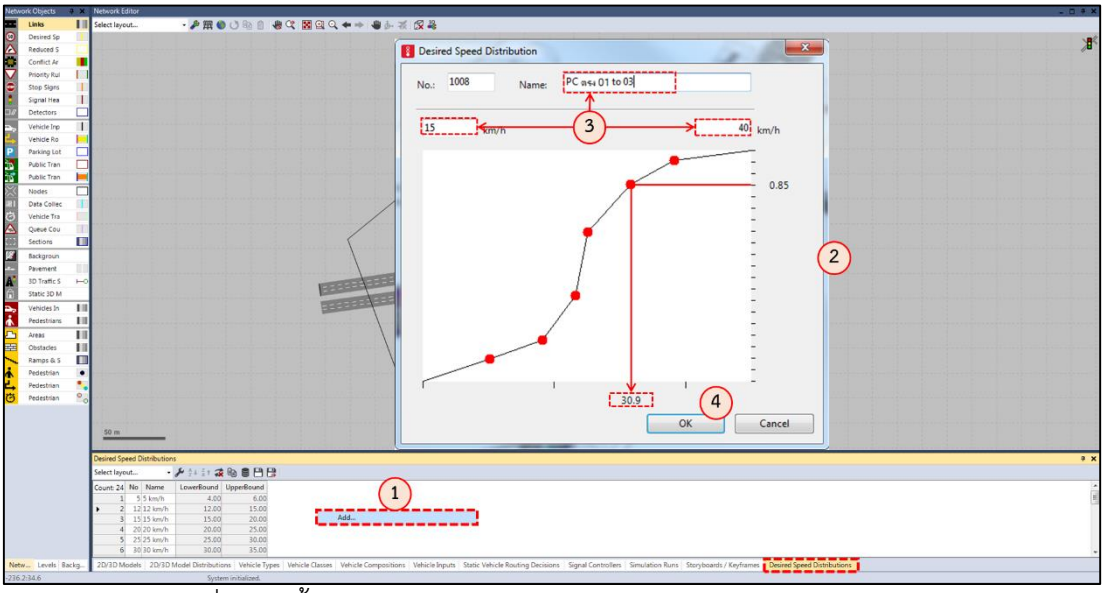
3) การสร้างกราฟกระจายตัวความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภท

โดยใช้คำสั่ง (1) Base Data > Distribution > (2) Desired Speed จะปรากฏหน้าต่างโปรแกรมชื่อว่า Desired Speed Distributions ด้านล่างของโปรแกรม > คลิกขวาตรงพื้นที่สีขาว > (1) Add... > (2) ปรากฏหน้าต่าง Desired Speed Distribution > (3) กำหนดชื่อ Name: - ของยานพาหนะและตำแหน่งของความเร็วที่วิ่งผ่านทางแยก เช่น PC ตรงจาก A-01 to A-03 หรือ MC เลี้ยวซ้ายจาก A-01 to A-02 เป็นต้น เพื่อให้ง่ายในการเรียกใช้งานในลำดับถัดไป ทำในลักษณะเช่นเดียวกันจนครบตามประเภทของยานพาหนะ ดังแสดงในรูปที่ ง-10



รูปที่ ง-10 การเลือกคำสั่งกำหนดการกระจายความเร็วของยานพาหนะ

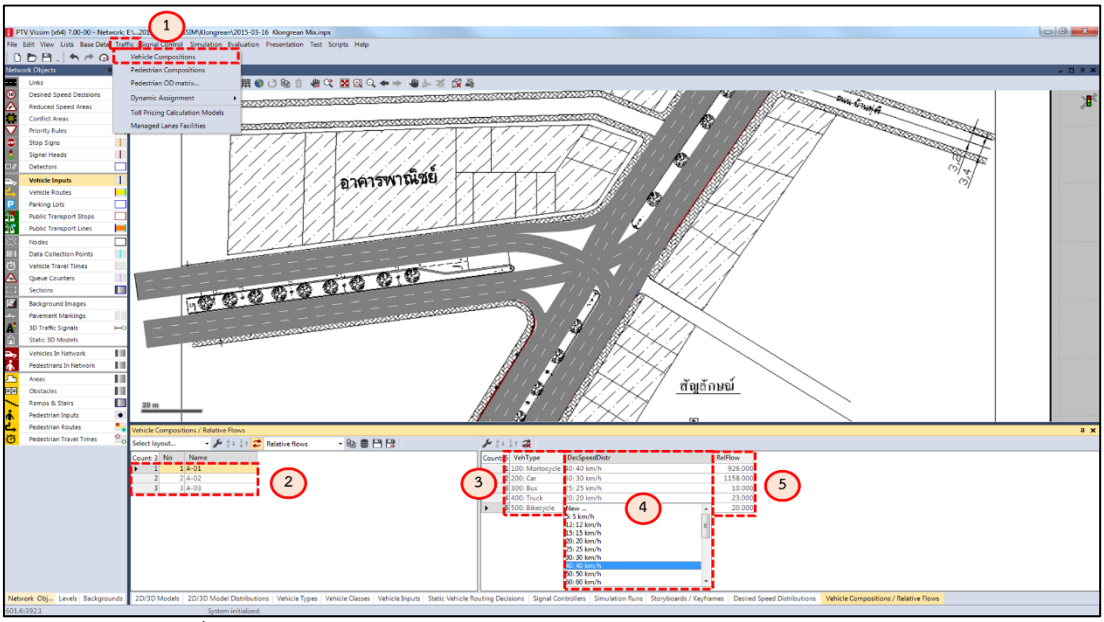
จากนั้นกำหนดความเร็วต่ำสุดและสูงสุดจากข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์จากกราฟการกระจายตัวของความเร็วของข้อมูลภาคสนาม หรือกราฟความเร็วเปอร์เซ็นไทล์ ซึ่งจากเดิมโปรแกรมได้ตั้งค่าความเร็วเป็นกราฟเส้นตรง การนำแบบจำลองมาพัฒนาและประยุกต์ใช้จำเป็นต้องมีการปรับแก้กราฟการกระจายตัวความเร็วก่อน ดังแสดงในรูปที่ ง-11



รูปที่ ง-11 ขั้นตอนการสร้างกราฟกระจายตัวความเร็วของยานพาหนะ

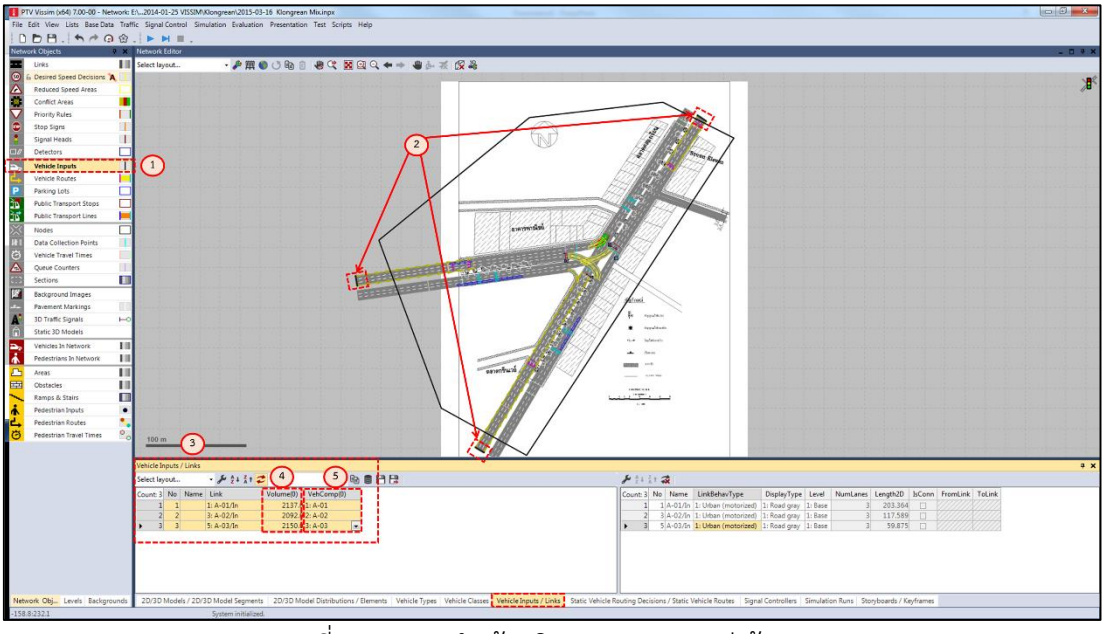
4) การนำเข้าข้อมูลปริมาณการจราจรและกำหนดทิศทางการจราจรของยานพาหนะ

การนำเข้าข้อมูลปริมาณการจราจรโดยเริ่มจากเลือกคำสั่ง Traffic > (1) Vehicle Compositions > ปรากฏหน้าต่าง Vehicle Compositions/Relative Flows > (2) กำหนดชื่อในแต่ละทางแยก เช่น สามแยกจะต้อง Add 3 ครั้ง และตั้งชื่อ A-01, A-02 และ A-03 เป็นต้น > (3) กำหนดประเภทของยานพาหนะที่เข้าสู่ทางแยก ประกอบด้วย 4 ประเภท (Veh Type) > (4) กำหนดความเร็วของรถแต่ละประเภท (DesSpeedDistr) > (5) กรอกข้อมูลปริมาณการจราจรของแต่ละประเภท (RelFlow) จนครบทั้งสามทิศทาง ดังแสดงในรูปที่ ง-12



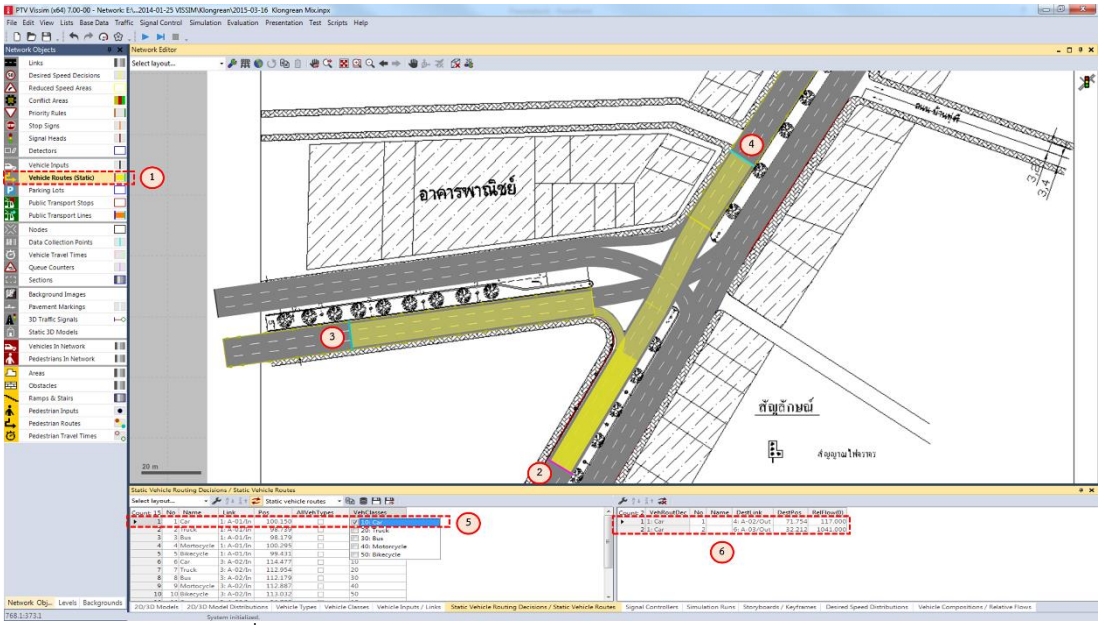
รูปที่ ง-12 การกำหนดปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทางบริเวณทางแยก

เลือกคำสั่ง (1) Vehicle Inputs ทางด้านซ้าย > (2) คลิกขวาไปยังตำแหน่งของต้นทางในแต่ละทิศทางที่เข้าสู่ทางแยก (สีดำ) > (3) ปรากฏหน้าต่าง Vehicle Inputs / Links > (4) กรอกข้อมูลปริมาณการจราจรรวม (Volume) > (5) เลือกข้อมูลของยานพาหนะในแต่ละทิศทางตามชื่อที่ระบุ ต้องสอดคล้องกับตำแหน่งของ Vehicle Inputs (สีดำ) ดังแสดงในรูปที่ ง-13



รูปที่ ง-13 การนำเข้าปริมาณการจราจรสู่เส้นทาง

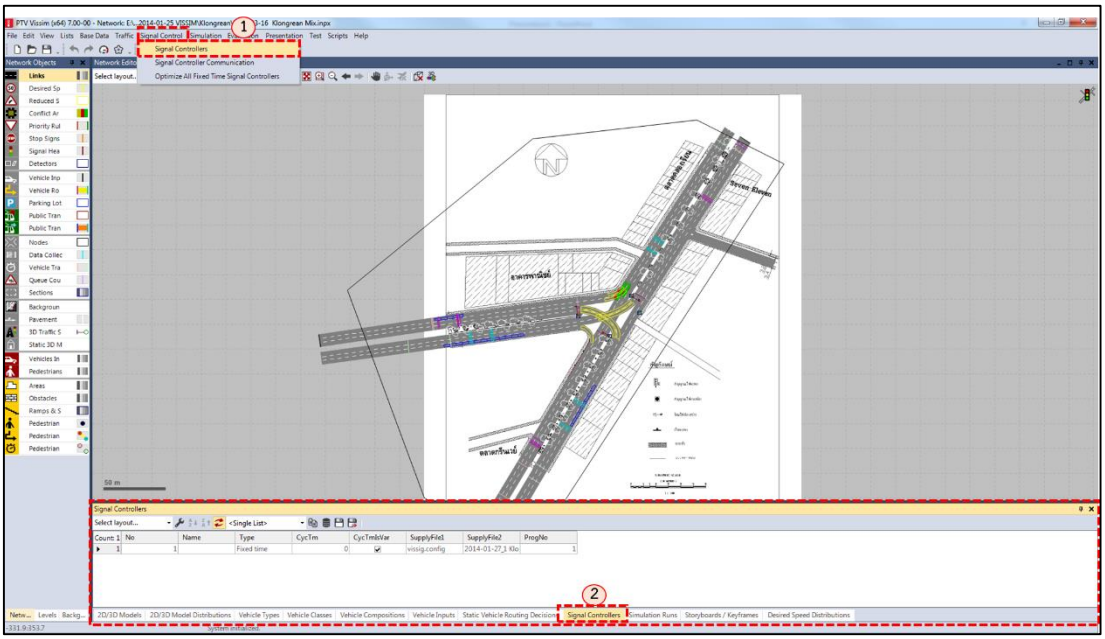
กำหนดทิศทางการจราจรของยานพาหนะแต่ละประเภท โดยเลือกคำสั่ง (1) Vehicle Route (Static) > (2) คลิกขวาตำแหน่งต้นทางของแต่ละทางแยก (สีชมพู) > (3) และ (4) คลิกขวาไปยังตำแหน่งปลายทางของยานพาหนะในแต่ละประเภท > (5) ซึ่งจากตัวอย่างจะเห็นเส้นสีเหลือง คือ เป็นการกำหนดยานพาหนะเฉพาะประเภท Car (เลี้ยวซ้าย และตรง) > (6) ระบุปริมาณการจราจรของรถที่เลี้ยวซ้าย และตรง ทำเช่นนี้จนครบทุกทิศทาง ดังแสดงในรูปที่ ง-14



รูปที่ ง-14 การกำหนดตำแหน่งจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทาง

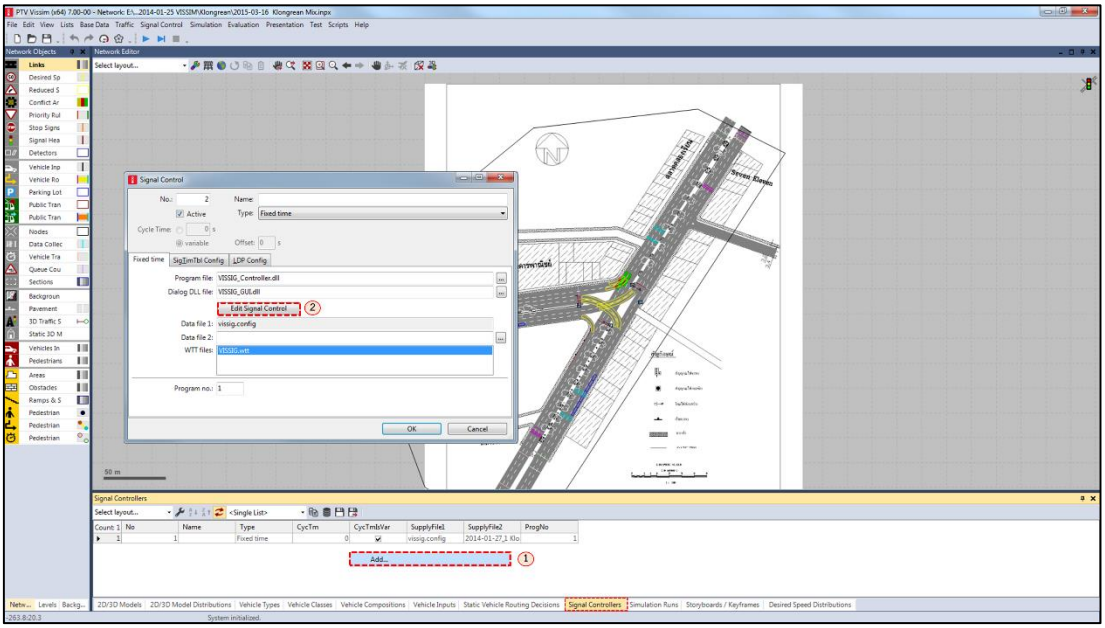
5) การจำลองจังหวะสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก

การจำลองระบบสัญญาณไฟจราจรโดยใช้คำสั่ง (1) Signal Control > Signal Controllers > (2) จะปรากฏหน้าต่างชื่อว่า Signal Controllers ด้านล่างของโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ ง-15



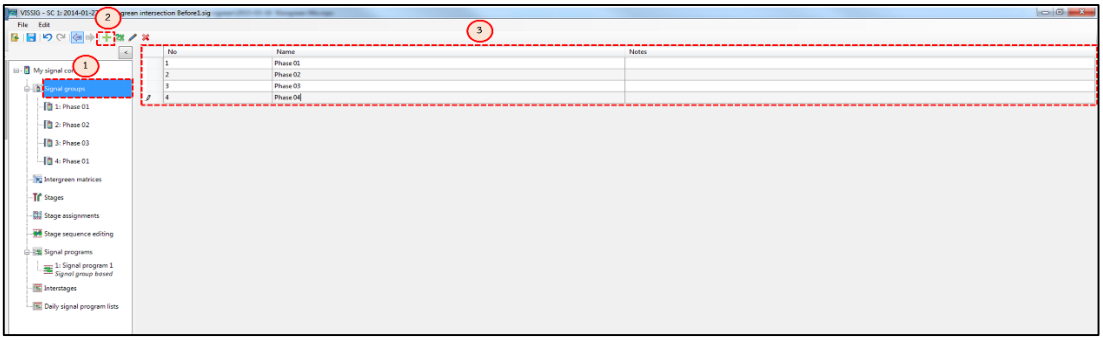
รูปที่ ง-15 การเลือกใช้คำสั่งเพื่อจำลองสัญญาณไฟจราจร

จากนั้นคลิกขวา บริเวณพื้นที่สีขวา > (1) Add... > ปรากฏหน้าต่าง Signal Control > เลือกคำสั่ง Fixed time > เลือก (2) Edit Signal Control ดังแสดงในรูปที่ ง-16



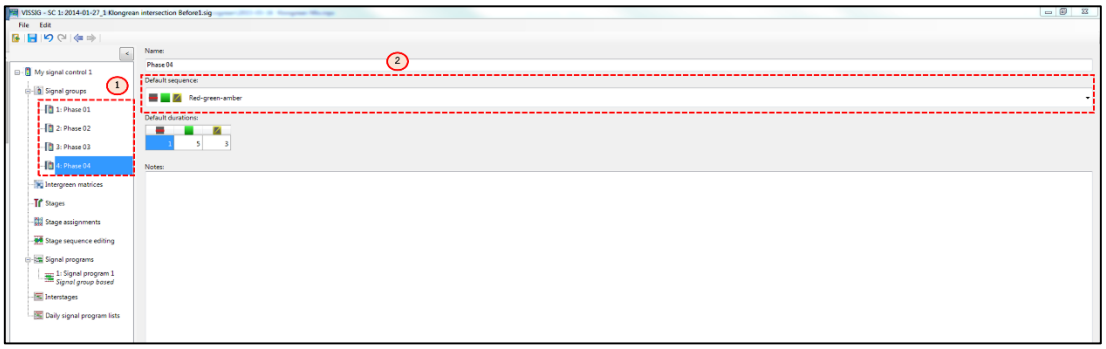
รูปที่ ง-16 การจำลองสัญญาณไฟจราจร

ปรากฏหน้าต่าง VISSIG > (1) เลือก Signal groups > เลือก (2) เครื่องหมาย + หรือ Add จำนวนเฟสสัญญาณไฟจราจร จากตัวอย่างมีทั้งหมด 4 เฟส ดังแสดงในรูปที่ ง-17



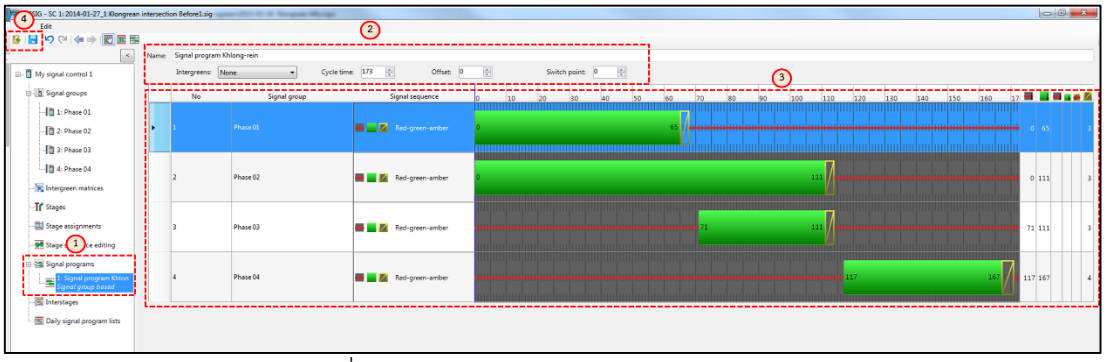
รูปที่ ง-17 การจัดทำเฟสสัญญาณไฟจราจร

จากนั้นเลือกที่คำสั่งเดิม Signal group > กดเครื่องหมาย + เพื่อขยาย > เลือกเฟสสัญญาณ > เปลี่ยน Default sequence ให้ตรงกับลักษณะของพื้นที่ศึกษา ดังแสดงในรูปที่ ง-18



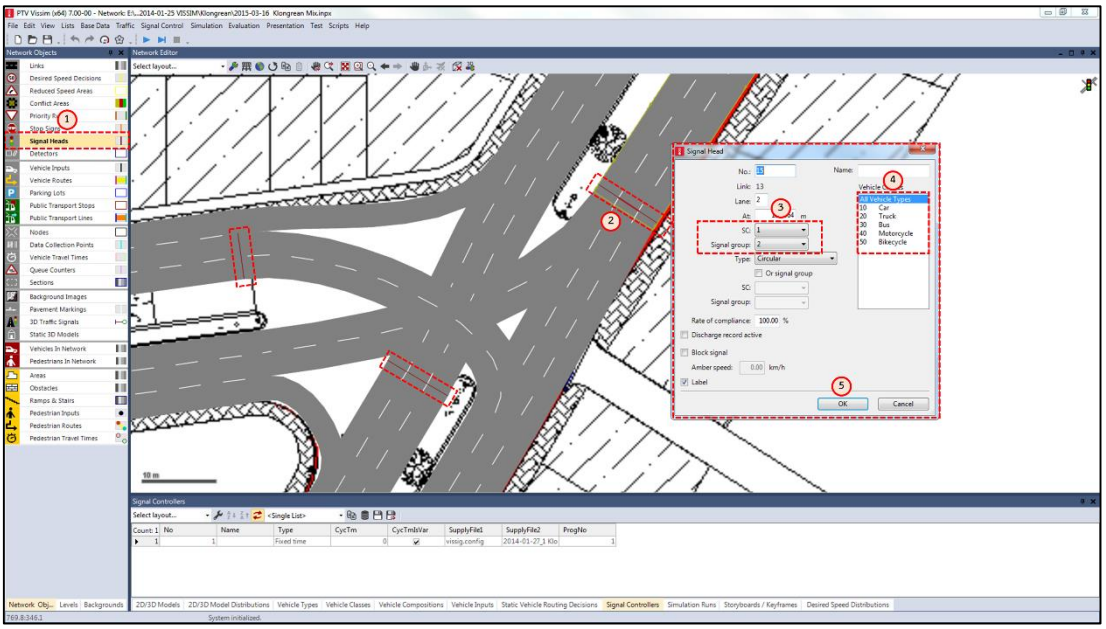
รูปที่ ง-18 การกำหนดลักษณะสัญญาณไฟจราจร

หลังจากนั้น เลือกคำสั่ง (1) Signal programs เพื่อกำหนดระยะเวลาในแต่ละเฟสสัญญาณไฟจราจร > (2 กำหนดชื่อ Name > กำหนด Cycle time ของรอบสัญญาณไฟจราจร ในลำดับถัดไป (3) ระบุเวลาในแต่ละเฟสของสัญญาณไฟจราจร > (4) ทำการบันทึก > กดปุ่ม OK ดังแสดงในรูปที่ ง-19



รูปที่ ง-19 การกำหนดรอบสัญญาณไฟจราจร

เมื่อจัดทำโปรแกรมสัญญาณไฟจราจรเรียบร้อยแล้ว นำมาสู่การจำลองสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก โดยเลือก (1) Signal Heads > (2) คลิกขวาบริเวณเส้นหยุดรถของทางแยกในแต่ละช่องจราจร > (3) ปรากฏหน้าต่าง Signal Head เลือก SC : คือ signal program > Signal group > กดปุ่ม OK ดังแสดงในรูปที่ ง-20

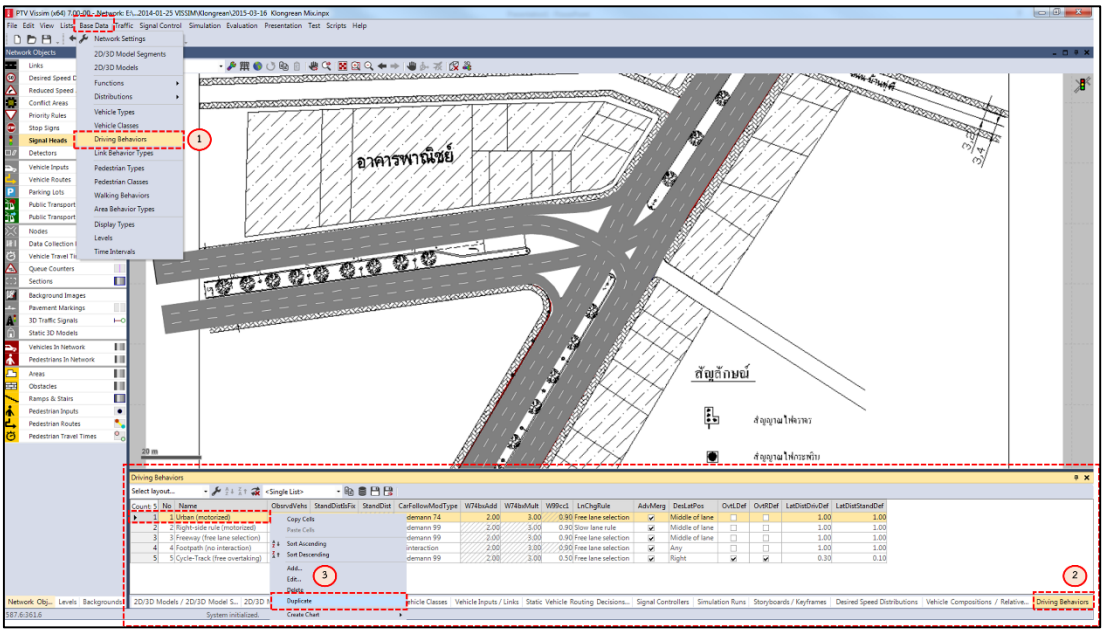


รูปที่ ง-20 การจัดจังหวะสัญญาณไฟจราจร

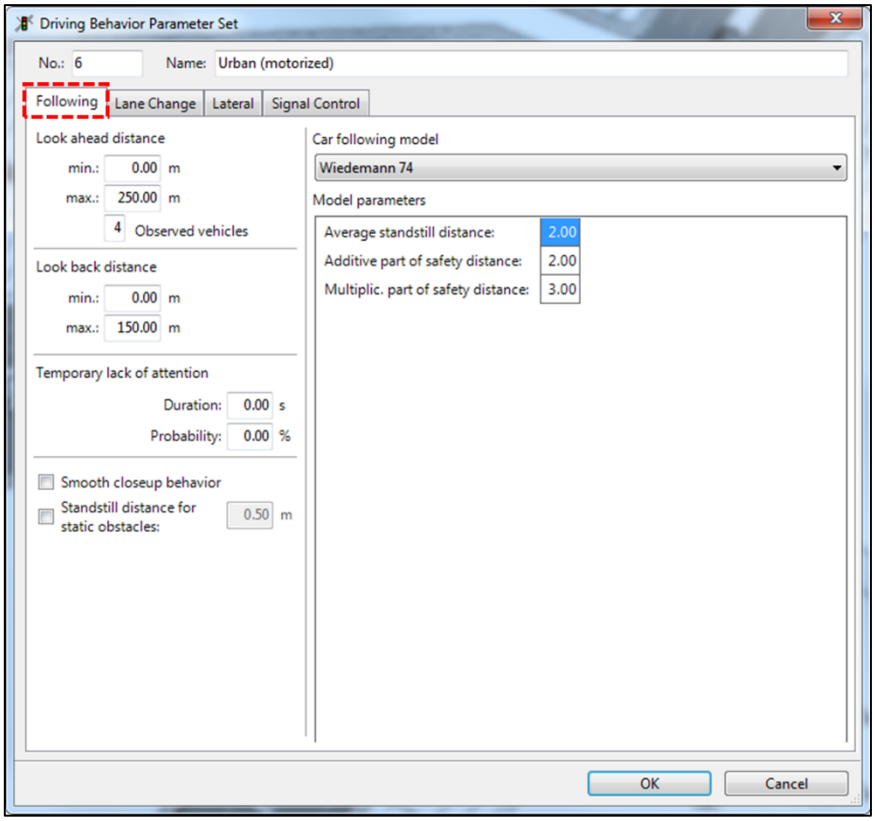
6) การกำหนดค่าตัวแปรด้านพฤติกรรมการขับขี่ของยานพาหนะ

โดยเลือกคำสั่ง > (1) Base Data > เลือก Diving Behavior > (2) ปรากฏตารางด้านล่างของโปรแกรม > จะพบว่า โปรแกรมได้กำหนดพฤติกรรมการขับขี่ไว้ 5 พฤติกรรม ซึ่งพฤติกรรมการขับขี่จากโปรแกรมจะต้องทำการปรับแก้ค่าตัวแปรบางตัวแปรก่อน เพื่อให้มีความสอดคล้องกับสภาพพื้นที่ศึกษา โดยเลือกพฤติกรรมที่ 1 Urban (motorized) > คลิกขวา > (3) เลือกคำสั่ง Duplicate > ปรากฏหน้าต่าง Diving Behavior Parameter Set > ทำการเปลี่ยนชื่อใหม่ Name: Urban New ดังแสดงในรูปที่ ง-21 ถึงรูปที่ ง-24 ตามลำดับ

โดยรูปที่ ง-22 เป็นการกำหนดตัวแปรด้านการขับขี่ตามกันของยานพาหนะ ซึ่งได้กำหนด Car following model ไว้ที่ Widemann 74

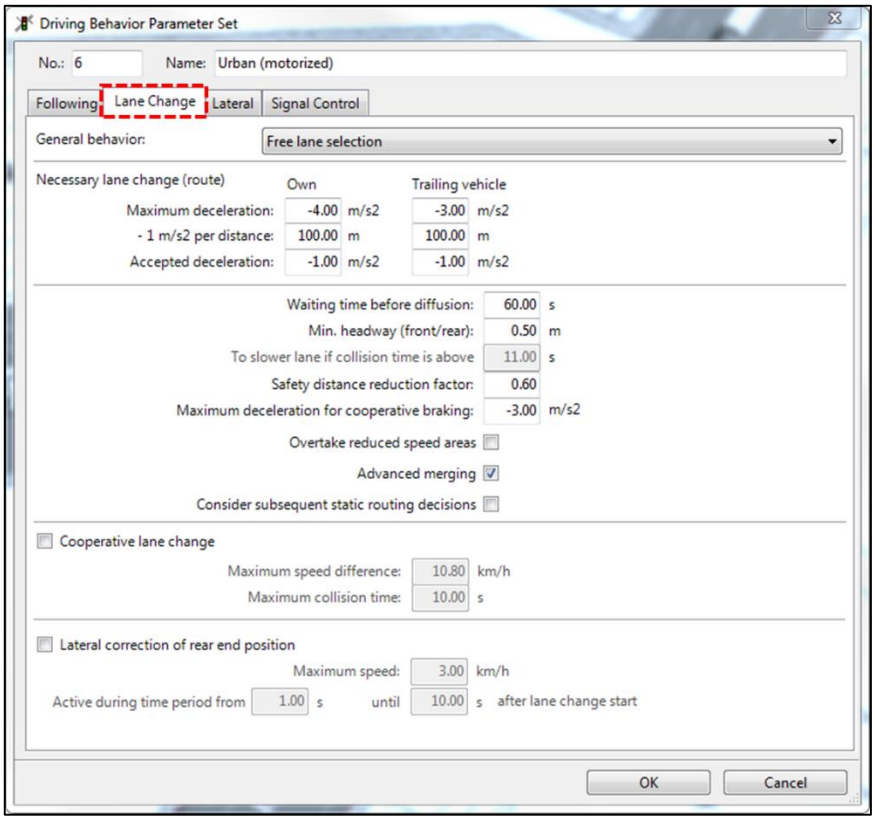


รูปที่ ง-21 การเลือกคำสั่งในการปรับค่าพฤติกรรมการขับขี่



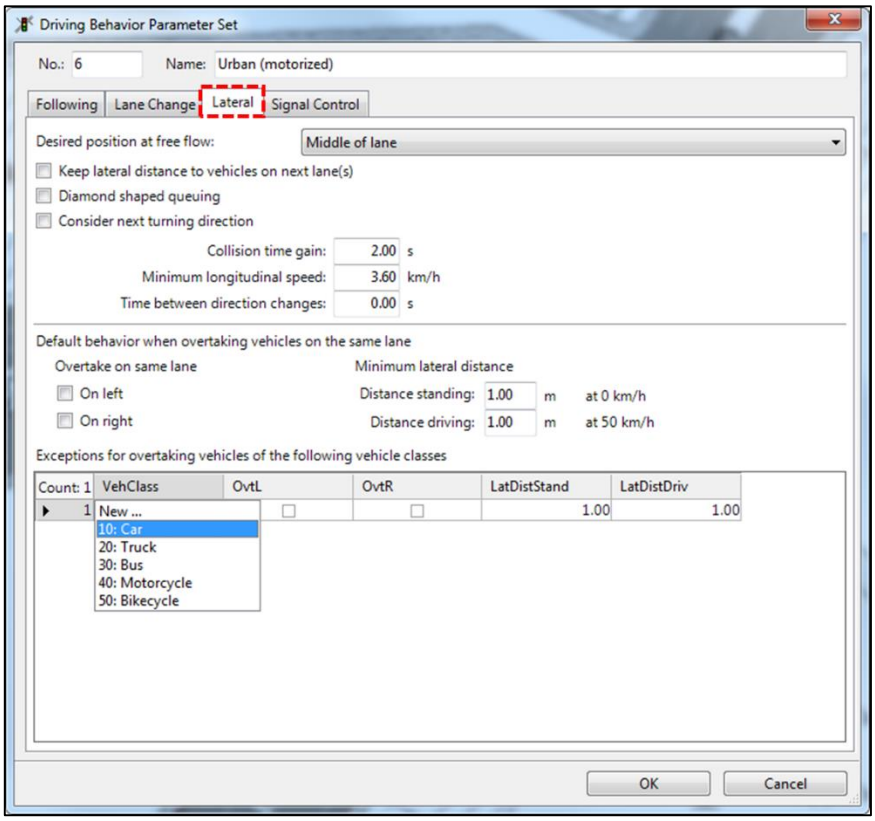
รูปที่ ง-22 การกำหนดค่าตัวแปรพฤติกรรมการขับขี่ตามกันของยานพาหนะ

จากรูปที่ ง-23 เป็นการกำหนดตัวแปรด้านการเปลี่ยนช่องจราจรของยานพาหนะ ได้กำหนดค่า General behavior : Free lane Selection ซึ่งค่าตัวแปรต่างๆ สามารถศึกษาได้จากคู่มือการใช้งาน VISSIM 7.00 (PTV, 2014)



รูปที่ ง-23 การกำหนดค่าตัวแปรการเปลี่ยนช่องจราจรของยานพาหนะ

จากรูปที่ ง-24 เป็นการกำหนดค่าตัวแปรด้านพฤติกรรมการแซงของยานพาหนะ ซึ่งค่า Desired position at free flow สามารถเลือกพฤติกรรมให้เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ศึกษาได้ และสามารถกำหนดประเภทยานพาหนะในการแซง โดยกำหนดให้ยานพาหนะมีพฤติกรรมแซงด้านซ้าย หรือด้านขวาได้อีกด้วย และสามารถกำหนดให้ยานพาหนะเริ่มแซงก็ต่อเมื่อรถคันข้างหน้ามีความเร็วต่ำ



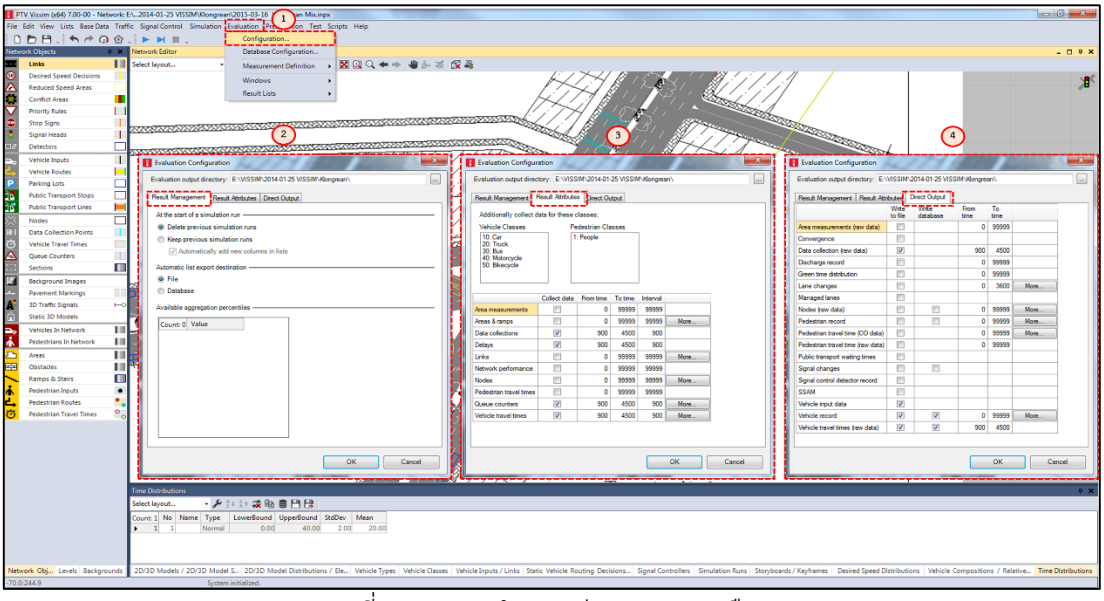
รูปที่ ง-24 การกำหนดค่าตัวแปรพฤติกรรมการแซงของยานพาหนะ

7) การกำหนดค่าตัวแปรด้านการจำลองสำหรับการบันทึกผลแบบจำลอง

โดยเลือกคำสั่ง (1) Evaluation > Configuration... > ปรากฏหน้าต่าง Evaluation Configuration > (2) เลือกคำสั่ง Result Management > ไปที่รายการ At the start of a simulation run ซึ่งในตัวอย่างได้เลือกไว้ที่ Delete previous simulation runs > และรายการ Automatic list export destination > เลือก File ขึ้นอยู่กับผู้ใช้งาน

ลำดับต่อไป เลือกคำสั่ง (3) Result Attributes > ซึ่งตัวเลือกในหน้าต่างนี้ เป็นตัวเลือกที่ใช้ในการประเมินผลแบบจำลอง โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกรายการของ Data Collection, Queue counters และ Vehicle travel times ใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินผลแบบจำลอง และทำการกำหนดช่วงเวลาในการบันทึกผลของแบบจำลองแต่ละรายการที่ได้เลือกไว้

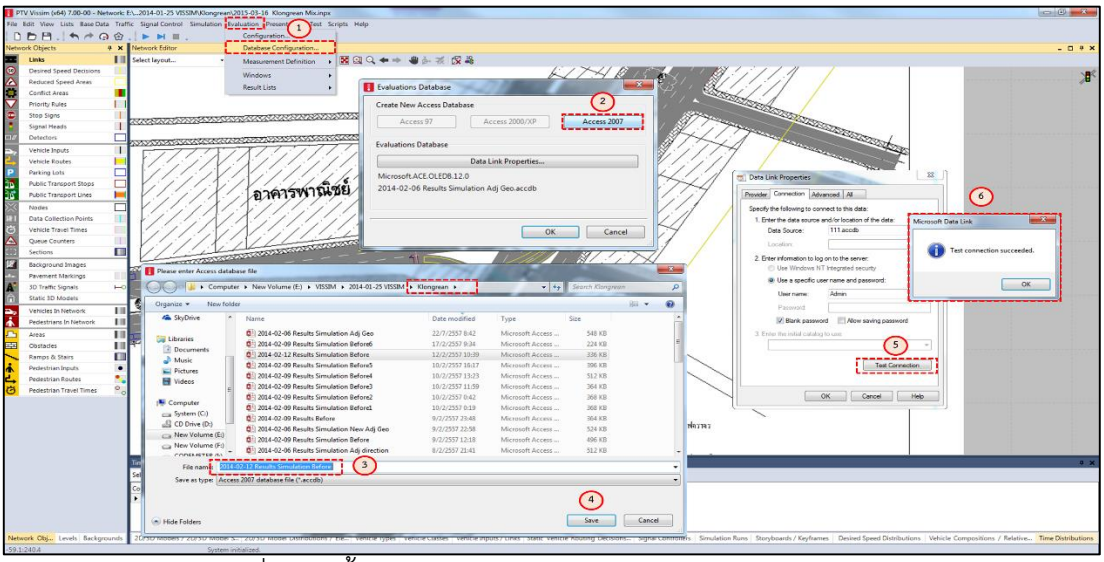
สุดท้ายคำสั่ง (4) Direct Output > เลือกเช่นเดียวกับคำสั่ง Result Attributes ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน และผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เลือกรายการของ Data Collection (raw data) Vehicle input data, Vehicle record และ Vehicle travel times (raw data) และทำการกำหนดช่วงเวลาในการบันทึกผลของแต่ละรายการที่ได้เลือกไว้ ดังแสดงในรูปที่ ง-25



รูปที่ ง-25 การกำหนดช่วงเวลาและเลือก

ลำดับถัดไป เป็นการกำหนดคุณสมบัติการบันทึกฐานข้อมูล โดยเลือกคำสั่ง (1) Evaluation > Database Configuration... > (2) ทำการ Create New Access Database (ขึ้นกับคอมพิวเตอร์ที่ใช้งาน ซึ่งคอมพิวเตอร์บางเครื่องอาจให้กำหนดด้วย Ms. Excel) งานวิจัยนี้ได้กำหนดไว้ที่ Access 2007 > กดปุ่ม OK

จากนั้น จะปรากฏหน้าต่างชื่อว่า (3) Please enter Access database file > ให้ทำการบันทึกชื่อไฟล์ตามการใช้งานและตรวจสอบโฟร์เดอร์ในการบันทึกว่าถูกต้องหรือไม่ โดยโฟร์เดอร์จะต้องอยู่ที่เดียวกันกับขั้นตอนก่อนหน้านี้ ดังแสดงในรูปที่ ง-26



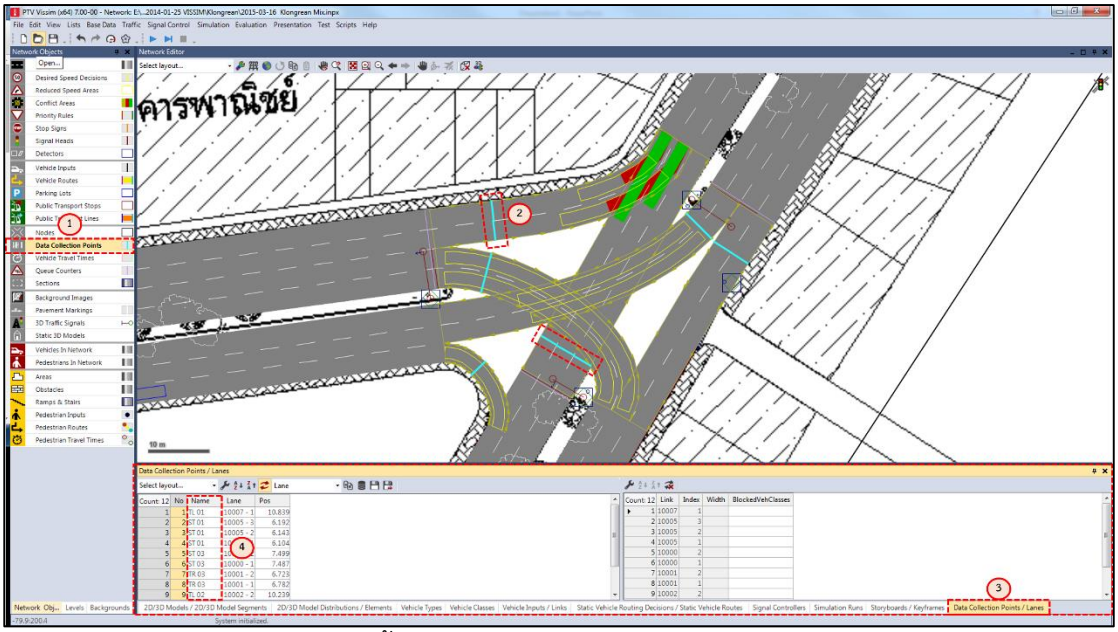
รูปที่ ง-26 ขั้นตอนการกำหนดคุณสมบัติการบันทึกฐานข้อมูล

8) การตั้งค่าเครื่องมือเพื่อประเมินผลจากแบบจำลอง

ในงานวิจัยนี้ ได้มีการตั้งค่าเครื่องมือที่ใช้ประเมินผลจากแบบจำลองไว้ 4 ประเภท คือ 1) Data collection 2) Queue Counter 3) Vehicle travel time และ 4) Delay โดยรายละเอียดการทำงานต่อไปนี้

1) การตั้งค่าของ Data collection

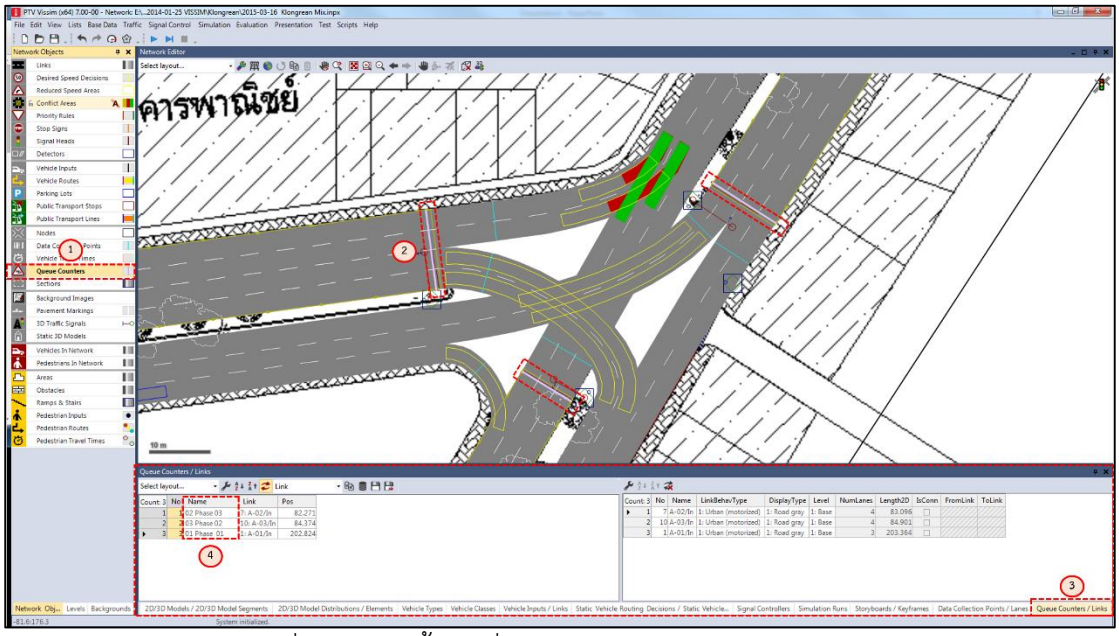
การตั้งค่า Data collection เป็นการบันทึกผลของปริมาณการจราจรของแบบจำลองที่ผ่านทางแยก ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นการสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกของพื้นที่จริง โดยเลือกคำสั่ง > (1) Data Collection Points ทางด้านซ้ายของโปรแกรม > (2) คลิกขวาลงบนช่องจราจรบริเวณตำแหน่งที่เชื่อมกันระหว่าง link ที่เรียกว่า Connector มีเส้นสีฟ้าปรากฏขึ้น โดยคลิกในครบทุกช่องจราจรที่รถวิ่งผ่าน > จากนั้นทำการ ดับเบิ้ลคลิกที่เส้นสีฟ้า > (3) ปรากฏหน้าต่างของ Data Collection Points/Lane บริเวณด้านล่างของโปรแกรม > สังเกตตารางทางด้านซ้าย ให้กำหนดชื่อ Name: ตามลักษณะทิศทางของช่องจราจรเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน เช่น ในแบบจำลองมีเลี้ยวซ้าย 1 ช่องจราจรบนถนน A-01 จึงกำหนดชื่อเป็น TL 01 เป็นต้น ดังแสดงในรูป รูปที่ ง-27



รูปที่ ง-27 การตั้งค่าเพื่อแสดงผลของ Data Collection point

2) การตั้งค่าของ Queue Counter

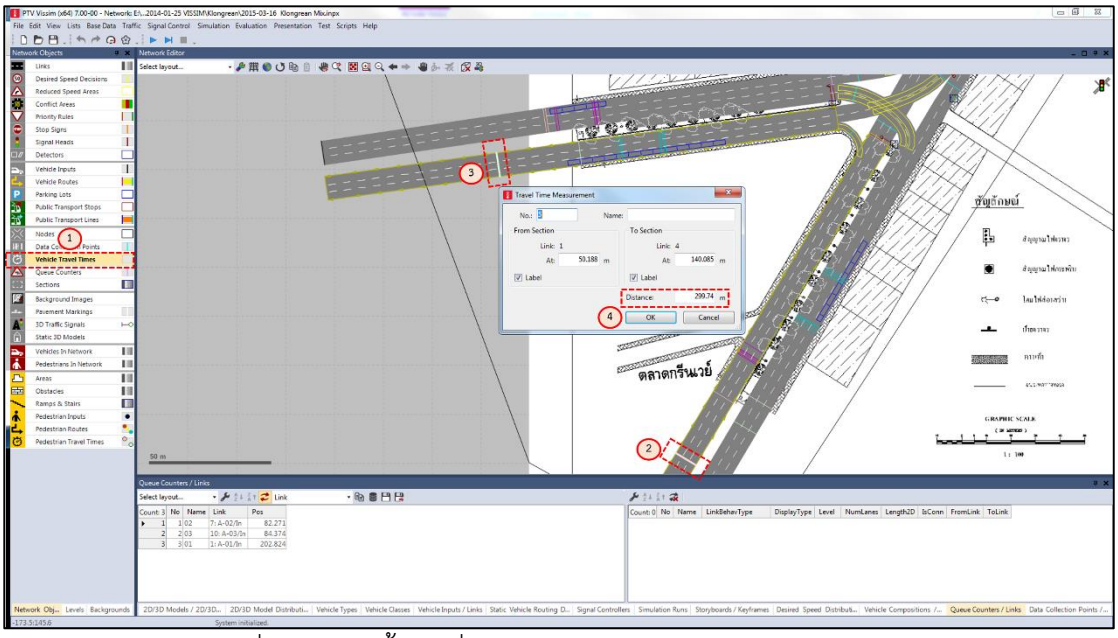
เลือกคำสั่ง (1) Queue Counter > (2) คลิกขวาบริเวณเส้นหยุดรถในแต่ละทางแยก (เส้นสีม่วง) > จากนั้นดับเบิ้ลคลิกที่เส้นสีม่วง ปรากฏหน้าต่าง (3) Queue Counter/Links > (4) กำหนดชื่อให้สอดคล้องกัน เช่น A-01 เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ ง-28



รูปที่ ง-28 การตั้งค่าเพื่อแสดงผลของ Queue Counter

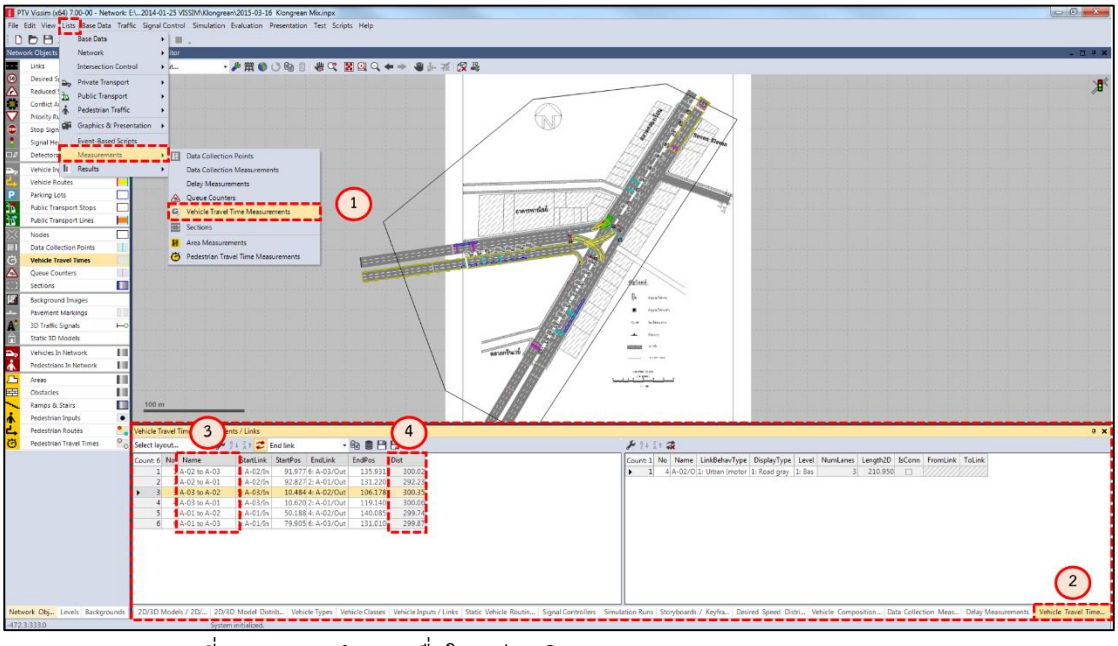
3) การตั้งค่าของ Vehicle Travel Times

เลือกคำสั่ง (1) Vehicle Travel Times > (2) คลิกที่ต้นทางแต่ละขาของทางแยก (สีชมพู) > (3) คลิกไปยังตำแหน่งปลายทางที่รถวิ่งผ่าน (สีเขียวอ่อน) เพื่อต้องการทราบเวลาในการเดินทางของยานพาหนะแต่ละคัน และสามารถกำหนดระยะทางได้ > โดยกำหนดค่า Distance: ตามการใช้งาน เช่น 300 เมตร เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ ง-29



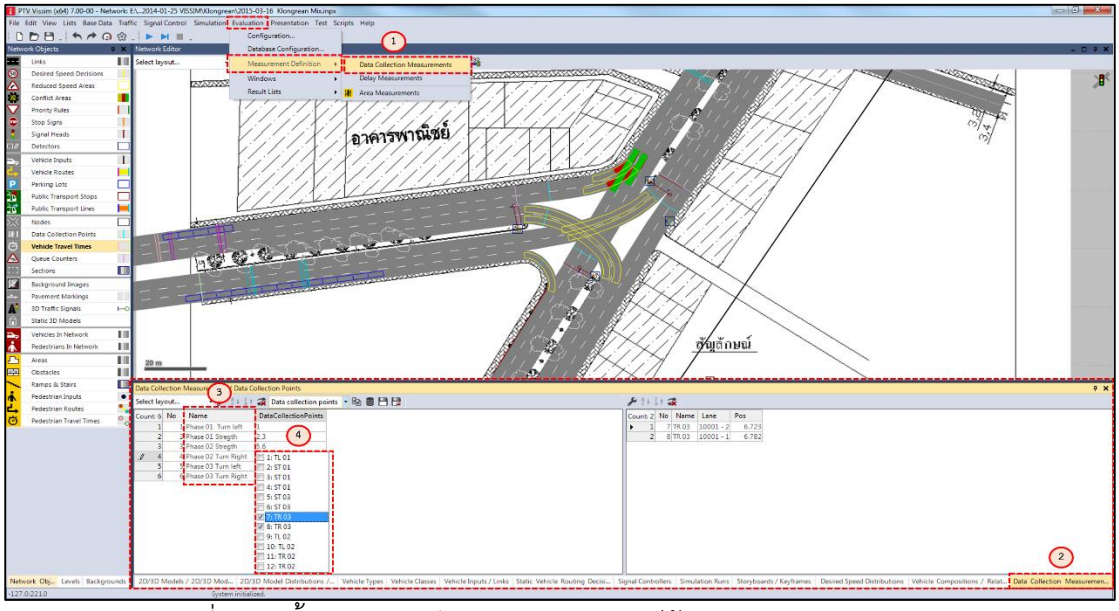
รูปที่ ง-29 การตั้งค่าเพื่อแสดงผลของ Vehicle Travel Times

จากนั้น ทำการกำหนดชื่อ โดยเลือกคำสั่ง > List > Measurements > เลือก (1) Vehicle Travel Times Measurements > ปรากฏหน้าต่างชื่อ (2) Vehicle Travel Times Measurements ด้านล่างของโปรแกรม > (3) กำหนดชื่อของแต่ละทิศทาง เช่น A-01 to A-02 หรือ A-02 to A-03 เป็นต้น ขึ้นอยู่กับผู้ใช้งาน > ส่วนลำดับที่ (4) คือระยะทางในการเดินทางของยานพาหนะ สามารถปรับแก้ค่าดังกล่าวได้ ดังแสดงในรูปที่ ง-30



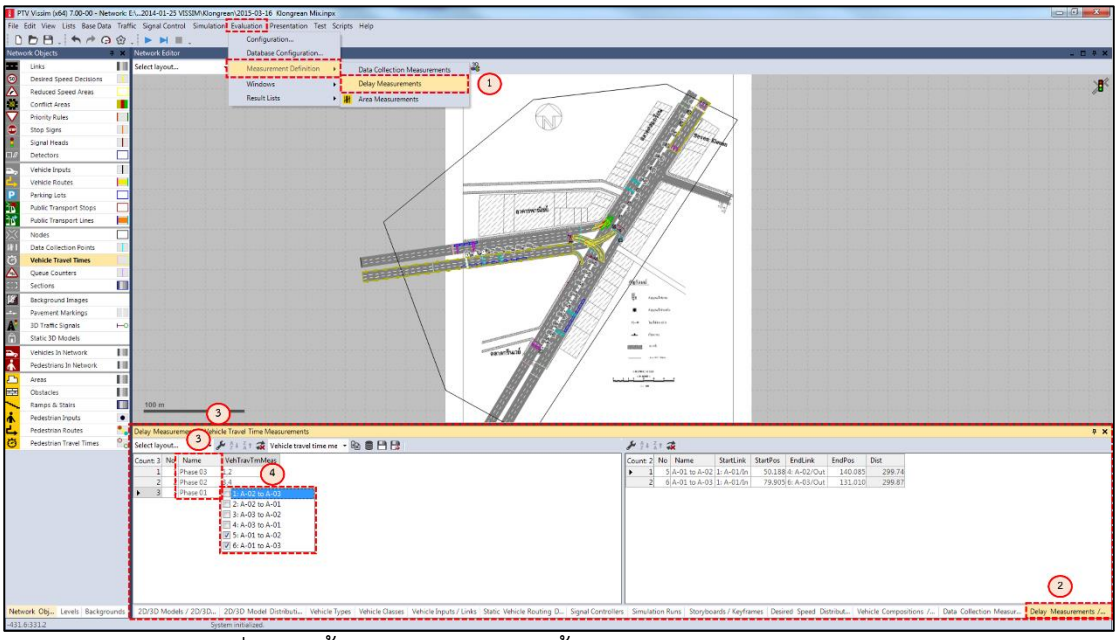
รูปที่ ง-30 การกำหนดชื่อในแต่ละทิศทางของ Vehicle Travel Times

การตั้งค่าแสดงผลลัพธ์ของ Data collection Measurements โดยเลือกคำสั่ง (1) Evaluation > Measurements Definition > Data collection Measurements > (2) ปรากฏหน้าต่าง Data collection Measurements/ Data collection Points ด้านล่างของโปรแกรม > (3) ทำการ Add พร้อมทั้งกำหนดชื่อ Name: เช่น Phase 01 TL, Phase 02 ST เป็นต้น > (4) เลือกข้อมูลทิศทาง (เส้นสีฟ้า) ให้ตรงกับชื่อที่ได้ตั้งไว้ ดังแสดงในรูปที่ ง-31



รูปที่ ง-31 ขั้นตอนจัดเตรียมการแสดงผลลัพธ์ด้วยค่า Data collection

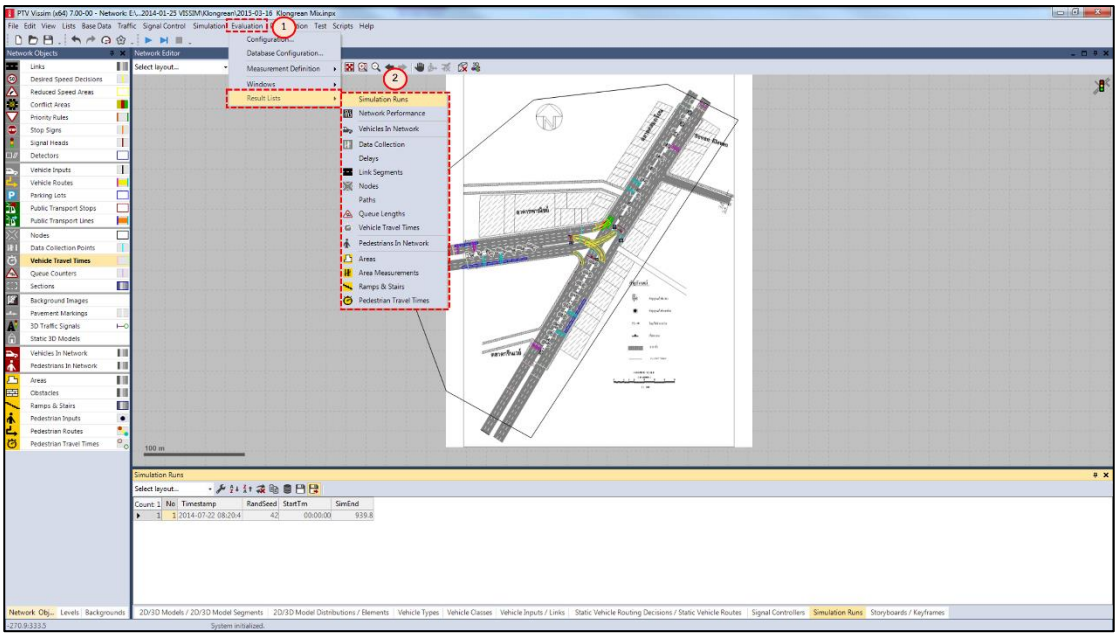
การตั้งค่าแสดงผลลัพธ์ Delay Measurements จัดทำเช่นเดียวกับขั้นตอนของการแสดงผลลัพธ์ของ Data collection Measurements โดยเลือกคำสั่ง (1) Evaluation > Measurements Definition > Delay Measurements > (2) ปรากฏหน้าต่าง Delay Measurements / Vehicle Travel Time Measurements ด้านล่างของโปรแกรม > (3) ทำการ Add พร้อมทั้งกำหนดชื่อ Name: เช่น Phase 01, Phase 02 เป็นต้น > (4) เลือกข้อมูลให้สอดคล้องกับการจราจรของพื้นที่จริง ดังแสดงในรูปที่ ง-32



รูปที่ ง-32 ขั้นตอนจัดเตรียมการตั้งค่าแสดงผลลัพธ์ด้วยค่า Delay

9) การเลือกใช้เครื่องมือสำหรับแสดงผลลัพธ์จากแบบจำลอง

เลือกคำสั่ง (1) Evaluation > Result list... > (2) เลือกรายการที่ต้องการตามการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ ง-33



รูปที่ ง-33 การแสดงผลลัพธ์ของแบบจำลอง

10) การกำหนดค่าตัวแปรและช่วงเวลาในการจำลองผล

การกำหนดตัวค่าตัวแปรและช่วงเวลาในการจำลองผลการวิเคราะห์สภาพการจราจร เพื่อให้กำหนดค่าให้โปรแกรมเริ่มทำการวิเคราะห์ผล โดยเลือกคำสั่ง Simulation >

(1) Parameter... > ปรากฏหน้าต่าง Simulation Parameters >

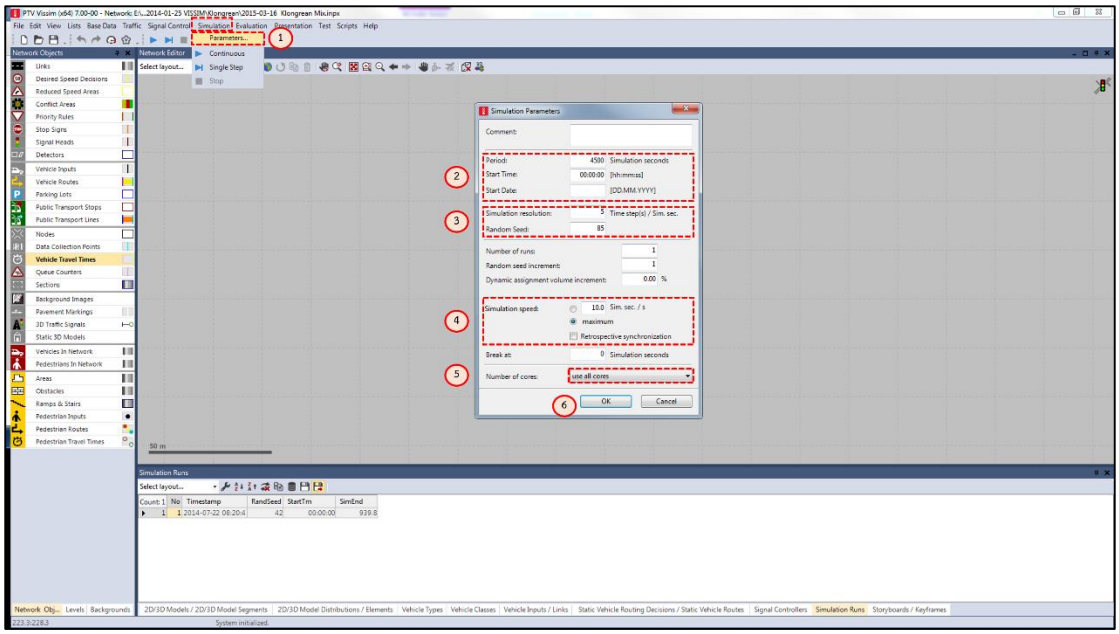
(2) กำหนดช่วงเวลาในการบันทึกผลแบบจำลองดังนี้ > Period > Star time > Start Date

(3) กำหนดค่า Simulation resolution > Random Seed

(4) กำหนดค่า Simulation Speed

(5) กำหนดค่า Number of cores > กดปุ่ม OK

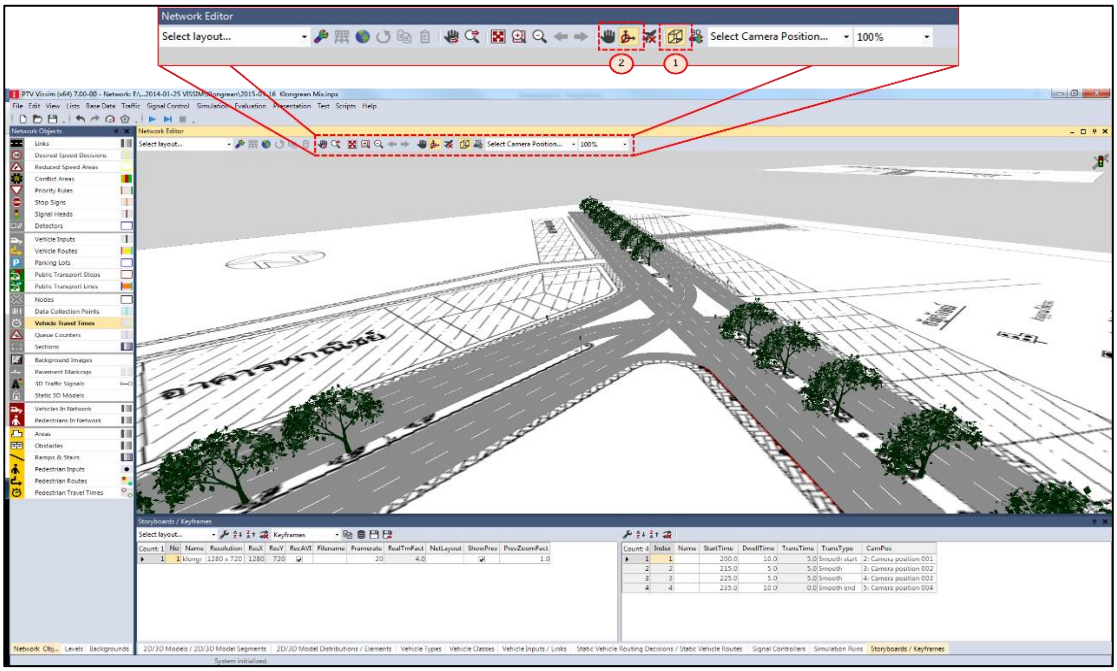
การกำหนดค่าดังกล่าวทั้งหมดขึ้นอยู่กับสภาพการใช้การในการจำลองของงานวิจัยนั้นๆ ซึ่งค่าที่ได้อาจจะมีความแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ ง-34



รูปที่ ง-34 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการจำลองและบันทึกผลแบบจำลอง

11) การแสดงภาพเคลื่อนไหวแบบสองมิติและสามมิติ

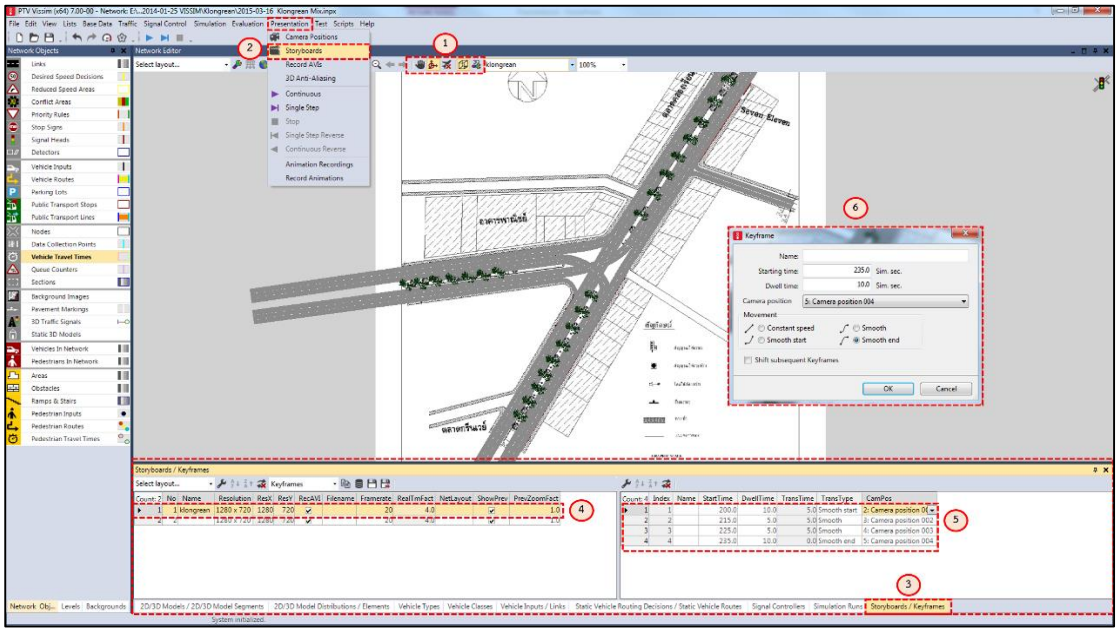
การแสดงภาพเคลื่อนไหวแบบสองมิติและสามมิติ สามารถกระทำได้ทั้งในขณะที่ทำการวิเคราะห์ผลหรือไม่ได้วิเคราะห์ผล โดยลำดับการแสดงผลภาพเคลื่อนไหว ดังแสดงในรูปที่ ง-35



รูปที่ ง-35 การแสดงภาพเคลื่อนไหวสามมิติ

12) การบันทึกไฟล์วิดีโอเพื่อใช้ในการนำเสนอ

การบันทึกภาพเคลื่อนไหวเพื่อใช้ในการนำเสนอ สามารถใช้คำสั่ง > (2) Presentation > Storyboards ดังแสดงในรูปที่ ง-36



รูปที่ ง-36 การบันทึกภาพเคลื่อนไหวด้วยไฟล์วิดีโอ

ภาคผนวก จ
บทความวิจัยที่นำเสนอและได้รับการตีพิมพ์

บทความงานวิจัยเรื่องที่ 1

ได้นำเสนอและตีพิมพ์บทความการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19

การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19
ขอนแก่น 14 - 16 พฤษภาคม 2557

Reducing Intersection Delay by Signal Re-Timing (Case Study: Kamnan Than Thip Intersection)

Sivakorn Amatavirakul[1], Udom Jittawichian[2], Sorada Saowalakaksorn[3], Vasin Kiattikomol[4]

[1,2,3,4]King Mongkut's University of Technology Thonburi

E-mail: [1]sivakorn@ovi.com, [2]udom_kab@hotmail.com, [3]sorada.kmutt@gmail.com, [4]vasin.kia@kmutt.ac.th

ABSTRACT

One of the causes of traffic congestion in Thailand is an inconsistency between signal timing and traffic volume. As traffic demand continues to grow over time, there has been lack of routine traffic signal re-timing and maintenance at major and minor signalized intersections. A traffic signal re-timing is one of the most effective methods used in many countries to solve such a problem. Past studies have shown that a signal re-timing can yield a benefit-cost ratio up to 40:1. This paper emphasizes on effects of signal re-timing at an isolated intersection using traffic simulation approach and proposes appropriate signal timing plans for morning and evening peak hours. The results show that proper signal re-timing can significantly reduce travel time delay while it requires small amount of time and cost. Researchers propose that related agencies are supposed to perform signal re-timing regularly. However, further studies are required for intersections in a corridor, where signal coordination should be considered.

Keywords: Traffic Signal, Re-Timing, Delay, Traffic Simulation, Synchro, Simtraffic

Analysis of Traffic Management at Intersections from Hat Yai Bus Terminal Intersection to Kho-Hong Intersection

Chaiwat Yaibok[1], Paramet Luathep[2]

[1,2]Prince of Songkla University

E-mail: [1]Chaiwat.y3@gmail.com, [2]paramet@eng.psu.ac.th

ABSTRACT

Karnjanavanit road is one of the main corridors connecting Hat Yai city and neighboring districts such as Muang Songkhla and Sadao. The length of this road is about 3.3 km, however, there are seven intersections. In addition, the road was designed and has been used for decades. Its physical geometry, traffic management, and traffic signals do not meet the current traffic circumstance. These factors induce to heavy traffic and accident problems. The objectives of this paper are to investigate the traffic problems and to analyze the traffic management at the intersections on Karnjanavanit road from Hat Yai bus terminal intersection to Kho-Hong intersection. In the paper, three intersections, including Khlongrien, Poonnakan and Prince of Songkla University, were investigated. The researchers collected traffic volume, speed, delay, and traffic signal data and inspected physical geometry at the intersections. The data were subsequently used to develop traffic microsimulation models using VISSIM software. The models were used for comparative analysis between the current traffic condition and the cases with physical improvement of the intersections. The results from this study could be a guidelines in solving traffic problems at the intersections and could be an example of physical improvement at other intersections.

Keywords: Traffic Management, Geometry at Intersection, Traffic Microsimulation

การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19
วันที่ 14-16 พฤษภาคม 2557 จ. ขอนแก่น

19th National Convention on Civil Engineering
14-16 May 2014, Khon Kaen, THAILAND

การวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกบนถนนกาญจนวนิช ตั้งแต่ทางแยกสถานีขนส่งถึงทางแยกคอหงส์

Analysis of Traffic Management at Intersections from Hat Yai Bus Terminal Intersection to Kho-Hong Intersection

ชัยวัฒน์ ใหญ่บก[1,*] และ ปรเมศวร์ เหลือเทพ[2]

[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา

บทคัดย่อ

ถนนกาญจนวนิช เป็นหนึ่งในเส้นทางสายหลักที่ประชาชนนิยมใช้สัญจรเข้า-ออกตัวเมืองหาดใหญ่ไปยังอำเภอใกล้เคียง เช่น อำเภอเมืองสงขลา และอำเภอสะเดา ช่วงถนนกาญจนวนิชที่ผ่านตัวเมืองหาดใหญ่ตั้งแต่ทางแยกสถานีขนส่งอำเภอหาดใหญ่จนถึงทางแยกคอหงส์ มีระยะทางเพียง 3.3 กิโลเมตร แต่มีจำนวนทางแยกมากถึง 7 แห่ง นอกจากนี้ช่วงถนนดังกล่าวได้ถูกออกแบบและใช้งานมาเป็นเวลานาน ทำให้สภาพทางกายภาพ การจัดการจราจร และการจัดจังหวะรอบสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกไม่สอดคล้องกับสภาพการจราจรในปัจจุบัน ส่งผลให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดและอุบัติเหตุตามมา บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาการจราจรและเพื่อวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกบนถนนกาญจนวนิช ตั้งแต่ทางแยกสถานีขนส่งอำเภอหาดใหญ่จนถึงทางแยกคอหงส์ โดยยกตัวอย่างกรณีศึกษาจำนวน 3 ทางแยก ประกอบด้วย แยกคลองเรียน แยกปุณณกัณฑ์ และแยกหน้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คณะผู้วิจัยได้สำรวจข้อมูลปริมาณการจราจร ความเร็ว ความล่าช้า และเวลารอบสัญญาณไฟจราจร และตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของทั้งสามทางแยก จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรของทางแยกในระดับจุลภาคด้วยโปรแกรม VISSIM และนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาวิเคราะห์สภาพการจราจรในปัจจุบันเปรียบเทียบกับสถานการณ์จำลองที่มีมาตรการจัดการจราจร ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำมาเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาการจราจรในบริเวณดังกล่าว ตลอดจนเป็นตัวอย่างของการปรับปรุงสภาพทางกายภาพของบริเวณทางแยกอื่นๆ ต่อไป

คำสำคัญ: การจัดการจราจร, สภาพกายภาพบริเวณทางแยก, การจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

Abstract

Karnjanavanit road is one of the main corridors connecting Hat Yai city and neighboring districts such as Muang Songkhla and Sadao. The length of this road is about 3.3 km, however, there are seven intersections. In addition, the road was designed and has been used for decades. Its physical geometry, traffic management, and traffic signals do not meet the current traffic circumstance. These factors induce to heavy traffic and accident problems. The objectives of this paper are to investigate the traffic problems and to analyze the traffic management at the intersections on Karnjanavanit road from Hat Yai bus terminal intersection to Kho-Hong intersection. In the paper, three intersections, including Khlongrien, Poonnakan and Prince of Songkla University, were investigated. The researchers collected traffic volume, speed, delay, and traffic signal data and inspected physical geometry at the intersections. The data were subsequently used to develop traffic microsimulation models using VISSIM software. The models were used for comparative analysis between the current traffic condition and the cases with physical improvement of the intersections. The results from this study could be a guide lines in solving traffic problems at the intersections and could be an example of physical improvement at other intersections.

Keyword: Traffic management, Geometry at intersection, Traffic microsimulation

* ผู้เขียนผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding author)
E-mail address: Chaiwat.y3@gmail.com

1. ความสำคัญของปัญหา

ถนนกาญจนวนิช เป็นหนึ่งในเส้นทางหลักที่ประชาชนนิยมใช้สัญจรเข้า-ออกเมืองหาดใหญ่ และเป็นเส้นทางเชื่อมระหว่างอำเภอสะเดา-หาดใหญ่-สงขลา ซึ่งถนนช่วงที่ผ่านตัวเมืองหาดใหญ่ตั้งแต่ทางแยกสถานีขนส่งอำเภอหาดใหญ่จนถึงทางแยกคอหงส์ ระยะทางเพียง 3.3 กิโลเมตร แต่มีจำนวนทางแยกมากถึง 7 แห่ง ดังแสดงในรูปที่ 1 และมีประชาชนสัญจรผ่านเส้นทางดังกล่าวเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะช่วงเร่งด่วนตอนเช้าและเย็น นอกจากนี้มีศูนย์การค้าขนาดใหญ่เปิดให้บริการประชาชน ซึ่งเป็นแหล่งดึงดูดให้มีการเดินทางบนถนนเส้นดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการคาดการณ์ถึงปริมาณจราจรที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากปัญหาการจราจรที่หนาแน่นแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 2 ปัญหาที่ยังพบเห็นได้บ่อย ได้แก่ การแบ่งช่องจราจรที่ไม่เหมาะสม ความยาวของช่องรอเลี้ยวไม่สอดคล้องกับปริมาณจราจร มีการจอดรถซ้อนคันจอดรถใกล้บริเวณทางแยก จอดในเขตห้ามจอด ถนนขาดการบำรุงรักษา ระบบสัญญาณไฟจราจรไม่สอดคล้องกับปริมาณจราจร และการกระทำผิดกฎหมาย (มีการขับรถย้อนศรและกลับรถในที่ห้าม) เป็นต้น บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาการจราจรและวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกบนถนนกาญจนวนิช ตั้งแต่ทางแยกสถานีขนส่งจนถึงทางแยกคอหงส์ โดยยกตัวอย่างกรณีศึกษาจำนวน 3 ทางแยก ประกอบด้วย แยกคลองเรียน แยกปุณณกัณฑ์ และแยกหน้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 ถนนกาญจนวนิชช่วงแยกสถานีขนส่งอำเภอหาดใหญ่ถึงแยกคอหงส์

รูปที่ 2 สภาพการจราจรบริเวณทางแยกหน้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ซึ่งปัญหาดังกล่าวข้างต้น คณะผู้วิจัยได้สำรวจข้อมูลปริมาณจราจร ความเร็ว ความล่าช้า ลักษณะการขับขี่ยานพาหนะ และข้อมูลลักษณะทางกายภาพของถนน การศึกษาในครั้งนี้ได้มีการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ VISSIM ซึ่งเป็นเครื่องมือในการสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรในระดับจุลภาคและเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจในการแก้ปัญหาการจราจรและยังสามารถแสดงผลในรูปแบบของภาพ 3 มิติ นอกจากนี้โปรแกรม VISSIM สามารถจำลองสถานการณ์สมมติ ได้อย่างหลากหลาย ซึ่งโปรแกรมสามารถวิเคราะห์ผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ระยะเวลาในการเดินทางของยานพาหนะ ความเร็ว ความล่าช้าในการเดินทาง ความยาวของแถวคอย เป็นต้น ผลที่ได้จากแบบจำลองสามารถเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาการจราจรที่ติดขัดในบริเวณดังกล่าว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระดับการให้บริการบริเวณทางแยกในอนาคตได้

2. ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Choa และคณะ [1] ได้สรุปผลการศึกษาการเปรียบเทียบโปรแกรม VISSIM, CORSIM และ PARAMICS พบว่า โปรแกรม VISSIM และโปรแกรม PARAMICS สามารถแสดงผลที่สอดคล้องกับผลที่ได้จากภาคสนามมากกว่าโปรแกรม CORSIM นอกจากนี้ผลที่ได้จากโปรแกรมสามารถแสดงภาพเคลื่อนไหวสามมิติได้อีกด้วย

Dowling และคณะ [2] ได้สรุปว่า การสร้างแบบจำลองระดับจุลภาค (Micro simulation Model) มีความเหมาะสมกับการวิเคราะห์การจัดการเชิงพื้นที่ขนาดเล็ก ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ในการสร้างทางเลือกได้อย่างเหมาะสมและมีความหลากหลาย ทั้งนี้ยังสามารถแสดงตัวชี้วัดที่แสดงถึงพฤติกรรมของผู้ขับขี่แต่ละคันได้อีกด้วย

Boxill และคณะ [3] ได้สรุปผลการศึกษาจุดเด่นของโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจร ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จุดเด่นของโปรแกรมสำหรับพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจร

ชื่อโปรแกรม	ผลที่ได้จากการศึกษา
1. AIMSUN	สามารถสร้างแบบจำลอง Gap Acceptance Behavior of Drivers โดยใช้ความล่าช้าเป็นพื้นฐาน ซึ่งแบบจำลองอื่นไม่สามารถทำได้
2.VISSIM	เป็นแบบจำลองที่สามารถจำลองการขับขี่ของยานพาหนะบริเวณทางแยกที่มีความซับซ้อนได้อย่างดี และสามารถจำลองพฤติกรรมการจอดรถริมทาง โดยสามารถแสดงผลเป็นภาพเคลื่อนไหวสองมิติและสามมิติ
3.PARAMICS	เป็นแบบจำลองที่สามารถสร้างแบบจำลองที่มีความน่าเชื่อถือสูง เนื่องจากใช้การเดินทางจากต้นทางถึงปลายทางโดยตรง
4. DYNASIM	เป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพในการประมวลผลสูงสุด และสามารถแสดงผลภาพเคลื่อนไหวแบบสามมิติได้
5.S-PARAMICS	เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมกับการจำลองในพื้นที่กว้างและมีความสามารถในการจำลองระบบการขนส่งสาธารณะได้
6.CUBE DYNAMICS	เป็นแบบจำลองที่สามารถคิดความการเคลื่อนที่ของยานพาหนะแต่ละคัน และสามารถจำลองพฤติกรรมการขับขี่ได้เสมือนจริง

Ratwod และคณะ [4] ได้สรุปผลการศึกษาโปรแกรมที่มีความเหมาะสมสำหรับการจัดการจราจรบริเวณที่มีการจราจรคึดขัดบนถนนสายหลักและทางด่วน คือโปรแกรม AIMSUN, CORSIM และ VISSIM โดยที่โปรแกรม AIMSUN จะมีความเหมาะสมในการสร้างโครงข่ายในเมืองขนาดใหญ่ ส่วนโปรแกรม PARAMICS, INTEGRATION และ CORSIM ประสิทธิภาพในการจำลองระบบขนส่งสาธารณะได้อย่างดี

วุฒิไกร ไชยปัญหา และคณะ [5] ได้สรุปว่า โปรแกรม VISSIM มีความเหมาะสมในการจำลองสภาพการจราจรที่คึดขัดบริเวณทางแยก และสามารถจำลองยานพาหนะได้ทั้งบทุกประเภท โดยเฉพาะรถจักรยานยนต์และรถจักรยาน นอกจากนี้โปรแกรม VISSIM สามารถเปรียบเทียบกับโปรแกรมอื่นๆ สำหรับการจำลองระดับจุลภาคในรูปแบบของฟังก์ชันต่างๆ ที่สามารถครอบคลุมในการประยุกต์ในการใช้งานได้อย่างดี ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรมในการจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

ประสิทธิภาพในการจำลองสภาพการจราจร	โปรแกรมจำลองระดับจุลภาค					
	ASIMSEE	CORSIM	PARAMICS	INTEGRATION	PASSAGE	VISSIM
ประสิทธิภาพในการจำลองทั่วไป						
เครื่องมือตรวจจับยานพาหนะ (Vehicle Detection)	√	x	√	√	√	√
วงเวียน (Roundabout)	x	√	x	x	√	√
การปรับขนาดทาง (Scale)	x	√	x	x	√	√
การควบคุมการเข้าถึงพื้นที่ (Zone Access Control)	x	√	√	x	√	√
ระบบขนส่งสาธารณะ (Public Transport)	√	√	√	√	√	√
สัญญาณไฟจราจรแบบคงที่ (Fixed time)	√	√	√	√	√	√
การแสดงผลภาพมิติ (3D)	√	x	x	x	√	√
ประสิทธิภาพในการจำลองอื่นๆ ตามความต้องการของผู้ใช้งานแต่ละท่าน						
สัญญาณไฟจราจรแบบเชื่อมโยง (Co-ordinated Traffic signals)	√	√	x	√	√	√
สัญญาณไฟจราจรแบบปรับตามปริมาณจราจรได้ (Adaptive traffic signal-Vehicle Actuated)	√	x	x	x	√	√
การจัดลำดับก่อนหลังรถขนส่งสาธารณะ (Public Transport)	√	√	x	√	√	√
การกำหนดเส้นทางของรถขนส่งสาธารณะ (Bus Route)	√	√	x	√	√	√
ช่องจราจรสำหรับรถขนส่งสาธารณะ (Bus Lane)	√	x	x	√	√	√
การจัดตั้งการจราจร (Traffic Clearing)	x	x	x	x	√	√
การควบคุมการจำลองการจอด (Ramp Metering)	√	√	√	x	√	√
รถจักรยานยนต์ (Motorcycle)	x	x	x	x	x	√
คนเดินเท้า (Pedestrian)	x	√	x	√	√	√
ที่จอดรถ (Parking)	x	x	x	x	√	√

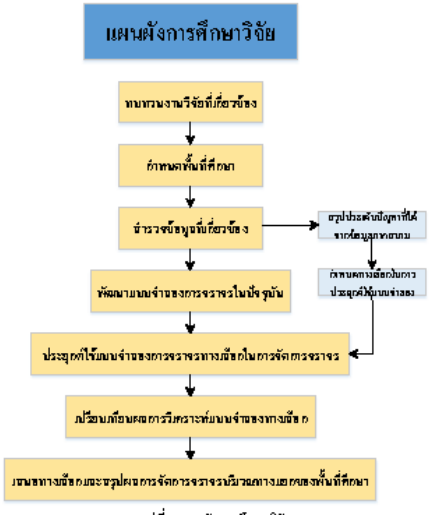
ที่มา : University of Leeds (2000) อ้างอิงใน วุฒิไกร ไชยปัญหา (2553)

ยอดภูฟ้าผล และคณะ [6] ได้สรุปผลการศึกษาการจัดการระบบจราจรบริเวณห้าแยกถังสตาลมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค VISSIM ในการประเมินมาตรการในการแก้ไขปัญหาการจราจรคึดขัดที่บริเวณทางแยกดังกล่าว พบว่า ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกคือ การเพิ่มความกว้างของช่องจราจร และการปรับปรุงรอบสัญญาณไฟจราจร สามารถช่วยลดความล่าช้าเฉลี่ยบริเวณทางแยกได้ 13 วินาที

Verkehr In Städten – SIMulationsmodell (VISSIM) เป็นแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคที่ขาดพลวัตกรรมการขับขี่ในการสร้างขึ้นฐานของแบบจำลอง โดย VISSIM ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกที่ University of Karlsruhe ประเทศเยอรมนี และถูกพัฒนาโดยบริษัท Planung Transport Verkehr [PTV] โดยเป็นส่วนหนึ่งของ PTV Vision [7] ปัจจุบัน VISSIM ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการจำลองสภาพการจราจรในเขตเมืองและการทำงานของระบบขนส่งมวลชน โปรแกรม VISSIM ถือเป็นเครื่องมือที่มีความเหมาะสมและสะดวกที่ใช้สำหรับประเมินทางเลือกในการใช้งานด้านจราจรของโครงงานจราจร โดยข้อมูลที่รายงานในผลจากการจำลองของโปรแกรมประกอบด้วย ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการใช้งานด้านการจราจร เช่น ปริมาณจราจร ความหนาแน่นเฉลี่ย เวลาในการเดินทาง ความล่าช้าในการเดินทาง ความยาวของแถวคอย เป็นต้น ซึ่งภายในโปรแกรม VISSIM ประกอบด้วยโปรแกรมย่อยซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกัน 2 โปรแกรม คือ 1) โปรแกรมการสร้างแบบจำลองสภาพการจราจร (Traffic Simulation) เป็นการจำลองสภาพการจราจรของกระแสการจราจรในระดับจุลภาค โดยโปรแกรม VISSIM จะทำหน้าที่ครรกะของการขับขี่ตามกัน และทำหน้าที่ครรกะของการเปลี่ยนช่องจราจร และ 2) โปรแกรมสร้างสภาวะการควบคุมสัญญาณไฟจราจร โดยโปรแกรมจะสร้างสภาวะสัญญาณไฟจราจร (Signal State Generator) เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณสภาวะสัญญาณไฟจราจรใน Time Step ถัดไป โดยจะรับข้อมูลสภาพการจราจรของ Time Step ในปัจจุบันที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณจากแบบจำลองสภาพการจราจร จากนั้นทำการคำนวณและส่งผลลัพธ์ที่ได้กลับไปยังแบบจำลองสภาพการจราจรอีกครั้ง เพื่อใช้ในการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบต่อเนื่องของสภาพการจราจร และวิเคราะห์ผลจากการจำลอง เช่น ความยาวแถวคอยหรือเวลาในการเดินทาง เป็นต้น [8], [9] และ[10]

3. ระเบียบวิธีวิจัย

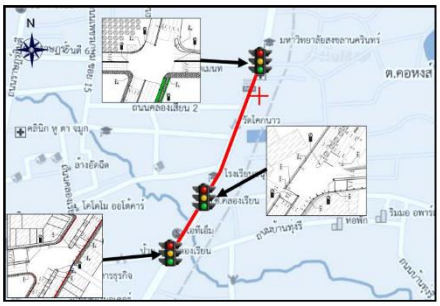
การศึกษาการวิเคราะห์เพื่อหามาตรการในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกบนถนนกาญจนวนิช ตั้งแต่ทางแยกสถานีขนส่งหาดใหญ่ถึงทางแยกทางสี่ มีขั้นตอนในการศึกษาวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนผังการศึกษาวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้เลือกถนนกาญจนวนิช อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เป็นพื้นที่ศึกษา โดยคณะผู้วิจัยได้เลือกทางแยกตั้งแต่ทางแยกคลองเรียนถึงทางแยกหน้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เป็นกรณีศึกษา ซึ่งประกอบด้วยทางแยกจำนวน 3 ทางแยก ได้แก่ แยกคลองเรียน แยกปุณณกัณฑ์ และแยกหน้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยที่ทางแยกคลองเรียนถึงทางแยกปุณณกัณฑ์ มีระยะทาง 0.36 กิโลเมตร และทางแยกปุณณกัณฑ์ถึงทางแยกหน้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีระยะทาง 0.85 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวเป็นเส้นทางเชื่อมไปยังสถานที่สำคัญหลายแห่ง เช่น สถานที่ราชการ บริษัทเอกชน ห้างสรรพสินค้า โรงเรียน โรงพยาบาล เป็นต้น รวมทั้งเป็นเส้นทางที่ใช้สัญจรระหว่างเมืองสะเดา-หาดใหญ่-สงขลา ส่งผลให้พื้นที่ดังกล่าวมีการจราจรติดขัดอย่างมาก ทั้งช่วงชั่วโมงเร่งด่วนตอนเช้าและตอนเย็น ซึ่งทั้งสามทางแยกนี้มีปัญหาการจราจรสูงสุด เช่น แถวคอยมีความยาวมาก ลักษณะทางกายภาพไม่เหมาะสม ทางแยกทั้งสามทางแยกอยู่ใกล้กันมาก เป็นต้น ดังนั้นพื้นที่ดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมในการศึกษาการวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกให้ดีขึ้น



รูปที่ 4 ตำแหน่งและลักษณะทางกายภาพพื้นที่ศึกษา

3.2 การสำรวจข้อมูล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ทำการสำรวจข้อมูลภาคสนามเพื่อพัฒนาแบบจำลองระดับจุลภาค ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

- ข้อมูลปริมาณจราจร ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน (เช้า-เย็น) ได้แก่ ปริมาณจราจรบริเวณทางแยก ความยาวแถวคอย และความเร็ว
- ข้อมูลการควบคุมจราจรบริเวณทางแยก ได้แก่ ระบบสัญญาณไฟจราจรและจังหวะรอบสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น
- ข้อมูลลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก
- ข้อมูลประเด็นปัญหาต่างๆ ที่ส่งผลต่อการจราจรบริเวณทางแยกของพื้นที่ศึกษา

การสำรวจปริมาณจราจรได้ทำการสำรวจออกเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงเวลาละ 2 ชั่วโมง คือ ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนตอนเช้า เวลา 07:00-09:00 น. และช่วงชั่วโมงเร่งด่วนตอนเย็น เวลา 16:00-18:00 น. โดยมีการจดบันทึกปริมาณจราจรทุกๆ 15 นาที ซึ่งช่วงดังกล่าว ห้างเซ็นทรัลเฟสติวัลหาดใหญ่ ยังไม่เปิดให้บริการ

3.3 การพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค (VISSIM)

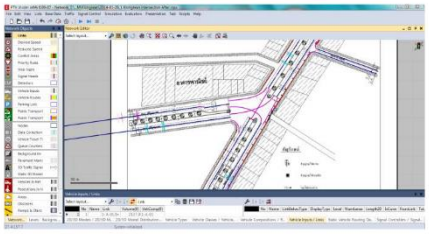
การพัฒนาแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค เพื่อจัดการปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกด้วยโปรแกรม VISSIM เพื่อหาทางเลือกในการจัดการจราจรที่เหมาะสม โดยมีการอ้างอิงของรายละเอียดขั้นตอนจาก [8] และ [9] ดังนี้

3.3.1 การนำเข้าภาพของลักษณะทางกายภาพของบริเวณทางแยกต่างๆ เป็นพื้นหลังในการสร้างแบบจำลอง

สุวิช [8] อธิบายว่า เป็นการบันทึกตำแหน่งของทางแยกทางอากาศจากโปรแกรม Google Earth และนำภาพที่ได้จัดทำมาตราส่วนด้วยโปรแกรม Auto จากนั้นบันทึกไฟล์เป็นรูปภาพ .png และนำภาพเข้าสู่โปรแกรม VISSIM ซึ่งนำมาเป็นภาพพื้นหลังในการสร้างแบบจำลอง

3.3.2 การสร้างลักษณะทางกายภาพเหมือนสภาพจริง

สุวิช [8] อธิบายว่า เป็นการสร้างเส้นทาง (Link) เป็นการสร้างแนวเส้นทางของถนน โดยแต่ละ Link จะมีการกำหนดจำนวนช่องจราจร และความกว้าง รวมทั้งพื้นจอครถบนผิวทางริมถนน จากนั้นทำการเชื่อม Link แต่ละ Link เข้าด้วยกันนั้นเรียกว่า Connector จนทำให้เกิดโครงข่ายของถนนในแบบจำลองสภาพเหมือนจริง ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 การเชื่อมต่อ Link บริเวณทางแยก

3.3.3 การนำเข้าข้อมูลปริมาณจราจรและการกำหนดทิศทางกระแสจราจรของยานพาหนะแต่ละประเภท

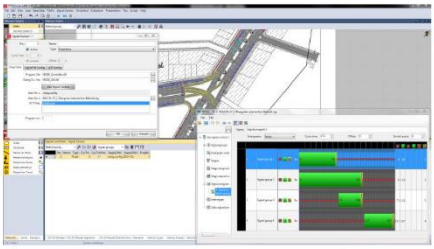
เป็นการนำเข้าข้อมูลของปริมาณจราจรจริงที่ได้จากการสำรวจในพื้นที่ศึกษาและเป็นการกำหนดทิศทางกระแสจราจรแต่ละประเภท ที่วิ่งผ่านบริเวณทางแยก จากทิศทางหนึ่งไปยังอีกทิศทางหนึ่ง (ซ้าย-ตรง-ขวา) พร้อมกรอกข้อมูลปริมาณจราจรของยานพาหนะที่ได้จากการสำรวจในภาคสนาม โดยแยกประเภทของยานพาหนะออกเป็น 5 ประเภท คือ 1) รถจักรยานยนต์ (Motorcycle) 2) รถยนต์ (Car) 3) รถบรรทุก (Truck) 4) รถบัส (Bus) และ 5) รถจักรยาน (Bicycle) พร้อมกรอกข้อมูลความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภท ดังแสดงในรูปที่ 6

รูปที่ 6 การกำหนดทิศทางจราจรและการนำเข้าข้อมูลปริมาณจราจร

3.3.4 การสร้างระบบสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก

เป็นการจำลองระบบสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกของพื้นที่ศึกษา เพื่อกำหนดระยะเวลาของรอบสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก ให้มีลักษณะเสมือนจริง ดังแสดงในรูปที่ 7

ในการศึกษาครั้งนี้ คณะผู้วิจัยเน้น การศึกษาการแก้ไขปัญหาของลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกเป็นหลัก การจัดการระบบสัญญาณไฟจราจรนั้น คณะผู้วิจัยจะทำการศึกษาในอนาคตต่อไป



รูปที่ 7 การกำหนดทิศทางจราจรและการนำเข้าข้อมูลปริมาณจราจร

3.4 การปรับเทียบและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองระดับจุลภาค

การปรับเทียบแบบจำลองจะต้องนำข้อมูลสภาพการจราจรที่ได้จากการสำรวจภาคสนามในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเท่านั้น ในการวิเคราะห์การจัดการจราจรและขนส่งด้วยแบบจำลองระดับจุลภาคนั้น ผลที่ได้จะต้องผ่านเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ อ้างอิงจาก [5] ดังต่อไปนี้

3.4.1 การปรับเทียบแบบจำลอง

การพัฒนาแบบจำลองระดับจุลภาค จำเป็นต้องมีการปรับเทียบแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองที่ได้มีความถูกต้องและเป็นที่ยอมรับ โดยใช้ดัชนีตัวชี้วัดในการปรับเทียบและการประยุกต์ใช้แบบจำลอง เช่น ปริมาณจราจร เวลาในการเดินทาง ความเร็วในการเดินทาง และความยาวของแถวคอย เป็นต้น

ในการศึกษาครั้งนี้ คณะผู้วิจัยจะเน้นการนำเสนอทางเลือกสำหรับการแก้ไขปัญหาด้านการจราจรในบริเวณพื้นที่ศึกษา เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมและสามารถแก้ไขปัญหาการจราจรที่ติดขัดเท่านั้น โดยไม่ได้พิจารณาถึงการปรับเทียบแบบจำลองระดับจุลภาค คณะผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่า ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม VISSIM มีความถูกต้อง และในส่วนของขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลองระดับจุลภาค คณะผู้วิจัยทำการศึกษาขั้นต่อไปในอนาคต

3.4.2 การปรับเทียบโครงข่าย

การปรับเทียบโครงข่ายถนน ทำการกำหนดตามข้อมูลที่ได้จากการสำรวจข้อมูลภาคสนามซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก ดังนี้ 1) ลักษณะทางกายภาพของโครงข่ายถนน เช่น ความกว้างของช่องจราจร จำนวนช่องจราจร ลักษณะการเลี้ยว เป็นต้น และ 2) เส้นหยุดรถ เป็นต้น

3.4.3 การปรับเทียบปริมาณจราจร

การปรับเทียบปริมาณจราจรด้วยโปรแกรม VISSIM โดยนำข้อมูลจากภาคสนามเป็นองค์ประกอบในการปรับเทียบ ได้แก่ สัดส่วนประเภทของยานพาหนะ ความเร็ว เป็นต้น การกำหนดสัดส่วนประเภทของยานพาหนะแต่ละประเภท สามารถแบ่งประเภทของยานพาหนะออกเป็น 5 ประเภท คือ 1) รถจักรยานยนต์ (Motorcycle) 2) รถยนต์ (Car) 3) รถบรรทุก (Truck) 4) รถบัส (Bus) และ 5) รถจักรยาน (Bicycle)

3.5 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

การวิเคราะห์ทางเลือกด้วยการประยุกต์ใช้แบบจำลองระดับจุลภาค โดยโปรแกรม VISSIM เพื่อทำการวิเคราะห์และประเมินทางเลือก โดยมีการประยุกต์ใช้ตามหลักการทางวิศวกรรมจราจรในการสร้างทางเลือกในการแก้ไขปัญหาด้านการจราจรในบริเวณพื้นที่ศึกษา

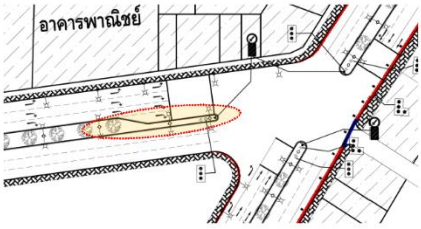
3.5.1 สามแยกคลองเรียน

คณะผู้วิจัยทำการสำรวจพื้นที่บริเวณสามแยกคลองเรียนอย่างละเอียด เพื่อสำรวจปัญหาที่ส่งผลต่อการจราจรที่ติดขัด พบปัญหาที่ส่งผลต่อการจราจร ดังนี้

ปัญหาที่ 1 มีการจอดรถซ้อนคัน และมีการจอดรถในบริเวณที่ห้ามจอด (ขาว-แดง) และมีการจอดรถใกล้บริเวณทางแยกเนื่องจากมีร้านค้าต่างๆ และตลาดสดเปิดให้บริการใกล้บริเวณทางแยกดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 8

รูปที่ 8 การจอดรถบริเวณใกล้ทางแยก และจอดรถบริเวณที่ห้ามจอด

ปัญหาที่ 2 ช่องรอเลี้ยวขวาไม่สอดคล้องกับปริมาณจราจรในปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 9

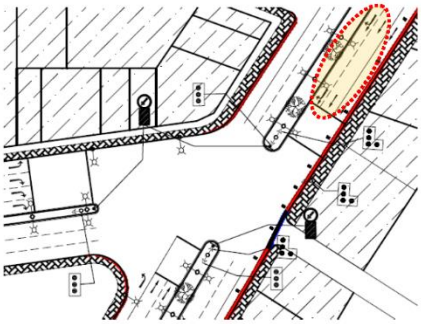


รูปที่ 9 ช่องรอเลี้ยวขวาถนนศรีวุวนารถบริเวณทางแยกคลองเรือนไม่สอดคล้องกับปริมาณจราจรในปัจจุบัน

ปัญหาที่ 3 ร่องระบายน้ำข้างทางมีระดับไม่เท่ากับผิวจราจร และมีความกว้างประมาณ 0.75- 1.0 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 10

รูปที่ 10 ร่องระบายน้ำข้างทาง บริเวณแยกคลองเรือน

ปัญหาที่ 4 การจัดทิศทางกระแสจราจร ความกว้าง และจำนวนช่องจราจรไม่มีความเหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 การจัดทิศทางกระแสจราจร บริเวณทางแยกคลองเรือน

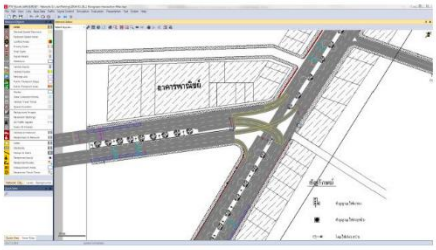
ปัญหาที่ 5 ระบบสัญญาณไฟจราจรไม่สอดคล้องกับปริมาณจราจร เนื่องจากรอบของสัญญาณไฟจราจรในปัจจุบันได้ถูกออกแบบมาเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้รอบสัญญาณไฟจราจรไม่สอดคล้องกับปริมาณจราจรในปัจจุบัน ซึ่งส่งผลทำให้เกิดการจราจรที่ติดขัดมากขึ้น

จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยสามารถสรุปปัญหา และได้นำมาสร้างแบบจำลองทางเลือกในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกดังกล่าวได้ 5 แบบจำลอง ดังนี้

- แบบจำลองที่ 1 สภาพปัจจุบัน เป็นการจำลองสภาพการจราจรโดยอ้างอิงจากสภาพการจราจรเป็นอยู่ในสภาพปกติ ที่มีลักษณะการจราจรเหมือนกับพื้นที่จริง ดังแสดงในรูปที่ 12

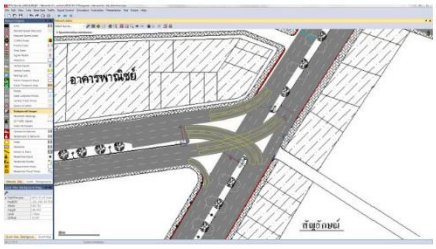
รูปที่ 12 แบบจำลองที่ 1 ลักษณะทางกายภาพในปัจจุบัน บริเวณแยกคลองเรือน

- แบบจำลองที่ 2 การห้ามจอดรถใกล้บริเวณทางแยก (แก้ปัญหาที่ 1) โดยมีการกำหนดในแบบจำลอง ห้ามมีการจอดรถใกล้บริเวณทางแยก และการห้ามจอดซ้อนคันใกล้บริเวณทางแยกระยะ 50 เมตรก่อนถึงทางแยก ดังแสดงในรูปที่ 13



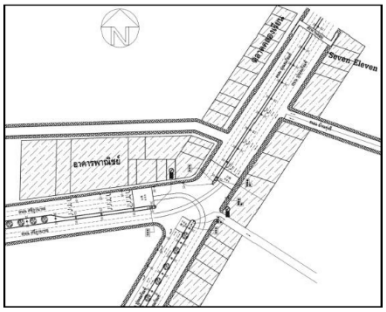
รูปที่ 13 แบบจำลองการห้ามจอดรถก่อนถึงทางแยกระยะ 50 เมตร

- แบบจำลองที่ 3 การปรับเปลี่ยนทิศทางของกระแสจราจร (แก้ปัญหาที่ 4) คณะผู้วิจัยทำการปรับเปลี่ยนทิศทางกระแสจราจรบริเวณทางแยก ให้มีความเป็นไปได้อย่างเหมาะสมที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 14 แบบจำลองที่ 3 การปรับเปลี่ยนทิศทางกระแสจราจร

• แบบจำลองที่ 4 การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก (แก้ปัญหาที่ 2 3 และ 4) คณะผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพบนถนนกาญจนาภิเษกจาก 3 ช่องจราจร เป็น 4 ช่องจราจรซึ่งช่องที่ 4 เพิ่มเป็นช่องรอเลี้ยวขวาไปถนนศรีวัฒนารถ และปรับปรุงผู้ระบายน้ำข้างทางให้มีระดับเดียวกับผิวจราจรเพื่อเพิ่มความกว้างของผิวจราจร ดังแสดงในรูปที่ 15



รูปที่ 15 แบบจำลองที่ 4 การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ

• แบบจำลองที่ 5 แบบจำลองการรวมทุกกรณี คณะผู้วิจัยได้นำแบบจำลองที่ 2 3 และ 4 รวมกัน ดังแสดงในรูปที่ 16 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหา จากนั้นนำมาวิเคราะห์ผล เพื่อพิจารณาผลต่างของค่าดัชนีตัวชี้วัดมากน้อยเพียงใด เพื่อหาทางเลือกที่มีความเหมาะสมที่สุด

รูปที่ 16 แบบจำลองการรวมทุกกรณี บริเวณทางแยกคลองเรียน

3.5.2 บริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์และบริเวณทางแยกหน้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

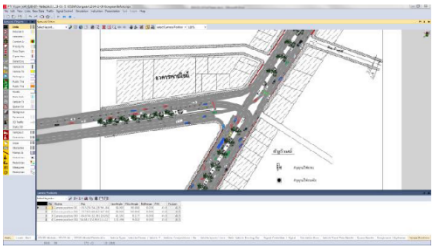
จากการสำรวจพื้นที่ศึกษาบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์และแยกหน้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พบว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นมีลักษณะคล้ายคลึงกับทางแยกคลองเรียน คณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาแบบจำลองทางเลือกในการจัดการจราจร โดยไม่ต้องสร้างแบบจำลองเหมือนกับทางแยกคลองเรียน คณะผู้วิจัยจึงสร้างแบบจำลองเพียง 2 แบบจำลอง ดังนี้

• แบบจำลองที่ 1 สภาพปัจจุบัน
• แบบจำลองที่ 2 การรวมทางเลือกทุกกรณี

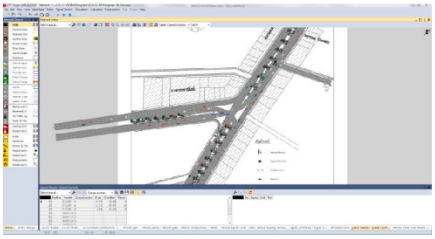
4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการวิเคราะห์ทางเลือกในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกคลองเรียน

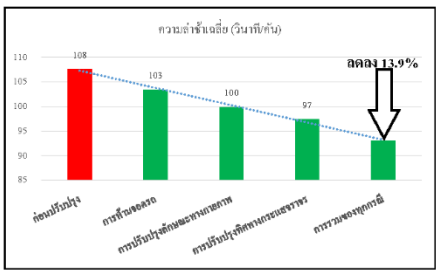
จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม VISSIM คณะผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองออกเป็น 5 แบบจำลองทางเลือก ก่อนและหลังการปรับปรุง ดังแสดงในรูปที่ 17-18 เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกโดยใช้ดัชนีตัวชี้วัด ดังแสดงในรูปที่ 18-21 และค่าความแตกต่างของดัชนีตัวชี้วัดแบบจำลองทางเลือก ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3



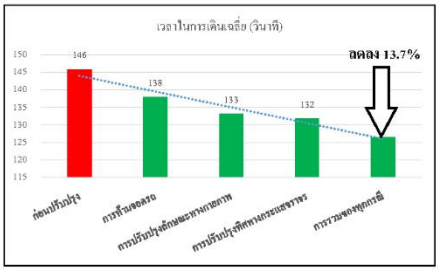
รูปที่ 17 สภาพการจราจรปัจจุบันก่อนการปรับปรุง (แยกคลองเรียน)



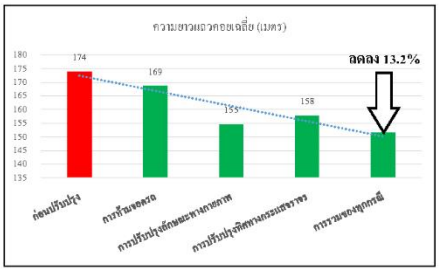
รูปที่ 18 สภาพการจราจรหลังการปรับปรุง (แยกคลองเรียน)



รูปที่ 19 การเปรียบเทียบค่าความล่าช้าเฉลี่ยของแต่ละทางเลือก



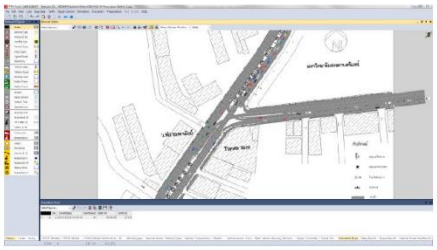
รูปที่ 20 การเปรียบเทียบเวลาในการเดินเฉลี่ยของแต่ละทางเลือก



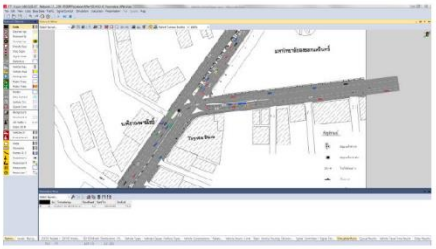
รูปที่ 21 การเปรียบเทียบค่าความล่าช้าเฉลี่ยของแต่ละทางเลือก

4.2 ผลการวิเคราะห์ผลทางเลือกในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์

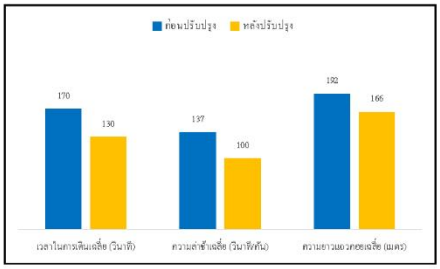
จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม VISSIM บริเวณทางแยกปุณณกัณฑ์ ได้สร้างแบบจำลองออกเป็น 2 แบบจำลอง คือ แบบจำลองก่อนการปรับปรุง และแบบจำลองหลังการปรับปรุง ดังแสดงในรูปที่ 22-23 ซึ่งแบบจำลองหลังการปรับปรุงเป็นการรวมทุกทางเลือก เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการจัดการจราจร โดยใช้ดัชนีตัวชี้วัด ดังแสดงในรูปที่ 24 นอกจากนี้ ค่าความแตกต่างของดัชนีตัวชี้วัดแบบจำลองทางเลือก ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3



รูปที่ 22 สภาพการจราจรปัจจุบันก่อนการปรับปรุง (แยกปุณณกัณฑ์)



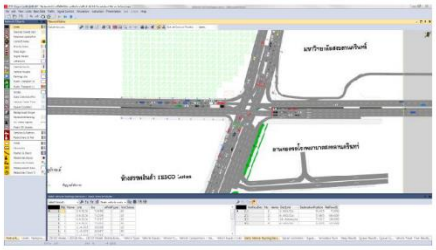
รูปที่ 23 สภาพการจราจรหลังการปรับปรุง (แยกปุณณกัณฑ์)



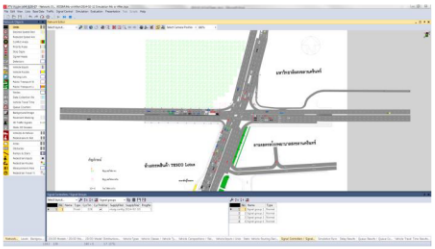
รูปที่ 24 การเปรียบเทียบระหว่างก่อน-หลังการปรับปรุง

4.3 ผลการวิเคราะห์ผลทางเลือกในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกหน้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

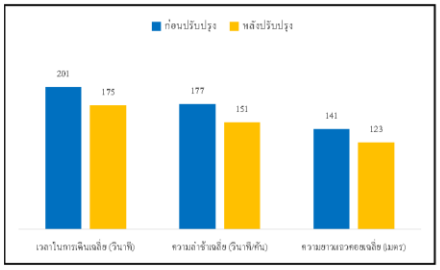
จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม VISSIM บริเวณทางแยกหน้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้สร้างแบบจำลองออกเป็น 2 แบบจำลอง คือ แบบจำลองก่อนการปรับปรุง และแบบจำลองหลังการปรับปรุง ดังแสดงในรูปที่ 25-26 ซึ่งแบบจำลองหลังการปรับปรุงเป็นการรวมทุกทางเลือก เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการจัดการจราจร โดยใช้ดัชนีตัวชี้วัด ดังแสดงในรูปที่ 27 นอกจากนี้ ค่าความแตกต่างของดัชนีตัวชี้วัดแบบจำลองทางเลือก ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3



รูปที่ 25 สภาพการจราจรปัจจุบันก่อนการปรับปรุง
(แยกหน้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)



รูปที่ 26 สภาพการจราจรปัจจุบันหลังการปรับปรุง
(แยกหน้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)



รูปที่ 27 การเปรียบเทียบระหว่างก่อน-หลังการปรับปรุง

ตารางที่ 3 ดัชนีตัวชี้วัดความแตกต่างของแบบจำลองทางเลือกการจัดการจราจรระดับจุลภาค

ชื่อทางแยก	แบบจำลองทางเลือก		ดัชนีตัวชี้วัด					
			ระยะเวลาในการเดินเฉลี่ย (วินาที)	ค่าความแตกต่าง	ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาทีต่อคัน)	ค่าความแตกต่าง	ความยาวแถวคอยเฉลี่ย (เมตร)	ค่าความแตกต่าง
แยกคลองเรียน	ก่อนปรับปรุง		146	0	108	0	174	0
	หลังปรับปรุง	การห้ามจอดรถ	138	-8	103	-4	169	-5
		การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ	133	-13	100	-8	155	-19
		การปรับปรุงทิศทางกระแสจราจร	132	-14	97	-10	158	-16
		การรวมทุกกรณี	126	-19	93	-15	151	-22
แยกปุณณกัณฑ์	ก่อนปรับปรุง		170	0	137	0	192	0
	หลังปรับปรุง		130	-40	100	-37	166	-26
แยกหน้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	ก่อนปรับปรุง		201	0	177	0	141	0
	หลังปรับปรุง		175	-26	151	-26	123	-19

จากการสร้างแบบจำลองทางเลือกในการจัดการจราจรเพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรที่ติดขัดบริเวณทางแยก ของพื้นที่ศึกษาจำนวน 3 ทางแยก ประกอบด้วย ทางแยกคลองเรียน ทางแยกปุณณกัณฑ์ และทางแยกหน้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยพิจารณาจากดัชนีตัวชี้วัดของทั้ง 3 ทางแยก พบว่า ทางเลือกที่ 5 การรวมทุกทางเลือก เป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมที่สุดและมีประสิทธิภาพสูงสุดในการแก้ไขปัญหาการจราจรบริเวณทางแยก เนื่องจากสามารถบรรเทาปัญหาการจราจรในแง่ของ เวลาในการเดินทาง ความยาวของแถวคอย และความล่าช้าบริเวณทางแยกทั้ง 3 ทางแยกให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นกว่าสภาพการจราจรในปัจจุบัน และมีประสิทธิภาพมากกว่ากรณีทางเลือกที่ 1-4 อย่างเห็นได้ชัด ดังนั้น ทางเลือกที่ 5 คือการรวมทุกทางเลือก จึงเป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหาจราจร เพื่อนำเสนอแก่หน่วยงานท้องถิ่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อพิจารณาในการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

อย่างไรก็ตาม จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า แบบจำลองทางเลือกการจัดการจราจรระดับจุลภาค ก่อนและหลังการปรับปรุง สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการจราจรอย่างเห็นได้ชัด โดยดูจากค่าดัชนีตัวชี้วัด คือ ระยะเวลาในการเดินทางเฉลี่ย ความล่าช้าเฉลี่ย และความยาวแถวคอยเฉลี่ย ซึ่งค่าดัชนีตัวชีวัดมีความแตกต่างลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้การจราจรบริเวณทางแยกดังกล่าวดีขึ้น

5. สรุปผล

การวิเคราะห์การจัดการจราจรระดับจุลภาค โดยใช้โปรแกรม VISSIM ในการสร้างแบบจำลองในการศึกษาครั้งนี้ เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์และประเมินทางเลือกในการจัดการจราจร ซึ่งโปรแกรม VISSIM เหมาะสมกับการวิเคราะห์สภาพปัญหาการจราจรที่ติดขัด และสามารถแสดงผลสองมิติ และสามมิติ ในการนำเสนอเพื่อให้เกิดความเข้าใจได้ง่าย

จากการวิเคราะห์สภาพการจราจรของพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 ทางแยก โดยการสร้างแบบจำลองทางเลือกในการจัดการจราจรระดับจุลภาค โดยใช้ดัชนีตัวชี้วัด คือ เวลาในการเดินเฉลี่ย ความยาวแถวคอยเฉลี่ย และความล่าช้าเฉลี่ย พบว่า จากการจำลองสภาพการจราจรในปัจจุบัน เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางเลือก โดยใช้ดัชนีตัวชี้วัดค่าต่างๆ เห็นได้ว่าค่าดัชนีตัวชี้วัดลดลงอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางเลือกในการจัดการจราจรที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาด้านการจราจรสูงสุดของทั้ง 3 ทางแยก คือ ทางเลือกที่ 5 การรวมทางเลือก ประกอบด้วย การห้ามจอดรถบริเวณทางแยก การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ และการปรับปรุงทิศทางกระแสการจราจร

6. ข้อเสนอแนะ

ผลจากการวิจัยครั้งนี้ เป็นการนำเสนอทางเลือกในการจัดการจราจรที่เกี่ยวข้องกับการห้ามจอดรถบริเวณทางแยก การปรับทิศทางกระแสการจราจร และปรับลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกให้มีความเหมาะสมเท่านั้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไป คณะผู้วิจัยจะทำการปรับเทียบแบบจำลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค และศึกษาในส่วนของการจัดการจราจรของระบบสัญญาณไฟจราจรเป็นทางเลือกเพิ่มเติม

อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาการพัฒนาแบบจำลองทางเลือกในการจราจรระดับจุลภาคครั้งนี้ยังมีจุดอ่อนและข้อจำกัดของงานวิจัย ดังนี้ 1) ยังขาดผู้เชี่ยวชาญในด้านการพัฒนาแบบจำลองระดับจุลภาคด้วยโปรแกรม VISSIM และผู้วิจัยยังขาดความชำนาญในการใช้โปรแกรม VISSIM ทำให้ความถูกต้องของแบบจำลองยังไม่มีความถูกต้องมากนัก 2) หากมีการนำไปสู่การปฏิบัติจริง ต้องพิจารณาถึงเรื่องงบประมาณในการจัดการจราจร ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ ไม่ได้พิจารณาในด้านงบประมาณทำให้ไม่สามารถแสดงรายละเอียดของงบประมาณในการจัดการจราจรทั้งหมดได้ และ 3) ต้องมีการบังคับใช้กฎหมายอย่างเคร่งครัด เช่น การควบคุม การให้ความรู้ด้านพฤติกรรมการขับขี่ที่ปลอดภัยและถูกต้องตามกฎหมาย ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญและไม่สามารถควบคุมได้

คณะผู้จัยเห็นว่า ปัจจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้น เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งที่ส่งผลให้เกิดปัญหาการจราจรที่ตัดขัดอยู่ในปัจจุบัน หากได้รับการแก้ไขปัญหาดังกล่าวตามหลักวิศวกรรม เช่น การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพและการปรับเปลี่ยนทิศทางกระแสจราจร ให้มีความเหมาะสมกับสภาพการจราจรในปัจจุบัน สามารถแก้ปัญหาการจราจรที่ติดขัดในอนาคตได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ ขอขอบคุณทุนอุดหนุนวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ประจำปีงบประมาณ 2556 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ขอขอบคุณ คุณชุลกีฟลี มามะ ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการทำงานของโปรแกรม VISSIM และขอขอบคุณนักศึกษาปริญญาตรีและเพื่อนร่วมรุ่นทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการสำรวจข้อมูลภาคสนาม

เอกสารอ้างอิง

[1] Choa F. Milam R.T. and Stand D. 2003. CORSIM, PARAMICS, and VISSIM. What the Manuals Never Told You. Paper Presented at the 9th Conference on the Application of Transportation Planning Methods: Apr 6-11; Batan Rouge (LA). USA.

[2] Dowling, R., Skabardonis,A. and Alexiadis.V. 2004 .Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software. CA. : Dowling Associates, Inc.

[3] Boxill, S, A. (2007). An evaluation of 3-d traffic simulation modeling capabilities. Research Report SWUTC/07/167621-1. USA.: Center for Transportation Training and Research Texas Southern University.

[4] Ratrout N.T., & Rahman S, M. (2008). A comparative analysis of currently used microscopic and macroscopic traffic simulation software. Department of Civil Engineering King Fahd University of Petroleum & Minerals Dhahran, Saudi Arabia. The Arabian Journal for Science and Engineering, 34(1B).

[5] วุฒิไกร ไชยปัญหา และพนกฤษณ คลังบุญครอง, "การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบการจัดการจราจร ณ บริเวณห้าแยก (ศาลเจ้าพ่อหลักเมือง) จังหวัดขอนแก่น โดยใช้โปรแกร PARAMICS", การประชุมวิชาการสมาคมวิจัยวิทยาการขนส่งแห่งเอเชีย (ATRANS), ครั้งที่ 3, พ.ศ. 2553, หน้า 28 -38.

[6] เจตนฎา คำผอง, เอกพล คนเอก, สุรัตน์ วรรณทอง และธเนศ เสถียรนาม, "การจัดการจราจรบริเวณห้าแยกกังสดาล มหาวิทยาลัยขอนแก่นโดยประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค", การประชุมวิชาการสมาคมวิจัยวิทยาการขนส่งแห่งเอเชีย (ATRANS), ครั้งที่ 6, พ.ศ. 2556.

[7] PTV Planning Transport Verkehr AG [PTV]. (2013). VISSIM 6.00-07. User Manual, PTV, Karlsruhe

[8] สุวิช เพชรชมพูพันธ์ และ จำรัส พิทักษ์สถุงศาร, "การวิเคราะห์ความจุบนถนนสายหลักโดยแบบจำลองระดับจุลภาค กรณีศึกษาช่วงถนนอ่อนนุช – ลาดกระบัง", การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18, หน้า TRP-142 - TRP-149, พ.ศ. 2556.

[9] สมิทธ์ อักษิโสภา และ จำรัส พิทักษ์สถุงศาร, "การศึกษาเพื่อปรับปรุงจุดตัดทางรถไฟ โดยใช้ระบบอาณัติสัญญาณไฟอัตโนมัติและใช้แบบจำลองระดับจุลภาค กรณีศึกษาป้ายหยุดรถไฟพระจอมเกล้า", การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18, หน้า TRP-137 - TRP-141, พ.ศ. 2556.

[10] วราศักดิ์ ปะสังติโย, ธเนศ เสถียรนาม, วิชุดา สเถียรนาม, และอรรถพลสีดำ, "การวิเคราะห์การจัดการจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ที่ทางแยกสัญญาณไฟจราจร", การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18, หน้า TRP 236 – TRP 242, พ.ศ. 2556

The Engineering Institute of Thailand Under H.M. The King's Patronage
&
Department of Civil Engineering, Khon Kaen University

Presents this Certificate of Recognition to

Mr. Chaiwat YAIBOK

For Participation and Presentation
Entitled

Analysis of Traffic Management at Intersections from Hat Yai Bus Terminal of Intersection to Kho-Hong Intersection

In the 19th National Convention on Civil Engineering
Pullman Khon Kaen Raja Orchid Hotel, Khon Kaen, Thailand
14 – 16 May 2014

(Prof. Schatvee SUWANSAWAT)
Director of EIT

(Assoc. Prof. Chinawat MUKTABHANT)
Head of Civil Engineering Dept., KKU

บทความงานวิจัยเรื่องที่ 2

ได้รับการตีพิมพ์บทความวิจัยในวารสารวิชาการคณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.

บทความวิจัย วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2558

การวิเคราะห์การจัดการจราจรของชุดทางแยกต่อเนื่อง กรณีศึกษาเทศบาลนครหาดใหญ่

An Analysis of Traffic Management of Multiple Consecutive Intersections: A Case Study of Hat Yai Municipality

ชัยวัฒน์ ใหญ่บก* ปรเมศวร์ เหลือเทพ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

Chaiwat Yaibok* Paramet Luathep
Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, Thailand, 90112
Tel : 08-2432-3812, E-mail: Chaiwat.y3@gmail.com

บทคัดย่อ

หาดใหญ่เป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจและสังคมของภาคใต้ตอนล่าง ก่อให้เกิดการเดินทางภายในตัวเมืองหาดใหญ่เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้มีปัญหาการจราจรติดขัดตามมาโดยเฉพาะในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ปัญหาดังกล่าวมีความรุนแรงเป็นอย่างมากบนช่วงถนนที่มีทางแยกต่อเนื่อง แต่แนวทางการจัดการจราจรในปัจจุบันมักพิจารณาทางแยกเป็นอิสระจากกัน บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางการวิเคราะห์การจัดการจราจรของชุดทางแยกต่อเนื่อง โดยใช้ถนนกาญจนวนิช ช่วงระหว่างแยกคลองเรียนถึงแยกหน้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ระยะทาง 1.25 กิโลเมตร แต่มีทางแยกต่อเนื่อง 4 จุด) เป็นกรณีศึกษา คณะผู้วิจัยได้สำรวจลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา เพื่อเสนอวิธีการจัดการจราจร และวิเคราะห์ลักษณะการจราจรจากการจัดการแบบทางแยกเดี่ยวเปรียบเทียบกับแบบชุดทางแยก โดยใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค จากผลการศึกษา พบว่า การจัดการจราจรแบบชุดทางแยกสามารถลดเวลาในการเดินทาง ความล่าช้า และความยาวแถวคอยของทุกทางแยก ได้เฉลี่ยร้อยละ 31 27 และ 32 ตามลำดับ นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ผลประโยชน์และต้นทุนการจัดการจราจรบ่งชี้ว่าผลประโยชน์จากการวิเคราะห์กรณีปรับปรุงเฉพาะแยกคลองเรียนให้ผลคุ้มค่าที่สุด

คำหลัก ชุดทางแยกต่อเนื่อง การจัดการจราจร แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค หาดใหญ่

Abstract

Hat Yai is the economic and social center of lower southern Thailand. The city directly generates various trips, consequently causing traffic congestion problem, particularly in Hat Yai municipality area. The problem often occurs on the road sections connecting multiple continuous intersections. Existing approaches of traffic management consider each intersection independently. This paper aims to propose an analysis of traffic management of multiple continuous intersections by using the Kanjanavanit road between Khlongrien and Prince of Songkla University intersection (1.25 km. with four consecutive intersections) as a case study. The researchers surveyed the physical characteristics of the study area, proposed traffic management schemes, and analyzed the traffic conditions from the single and multiple intersection approaches by applying traffic micro-simulation. The results reveal that the proposed approach could reduce the travel time, delay, and queue length about 31%, 27%, and 32%, respectively. In addition, the results of benefit cost analysis indicate that the benefit from the improvement of Khlongrien intersection is the best improvement policy.

Keywords: multiple consecutive intersections, traffic

management, traffic micro-simulation, Hat Yai

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

หาดใหญ่ เป็นเมืองศูนย์กลางที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และการท่องเที่ยวของภาคใต้ตอนล่าง และเป็นจุดเชื่อมต่อในการเดินทางไปยังประเทศมาเลเซียและสิงคโปร์ ส่งผลให้ปัจจุบันเมืองหาดใหญ่โดยเฉพาะในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ประสบปัญหาการจราจรติดขัดและมีแนวโน้มที่ปัญหาดังกล่าวจะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้นเมื่อมีการเปิดการค้าเสรีอาเซียนในอนาคตอันใกล้

ถนนกาญจนวนิช เป็นเส้นทางสายหลักที่เชื่อมระหว่างตัวเมืองหาดใหญ่กับอำเภอสะเดา ซึ่งสามารถเดินทางข้ามแดนต่อไปยังประเทศมาเลเซียได้ เส้นทางดังกล่าวมีปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับลักษณะทางกายภาพของถนนได้ถูกออกแบบมานานไม่สอดคล้องกับลักษณะการจราจรในปัจจุบัน ทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็นเกือบทุกวัน ถึงแม้หน่วยงานท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องได้บูรณาการความร่วมมือเพื่อขอกำลังตำรวจจราจรมาอำนวยความสะดวกในช่วงเวลาเร่งด่วน ปัญหาการจราจรติดขัดอาจบรรเทาความรุนแรงลงได้บ้าง แต่เมื่อไม่มีเจ้าหน้าที่หรือมีไม่เพียงพอ ปัญหาดังกล่าวก็กลับมาดังเดิม การแก้ปัญหาในลักษณะนี้อาจไม่ยั่งยืนเมื่อเทียบกับเมืองหาดใหญ่ที่มีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง

ชัยวัฒน์ และปรเมศวร์ [1] ได้ศึกษาและเสนอการจัดการจราจรบนถนนกาญจนวนิช ช่วงระหว่างแยกคลองเรียนถึงแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ซึ่งมีระยะทางประมาณ 1.25 กิโลเมตร แต่มีทางแยกสัญญาณไฟจราจรต่อเนื่องกัน 4 ทางแยก และมีปัญหาการจราจรติดขัดเรื้อรังมาเป็นเวลานาน แนวทางการจัดการจราจรเบื้องต้นที่ได้นำเสนอ เน้นการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพเป็นหลัก เช่น ขนาดของช่องรอเลี้ยว ความยาวและความกว้างของเกาะกลาง เป็นต้น การจัดการทิศทางและกระแสจราจร และการจำกัดระยะการจอดรถริมทางก่อนถึงทางแยก อย่างไรก็ตาม ชัยวัฒน์ และปรเมศวร์ [1] ได้วิเคราะห์มาตรการการจัดการจราจรแบบต่างๆ ด้วยแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคของแต่ละทางแยกอิสระต่อกัน จากผลการศึกษา พบว่า การรวมทุกมาตรการช่วยลดปัญหาการจราจรติดขัดได้ในระดับหนึ่ง โดยสามารถลดเวลาในการเดินทางได้ร้อยละ 13.7 ความล่าช้าร้อยละ 13.9 และความยาวแถวคอยร้อยละ 13.2

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแนวทางการวิเคราะห์การจัดการจราจรของทางแยกต่อเนื่องแบบชุดทางแยก ซึ่งจะสามารถอธิบายผลประโยชน์และผลกระทบจากการจัดการจราจรของทางแยกหนึ่งหรือหลายทางแยกที่มีผลต่อภาพรวมของชุดทางแยกต่อเนื่องได้

บทความนี้ ประกอบด้วย 5 หัวข้อ หัวข้อต่อไปกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วิธีการศึกษากล่าวในหัวข้อที่ 3 ส่วนผลการศึกษาได้นำเสนอและอภิปรายในหัวข้อที่ 4 และสุดท้ายเป็นการสรุปผลและเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการของแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค

แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค หมายถึงการจำลองพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของยานพาหนะแต่ละประเภทที่อยู่ในโครงข่ายถนน ซึ่งประกอบด้วยเงื่อนไขการจราจร 2 ลักษณะ คือ 1) แบบพลวัต (dynamic) 2) แบบสุ่ม (stochastic) การจำลองพฤติกรรมของยานพาหนะจะถูกพิจารณาทุกๆ ช่วงเวลาย่อย (time step) โดยอาศัยหลักการพื้นฐานของการเคลื่อนที่ และพฤติกรรมการขับขี่ของยานพาหนะแต่ละคัน [2] ผลที่ได้จากแบบจำลองสามารถใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของถนน เช่น ระดับการให้บริการ เวลาและความล่าช้าในการเดินทาง ความยาวแถวคอย เป็นต้น

2.2 โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

ที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้จำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคให้มีความถูกต้องแม่นยำหลายโปรแกรม เช่น AIMSUN CORSIM NETSIM PARAMICS VISSIM และ Simtraffic เป็นต้น Mosseri และคณะ [3] ได้เปรียบเทียบคุณลักษณะของโปรแกรมข้างต้น เพื่อหาโปรแกรมที่เหมาะสมกับการพัฒนาแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคของ ocean parkway ในเมืองนิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา บริเวณพื้นที่ศึกษาครั้งนั้นเป็นถนนในเขตเมืองที่มีรูปแบบการเดินทาง

แบบผสมผสานและมีลักษณะทางกายภาพของถนนในเขตเมืองไม่เป็นไปตามมาตรฐาน จากการศึกษา พบว่าโปรแกรม VISSIM เป็นเครื่องมือที่มีความเหมาะสมที่สุด สามารถรองรับโครงข่ายถนนแบบ link-connector และโครงข่ายถนนที่มีความซับซ้อนและหนาแน่น นอกจากนี้โปรแกรม VISSIM ยังรองรับการแจกแจงการเดินทางได้ทั้งแบบ static และ dynamic โดยใช้ข้อมูลจากตารางการเดินทาง (OD matrix) เพียงอย่างเดียวก็ได้

Pitaksringkarn และคณะ [4] ได้อธิบายกระบวนการ พัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคด้วยโปรแกรม VISSIM เพื่อประเมินประสิทธิภาพของทางเลือกในการปรับปรุงทางแยกต่างระดับระหว่าง Interstate 5 กับ state route 56 ในเมืองซานดิเอโก รัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา โดยมีการสำรวจข้อมูลที่จำเป็นสำหรับพัฒนาแบบจำลองฯ เช่น ความเร็วของยานพาหนะบนช่วงถนน ความยาวของช่องรอเลี้ยว สัดส่วนของยานพาหนะแต่ละประเภทในกระแสจราจร และความยาวแถวคอย เป็นต้น คณะผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองสภาพการจราจรในปัจจุบัน แล้วทำการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฯ ที่สร้างขึ้น โดยตัวแปรสำคัญในการปรับเทียบแบบจำลองฯ แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มตัวแปรที่ส่งผลต่อแบบจำลองฯ โดยตรง (global parameters) เช่น ลักษณะของยานพาหนะ และเวลาห่างที่น้อยที่สุด เป็นต้น 2) กลุ่มตัวแปรที่ส่งผลต่อแบบจำลองบางส่วน (local parameters) เช่น ความเร็ว รอบสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น

วราศักดิ์ ปะสังติโย และคณะ [5] ได้ศึกษาและวิเคราะห์การจัดการจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ที่ทางแยกสัญญาณไฟจราจรบนช่วงถนนศรีจันทร์ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยกำหนดมาตรการจัดการจราจร ประกอบด้วย 1) การกำหนดพื้นที่เฉพาะสำหรับหยุดรอสัญญาณไฟจราจร และ 2) การกำหนดช่องทางเฉพาะด้านซ้ายร่วมกับการวิ่งแบบ hook turn สำหรับรถที่ต้องการเลี้ยวขวา จากผลการศึกษา พบว่า มาตรการทั้งสองสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการให้บริการบริเวณทางแยกได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยวัดประสิทธิภาพจากเวลาเดินทาง ความล่าช้า และความยาวแถวคอย ซึ่งดัชนีดังกล่าวมีค่าที่ลดลง นอกจากนี้ ยังพบว่า มาตรการข้างต้นช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซมลพิษของยานพาหนะในภาพรวมบริเวณทางแยกได้อีกด้วย

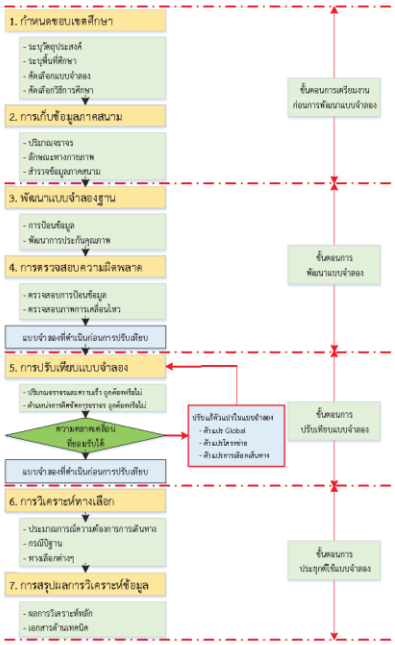
เสกสรร บุญฉวี และคณะ [6] ได้วิเคราะห์หาระยะห่างที่เหมาะสมระหว่างทางแยกแบบกระแสจราจรไหลต่อเนื่อง (continuous flow intersection หรือ CFL) โดยใช้โปรแกรม VISSIM ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคบริเวณสี่แยกประตูเมืองขอนแก่น และได้พิจารณาอิทธิพลของระยะห่างระหว่างทางแยกหลักกับทางแยกรองที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจราจร อีกทั้งได้วิเคราะห์หารอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมของตัวแทน CFI ในแต่ละเงื่อนไขของการจราจร เพื่อนำเสนอข้อเสนอแนะในการออกแบบระยะห่างระหว่างทางแยกหลักกับทางแยกรองให้สอดคล้องกับสภาพการจราจร ลักษณะทางกายภาพของทางแยก และการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณทางแยก

Oketch และคณะ [7] ได้นำเสนอหลักเกณฑ์ในการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองกับปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม จะต้องมีความคลาดเคลื่อนในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามหลักการทางสถิติ หรือที่เรียกโดยย่อว่า GEH ค่าที่ยอมรับได้ต้องมีค่าน้อยกว่า 5 ซึ่งโดยทั่วไปการปรับเทียบแบบจำลองมักใช้ค่าปริมาณจราจรบนช่วงถนนหรือปริมาณจราจรที่ทางแยก ส่วนการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองนั้นมักใช้ค่าของเวลาในการเดินทางเฉลี่ยและความยาวแถวคอย

2.3 การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคสามารถแบ่งได้ 7 ขั้นตอน [5, 8, 9] ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยเริ่มจากการกำหนดขอบเขตการศึกษา ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมก่อนการสร้างแบบจำลองฯ เช่น การกำหนดระยะเวลา เครื่องมือ บุคลากร วิธีการ และการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น ต่อมาเป็นการสำรวจข้อมูลภาคสนาม โดยเตรียมข้อมูลสำหรับการสร้างและปรับเทียบแบบจำลองฯ เช่น ลักษณะทางกายภาพ การควบคุมการจราจร ปริมาณจราจร เป็นต้น จากนั้นเป็นการพัฒนาแบบจำลองฐาน (base model) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใกล้เคียงสภาพจริงมากที่สุด หลังจากนั้นต้องตรวจสอบความผิดพลาดของแบบจำลองที่อาจเกิดขึ้น ลำดับถัดไปคือ การปรับเทียบ

แบบจำลอง โดยเลือกตัวแปรบางตัวในแบบจำลองฯ มาทำการปรับเทียบและใช้กระบวนการทำซ้ำๆ เพื่อให้ได้ค่าที่สอดคล้องกับข้อมูลสำรวจจริงมากที่สุด โดยสามารถใช้เกณฑ์ที่แนะนำโดย Wisconsin Department of Transportation (Wisconsin DOT) ดังตารางที่ 1 ขั้นตอนนี้อาจใช้เวลานานหากต้องการผลที่ถูกต้องมาก ต่อไปเป็นการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองฯ ซึ่งใช้ค่าสถิติของ GEH [5, 8, 9] โดยคำนวณได้จากสมการที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค [8]

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

โดยที่ Simulated คือ ค่าที่ได้จากแบบจำลอง
Observed คือ ค่าที่ได้จากการสำรวจจริง

ค่า GEH ที่คำนวณได้ สามารถประมวลผลได้ดังนี้

1) GEH < 5.0 หมายถึง ปริมาณการจราจรจากแบบจำลองสอดคล้องกับข้อมูลภาคสนาม

2) 5 < GEH < 10 หมายถึง ต้องปรับเทียบปริมาณการจราจรใหม่อีกครั้ง

3) GEH > 10 หมายถึง ปริมาณการจราจรจากแบบจำลองไม่สอดคล้องกับข้อมูลภาคสนาม

ตารางที่ 1 เกณฑ์การปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคของ Wisconsin DOT [5, 8, 9]

Criteria and Measures	Calibration Acceptance Targets
Hourly flows, Model Versus Observed	
Individual link 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
Sum of all links flows	Within 5% of sum of all link counts
GEH statistics < 5 for Individual link flows	> 85% of cases
GEH statistics for sum of all link flows	GEH < 4 for sum of all link counts
Travel times, Model Versus Observed	
Journey times, Within 15% (or 1 min, if higher)	> 85% of cases
Visual Audits	
Individual link speeds	To analyst's satisfaction
Visually acceptable speed-flow relationship	
Bottlenecks	To analyst's satisfaction
Visually acceptable queuing	

จากนั้นวิเคราะห์ทางเลือก ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองฯ โดยมีการประเมินแบบหลายทางเลือก และนำข้อมูลจากแบบจำลองฐานที่มีข้อมูลชุดเดียวกันมาประมวลผลของแบบจำลอง และเปรียบเทียบผลของแบบจำลองแต่ละทางเลือก และประเมินหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด สำหรับขั้นตอนสุดท้ายเป็นการสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล จัดทำรายงานการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองฯ และสรุปผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง

ทางเลือกต่างๆ พร้อมทั้งจัดเตรียมการนำเสนอผลการวิเคราะห์ในรูปแบบต่างๆ เพื่อช่วยให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น

3. วิธีการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาอยู่บนถนนกาญจนวนิช ระหว่างแยกคลองเรียนถึงแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ระยะ 1.25 กิโลเมตร ประกอบด้วย 4 ทางแยกสัญญาณไฟจราจร (ดังรูปที่ 2) ได้แก่ แยกคลองเรียน ปุณณกัณฑ์ วัดโคกนาว และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ส่วนลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกดังแสดงในรูปที่ 3 อย่างไรก็ตาม บทความนี้เน้นพิจารณาการจัดการจราจรเพียง 3 ทางแยกตามแผนการพัฒนาระยะเร่งด่วนของหน่วยงานท้องถิ่น ได้แก่ แยกคลองเรียน ปุณณกัณฑ์ และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

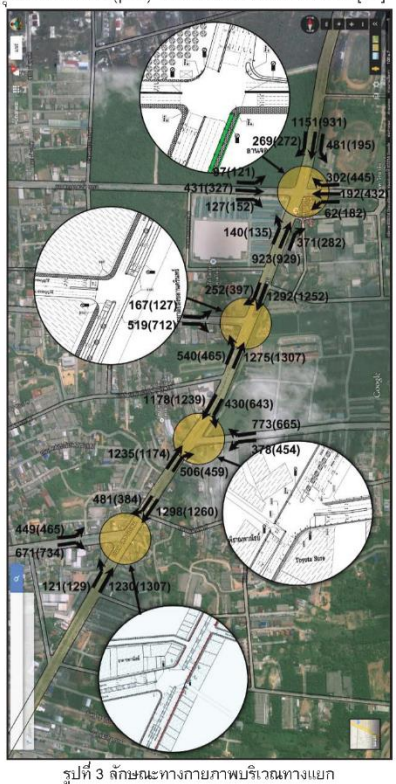
รูปที่ 2 พื้นที่ศึกษาของงานวิจัย

3.2 การสำรวจข้อมูล

คณะผู้วิจัยได้สำรวจข้อมูลสำหรับพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคของพื้นที่ศึกษา ดังนี้

1) ข้อมูลปริมาณจราจรบริเวณทางแยกช่วงเร่งด่วน
2) ข้อมูลลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก
3) ข้อมูลการควบคุมการจราจรบริเวณทางแยก
4) ข้อมูลสภาพปัญหาต่างๆ บริเวณทางแยก

ข้อมูลข้างต้นได้สำรวจในวันทำงาน 2 ช่วงเวลา คือ 07:00-09:00 น. และ 16:00-18:00 น. ในรูปที่ 3 ข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็นแสดงเป็นตัวเลขนอกและในวงเล็บตามลำดับ ปริมาณดังกล่าวได้รวมยานพาหนะ 4 ประเภท (รถจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล รถบรรทุก และรถบรรทุกและรถบัสขนาดใหญ่) เป็นหน่วยรถยนต์ส่วนบุคคลเทียบเท่า (pcu) ตามดัชนีของกรมทางหลวง [10]



รูปที่ 3 ลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก

3.3 การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลอง

การวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้โปรแกรม VISSIM รุ่น 7.0 ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) การสร้างแบบจำลองฐาน โดยสร้างโครงข่ายถนนให้เสมือนสภาพพื้นที่ศึกษาจริงมากที่สุด เช่น การสร้างลักษณะทางแยก การเชื่อมต่อทางแยก จำนวนช่องจราจร ความกว้างช่องจราจร เป็นต้น

2) การปรับเทียบแบบจำลองและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง แบบจำลองฐานที่ได้จากข้อ 1 ได้ถูกนำมาปรับเทียบ โดยนำผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณจราจรในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (07:00-09:00 น.) ซึ่งเป็นเวลาที่มี

ปัญหาการจราจรติดขัดมากที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (เกณฑ์ในตารางที่ 1)

เมื่อได้แบบจำลองที่ปรับเทียบแล้ว ต่อมาเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยนำแบบจำลองที่ได้มาใส่ข้อมูลปริมาณจราจรในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น (17:00 -18:00 น.) แล้วเปรียบเทียบปริมาณการจราจร ความเร็ว และ ความล่าช้า ซึ่งผลลัพธ์อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ดังตารางที่ 1 และสมการที่ 1)

3) การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจร ในการวิเคราะห์แบบจำลองทางเลือกสำหรับจัดการจราจรบริเวณทางแยกในบทความนี้ คณะผู้วิจัยได้มาตรการปรับปรุงทางแยกจาก [1] ซึ่งประกอบด้วย การห้ามจอดรถใกล้ทางแยก การปรับเปลี่ยนทิศทางกระแสจราจร และการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ โดยแบ่งแบบจำลองทางเลือกเป็น 8 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 แบบจำลองสภาพการจราจรปัจจุบัน

กรณีที่ 2 แบบจำลองปรับปรุงแยกคลองเรียน

กรณีที่ 3 แบบจำลองปรับปรุงแยกปุณณกัณฑ์

กรณีที่ 4 แบบจำลองปรับปรุงแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

กรณีที่ 5 แบบจำลองที่ปรับปรุงแยกคลองเรียนและแยกปุณณกัณฑ์

กรณีที่ 6 แบบจำลองที่ปรับปรุงแยกคลองเรียนและแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

กรณีที่ 7 แบบจำลองที่ปรับปรุงแยกปุณณกัณฑ์และแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

กรณีที่ 8 แบบจำลองที่ปรับปรุงร่วมกันทุกทางแยก

จากแบบจำลองทั้ง 8 กรณี คณะผู้วิจัยไม่ได้นำทางแยกวัดโคกนาวมาพิจารณาในการสร้างแบบจำลองครั้งนี้ เนื่องจากไม่ได้อยู่ในแผนการจัดการจราจรระยะเร่งด่วนของหน่วยงานท้องถิ่น อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในอนาคตควรมีการพิจารณาแยกวัดโคกนาวด้วย

4) การประเมินผลการจัดการจราจร โดยพิจารณาจาก เวลาในการเดินทางเฉลี่ย ความล่าช้าเฉลี่ย และความยาวแถวคอยเฉลี่ย ที่ผ่านทางแยก

3.4 สมมติฐานและข้อจำกัดของแบบจำลองที่พัฒนา

คณะผู้วิจัยได้สรุปสมมติฐานและข้อจำกัดต่างๆ ของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยครั้งนี้ ดังนี้

1) การจราจรในช่วงเร่งด่วนเช้าและเย็น ส่งผลกระทบต่อการจราจรบริเวณทางแยกที่แตกต่างกัน คณะผู้วิจัยพิจารณาเฉพาะปริมาณการจราจรช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า ซึ่งส่งผลกระทบในวงกว้างมากกว่าชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

2) ลักษณะของยานพาหนะในแบบจำลอง อาจมีขนาด ความยาว และรูปแบบไม่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง

3) ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงพฤติกรรมการขับขี่ในโปรแกรมแบบจำลองบางส่วน เช่น การเปลี่ยนช่องจราจร การแซงของยานพาหนะ เป็นต้น คณะผู้วิจัยใช้ค่าที่กำหนดมาจากโปรแกรม (default)

4) คณะผู้วิจัยได้สำรวจปริมาณจราจรและได้แบ่งประเภทของยานพาหนะไว้ 8 ประเภท แต่คณะผู้วิจัยได้รวมให้เหลือเพียง 4 ประเภท เนื่องจากโปรแกรมมีข้อจำกัดในด้านประเภทของยานพาหนะ เช่น รถตุ๊กตุ๊ก รถสามล้อพ่วงข้าง เป็นต้น

4. ผลการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 หัวข้อย่อยดังนี้

4.1 ปัญหาและมาตรการจัดการจราจรในพื้นที่ศึกษา

จากการสำรวจพื้นที่ ทำให้ทราบปัจจัยหลักๆ ที่ส่งผลต่อการจราจรติดขัดบริเวณทางแยก ดังนี้

1) การจอดรถในที่ห้ามจอด (ขาว-แดง) การจอดรถใกล้ทางแยก และการจอดรถซ้อนคัน ทำให้ยานพาหนะที่ต้องการผ่านทางแยก ไม่สามารถผ่านไปได้ หรืออาจผ่านไปได้ด้วยอัตราการไหลที่ลดลง

2) ลักษณะทางกายภาพไม่เหมาะสม เช่น ช่องรอเลี้ยวขวาสั้นกว่าแถวคอยของรถที่ต้องการเลี้ยว หัวเกาะกลางยื่นเลยกึ่งกลางทางแยกทำให้เลี้ยวยาก

3) การจัดทิศทางกระแสจราจรไม่สอดคล้องกับปริมาณการจราจรปัจจุบัน เช่น ปริมาณจราจรที่ต้องการเลี้ยวมาก แต่ช่องสำหรับเลี้ยวมีเพียงช่องเดียว เป็นต้น

4) รอบสัญญาณไฟจราจรไม่สอดคล้องกับปริมาณการจราจร ส่งผลให้แถวคอยยาวมาก

5) เส้นนำทาง เครื่องหมายจราจรบนผิวถนนไม่ชัดเจน ทำให้ผู้ขับขี่เกิดความสับสน

6) ตะแกรงเหล็กระบายน้ำมีระดับต่ำกว่าผิวจราจรและร่องระบายน้ำข้างทางไม่มีฝาปิด ทำให้ผู้ขับขี่ต้องชะลอความเร็ว

7) การจอดรอรับส่งผู้โดยสารรถสาธารณะไม่ตรงป้าย และจอดเป็นเวลานาน

8) การวางสิ่งกีดขวาง เช่น ตะแกรงเหล็กสำหรับรถปีนขึ้นทางเท้า ล้ำเข้ามาในช่องจราจร

9) จำนวนช่องจราจรไม่ต่อเนื่อง (จาก 3 ช่อง เหลือ 2 ช่อง)

จากปัญหาข้างต้น คณะผู้วิจัยได้เสนอมาตรการทางเลือกในการจัดการจราจรบริเวณทางแยกประกอบด้วย

1) การห้ามจอดรถก่อนถึงทางแยกระยะ 100 เมตร

2) การเพิ่มระยะทางช่องรอเลี้ยวขวาจากเดิม 10-30 เมตร เป็นระยะ 50-100 เมตร

3) การปรับความกว้าง ทิศทางกระแสจราจร และปรับจำนวนช่องจราจรให้ต่อเนื่อง เช่น จากเดิมความกว้าง 2.2 3.3 เมตร ปรับใหม่ให้มีความกว้างเฉลี่ยเป็น 2.9 3.5 เมตร เป็นต้น

4) การลดระยะหัวเกาะกลางให้เหมาะสม โดยลดลงจากระยะเดิม 5 เมตร

5) การเพิ่มช่องจราจรสำหรับเลี้ยวซ้ายเฉพาะ กรณีทางแยกปุณณกัณฑ์

6) การย้ายสิ่งกีดขวางบนผิวจราจร (เสาไฟ หรือป้ายโฆษณา) เพื่อเพิ่มรัศมีในการเลี้ยว และความกว้างของช่องจราจร

7) การติดตั้งเครื่องหมายจราจรบนผิวจราจรให้ชัดเจน

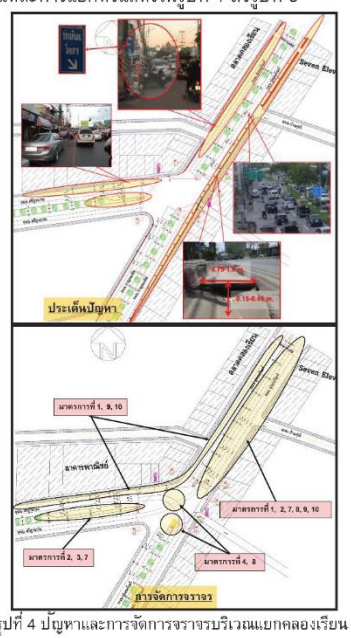
8) การติดตั้งป้ายให้ได้มาตรฐานและการขีดเส้นนำทางสำหรับการเลี้ยว

9) การปรับปรุงตะแกรงเหล็กระบายน้ำและคูระบายน้ำข้างทางให้อยู่ระดับเดียวกับผิวจราจร

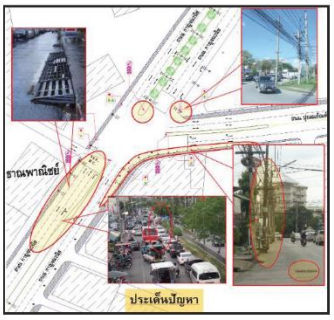
10)การห้ามวางตะแกรงเหล็กสำหรับยานพาหนะปีนขึ้นทางเท้า

จากมาตรการที่ 6 และ 10 สามารถประยุกต์ใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นได้โดยเพิ่มความกว้างของช่องจราจรซ้ายสุด แต่มาตรการที่ 7-9 ไม่สามารถประเมินผลได้จากแบบจำลองในการศึกษานี้ จำเป็นต้องมีการศึกษาและปรับค่าพารามิเตอร์สำหรับจำลองพฤติกรรมการขับขี่หลังมีมาตรการดังกล่าว นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยไม่ได้พิจารณามาตรการปรับปรุงระบบสัญญาณไฟจราจร เนื่องจากข้อจำกัดของโปรแกรมที่ใช้ในปัจจุบัน ซึ่งประเด็นดังกล่าวควรได้รับการพิจารณาในการวิจัยในอนาคต

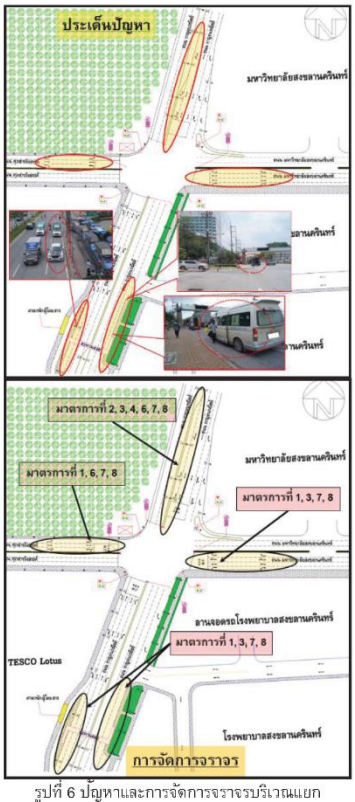
จากปัญหาที่พบและมาตรการที่นำเสนอข้างต้น คณะผู้วิจัยสรุปประเด็นปัญหาและมาตรการจัดการจราจรของแต่ละทางแยกดังแสดงในรูปที่ 4 ถึงรูปที่ 6



รูปที่ 4 ปัญหาและการจัดการจราจรบริเวณแยกคลองเรียน



รูปที่ 5 ปัญหาและการจัดการจราจรบริเวณแยกปุณณกัณฑ์



รูปที่ 6 ปัญหาและการจัดการจราจรบริเวณแยก
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

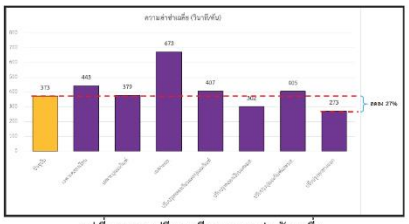
4.2 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางเลือกการจัดการจราจรแบบชุดทางแยก

คณะผู้วิจัยได้ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคกรณีฐาน (สภาพปัจจุบัน) ที่พัฒนาขึ้น มาทดสอบกับมาตรการทางเลือกการจัดการจราจรในหัวข้อก่อนหน้านี้ โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 8 กรณี จากการวิเคราะห์แบบจำลองฯ สามารถสรุปผลตัวชี้วัด ด้านเวลาในการเดินทาง ความล่าช้า และความยาวแถวคอย ได้ดัง

ตารางที่ 2 ส่วนการเปรียบเทียบแต่ละตัวชี้วัด แสดงในรูปที่ 7 ถึงรูปที่ 9 ตามลำดับ

จากรูปที่ 7 พบว่า การปรับปรุงทุกทางแยก (กรณีที่ 8) สามารถลดเวลาในการเดินทางผ่านทั้ง 4 ทางแยกได้เฉลี่ยร้อยละ 31 จากกรณีปัจจุบัน และยังพบว่า การปรับปรุงเฉพาะแยกมหาวิทยาลัยฯ (กรณีที่ 4) และการปรับปรุงแยกคลองเรียนกับแยกปุณณกัณฑ์ (กรณีที่ 5) ไม่ได้ช่วยลดเวลาในการเดินทาง แต่กลับเพิ่มตัวชี้วัดดังกล่าวให้สูงขึ้น (ร้อยละ 63 และร้อยละ 5 ตามลำดับ) เนื่องจากการปรับปรุงในสองกรณีดังกล่าวเป็นเพียงการแก้ปัญหาเฉพาะทางแยก ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อทางแยกอื่นๆ ในพื้นที่ศึกษา

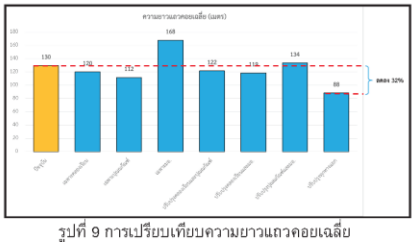
รูปที่ 7 การเปรียบเทียบเวลาในการเดินทางเฉลี่ย



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบความล่าช้าเฉลี่ย

จากรูปที่ 8 พบว่า การปรับปรุงทุกทางแยก (กรณีที่ 8) สามารถลดความล่าช้าเฉลี่ยได้ร้อยละ 27 จากกรณีปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงในกรณีอื่นๆ กลับเพิ่ม

ความล่าช้าเฉลี่ย มีเพียงการปรับปรุงแยกคลองเรียนและแยกมหาวิทยาลัยฯ (กรณีที่ 6) ที่สามารถลดความล่าช้าเฉลี่ย (ร้อยละ 19) เช่นเดียวกับกรณีที่ 8



รูปที่ 9 การเปรียบเทียบความยาวแถวคอยเฉลี่ย

จากรูปที่ 9 การปรับปรุงทุกทางแยกยังคงช่วยลดความยาวแถวคอยเฉลี่ยได้ (ร้อยละ 32) นอกจากนี้ยังพบว่า เกือบทุกกรณีสามารถลดความยาวแถวคอยเฉลี่ยได้ ยกเว้น การปรับปรุงเฉพาะแยกมหาวิทยาลัยฯ (กรณีที่ 4) และการปรับปรุงแยกปุณณกัณฑ์กับแยกมหาวิทยาลัยฯ (กรณีที่ 7)

จากผลการศึกษาข้างต้น สรุปได้ว่า การปรับปรุงทุกทางแยก (กรณีที่ 8) สามารถลดค่าตัวชี้วัดได้ทั้งสามตัวแปร ส่วนการปรับปรุงเฉพาะแยกหน้ามหาวิทยาลัยฯ (กรณีที่ 4) กลับเป็นการเพิ่มค่าตัวชี้วัดทั้งสามตัวแปร เนื่องจากการจราจรบริเวณแยกดังกล่าวมีปริมาณสูงมาก เมื่อปรับปรุงเฉพาะแยกนี้ปริมาณการจราจรจะไหลต่อเนื่องจนก่อปัญหาให้กับทางแยกใกล้เคียง นอกจากนี้ยังสามารถสรุปได้ว่า การปรับปรุงทางแยกอิสระต่อกัน ถึงแม้จะสามารถบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัดของแยกนั้นๆ ได้ แต่อาจส่งผลกระทบต่อโครงข่ายถนนในภาพรวมทำให้การจราจรติดขัดมากขึ้นได้หากไม่ได้พิจารณาและวิเคราะห์โดยละเอียด

4.3 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์จากมาตรการการจัดการจราจร

แม้ผลการปรับปรุงทุกทางแยกจากแบบจำลองฯ จะลดปัญหาการจราจรได้ดีที่สุด แต่ในทางปฏิบัติหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอาจมีข้อจำกัดเรื่องงบประมาณ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์ผลประโยชน์และต้นทุนจากมาตรการการจัดการจราจร

คณะผู้วิจัยได้ประมาณต้นทุนค่าก่อสร้างของมาตรการการจัดการจราจรเป็นหลัก และประมาณเนื้องานในแต่ละทางแยกโดยอ้างอิงราคากลางจากสำนักงานบำรุงทางสงขลาที่ 2 [11] ผลการประมาณต้นทุนของมาตรการการจัดการจราจรของทางแยกดังตารางที่ 3

เนื่องจากคณะผู้วิจัยได้พิจารณาปริมาณจราจรในแบบจำลองเฉพาะช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเท่านั้น ซึ่งมีหน่วยเป็น pcu/ชั่วโมง ดังนั้น การคำนวณต้นทุนและผลประโยชน์ในการศึกษานี้ จึงมีหน่วยเป็น บาท/ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม หากต้องวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์โดยละเอียดก็สามารถกระทำได้โดยต้องปรับปรุงแบบจำลองให้ครอบคลุมทุกช่วงเวลาและวิเคราะห์หาค่าดัชนีต่างๆ เพื่อนำมาคำนวณประโยชน์ที่ได้รับต่อวัน

ในการคำนวณผลประโยชน์จากมาตรการจัดการจราจรของแต่ละกรณีแบบจำลอง คณะผู้วิจัยพิจารณาผลประโยชน์ของผู้ใช้รถจากเวลาในการเดินทางและความล่าช้าที่ลดลง (เทียบกับแบบจำลองฐาน) ซึ่งข้อมูลนี้และปริมาณการจราจรผ่านทางแยกได้จากแบบจำลองฯ ส่วนมูลค่าเวลาเดินทางของรถจักรยานยนต์ รถยนต์ และรถบัส กำหนดไว้ที่ 0.783 0.890 และ0.890 บาท/นาที มูลค่าเวลารอรถกำหนดไว้ที่ 1.528 1.536 และ1.536 บาท/นาที และจำนวนผู้ขับขี่และผู้โดยสารรถจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล รถโดยสารสาธารณะ (รถตุ๊กตุ๊ก รถสองแถว รถตู้) รถบรรทุก และรถบัส กำหนดไว้ที่ 1.013 2.750 10.315 1.00 และ 22.140 คน/คัน ตามลำดับ [12]

ส่วนต้นทุนจากมาตรการการจัดการจราจร ได้ประมาณราคาค่าก่อสร้างทั้งหมด (หน่วยเป็นบาท) และกำหนดอายุการใช้งานไว้ที่ 5 ปี สำหรับอัตราส่วนลดกำหนดไว้ที่ 7% ต่อปี เมื่อคำนวณค่า annuity factor ได้เท่ากับ 4.10 บาท/ปี จากนั้นแปลงหน่วยต้นทุน (บาท/ปี) ให้อยู่ในหน่วยเดียวกับผลประโยชน์ (บาท/ชั่วโมง)

คณะผู้วิจัยได้พิจารณาใช้อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนแต่ละปี (benefit cost ratio, BCR) [13] มาเปรียบเทียบกรณีทางเลือกต่างๆ ในการศึกษานี้ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2 ผลการวิเคราะห์ประโยชน์ ต้นทุน และ BCR ดังแสดงในตารางที่ 4

$$BCR = \frac{U_{before} - U_{after}}{A_{after} - A_{before}} \quad (2)$$

โดยที่ U_{before} คือ ผลประโยชน์ก่อนการปรับปรุง

U_{after} คือ ผลประโยชน์หลังการปรับปรุง

A_{after} คือ เงินลงทุนหลังการปรับปรุงถนน
A_{before} คือ เงินลงทุนก่อนการปรับปรุงถนน

จากตารางที่ 4 พบว่า มาตรการปรับปรุงแยกคลองเรียน (กรณีที่ 2) มีความเหมาะสมเป็นลำดับที่ 1 รองลงมาคือมาตรการปรับปรุงแยกปุณณกัณฑ์ (กรณีที่ 3) มาตรการปรับปรุงทุกทางแยกร่วมกัน (กรณีที่ 8) มาตรการปรับปรุงแยกคลองเรียนและแยกมหาวิทยาลัยฯ (กรณีที่ 6) และมาตรการปรับปรุงแยกปุณณกัณฑ์และแยกมหาวิทยาลัยฯ (กรณีที่ 7) ตามลำดับ ส่วนกรณีที่ 4 และ 5 ค่า BCR เท่ากับ 0 เนื่องจากทั้งสองกรณีไม่สามารถลดเวลาและความล่าช้าในการเดินทางได้

ตารางที่ 2 ตัวชี้วัดความแตกต่างของแบบจำลองทางเลือกในการจัดการจราจรระดับจุลภาค

แบบจำลอง	ตัวชี้วัด								
	เวลาในการเดินทางเฉลี่ย (วินาที)	ความแตกต่าง	ร้อยละ	ความล่าช้าเฉลี่ย (วินาที/คัน)	ความแตกต่าง	ร้อยละ	ความยาวแถวคอยเฉลี่ย (เมตร)	ความแตกต่าง	ร้อยละ
1. สภาพการจราจรปัจจุบัน	544	0	0%	373	0	0%	130	0	0%
2. ปรับปรุงเฉพาะทางแยกคลองเรียน	540	-104	-16%	443	70	19%	120	-10	-7%
3. ปรับปรุงเฉพาะทางแยกปุณณกัณฑ์	571	-73	-11%	379	5	1%	112	-18	-14%
4. ปรับปรุงเฉพาะทางแยกมหาลัยสงขลานครินทร์	1052	408	63%	673	300	80%	168	38	29%
5. ปรับปรุงทางแยกคลองเรียนและทางแยกปุณณกัณฑ์	575	30	5%	407	34	9%	122	-8	-6%
6. ปรับปรุงทางแยกคลองเรียนและทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	545	-99	-15%	302	-71	-19%	119	-11	-9%
7. ปรับปรุงทางแยกปุณณกัณฑ์และทางแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	530	-15	-2%	405	32	9%	134	4	3%
8. ปรับปรุงร่วมทันทุกทางแยก	442	-202	-31%	273	-100	-27%	88	-41	-32%

ตารางที่ 3 ต้นทุนจากมาตรการจัดการจราจร

ประเภทงาน	แยกคลองเรียน (บาท)	แยกปุณณกัณฑ์ (บาท)	แยกวัดโคกนาว (บาท)	แยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (บาท)
1. งานรื้อเกาะกลางถนน	45,202	25,818	24,800	25,308
2. งานเกาะกลางถนน (สีขาว-แดง)	260,993	189,327	169,327	224,327
3. งานถนนคอนกรีต	320,427	253,270	207,584	260,427
4. งานขีดสีตีเส้น (สีขาว)	17,242	17,589	13,895	21,897
5. งานขีดสีตีเส้น (สีเหลือง)	53,176	47,844	45,844	49,843
รวม	697,040	533,848	461,450	581,802

ตารางที่ 4 อัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนจากมาตรการการจัดการจราจร

แบบจำลองฯ มาตรการจัดการจราจร	เวลาในการเดินทาง (วินาที/คัน)	ความล่าช้า (วินาที/คัน)	ผลประโยชน์ (Benefit) (บาท/ชั่วโมง)	ต้นทุน (Cost)		สัดส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR)	ลำดับความน่าสนใจ
				(บาท)	(บาท/ชั่วโมง)		
กรณีที่ 1 สภาพการจราจรปัจจุบัน	-	-	-	-	-	-	-
กรณีที่ 2 มาตรการปรับปรุงเฉพาะแยกคลองเรียน	104.00	0.00	4981.42	697040.00	19.41	256.69	1
กรณีที่ 3 มาตรการปรับปรุงเฉพาะแยกปุณณกัณฑ์	73.00	0.00	3496.58	533848.00	14.86	235.25	2
กรณีที่ 4 มาตรการปรับปรุงเฉพาะแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	0.00	0.00	0.00	581802.00	16.20	0.00	-
กรณีที่ 5 มาตรการปรับปรุงแยกคลองเรียนและแยกปุณณกัณฑ์	0.00	0.00	0.00	1692338.00	47.12	0.00	-
กรณีที่ 6 มาตรการปรับปรุงแยกคลองเรียนและแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	99.00	19.00	6350.85	1740292.00	48.45	131.07	4
กรณีที่ 7 มาตรการปรับปรุงแยกปุณณกัณฑ์และแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	15.00	0.00	718.47	1577100.00	43.91	16.36	5
กรณีที่ 8 มาตรการปรับปรุงทุกทางแยกร่วมกัน	202.00	27.00	11961.82	2274140.00	63.32	188.92	3

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

บทความนี้ได้นำเสนอการวิเคราะห์การจัดการจราจรสำหรับทางแยกต่อเนื่อง โดยใช้โปรแกรม VISSIM ในการสร้างแบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค และใช้ถนนกาญจนวนิชช่วงที่ผ่านเมืองหาดใหญ่ตั้งแต่แยกคลองเรียนถึงแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์เป็นพื้นที่ศึกษา ซึ่งแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นได้ผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับตามเกณฑ์แนะนำของ Wisconsin DOT และค่าทางสถิติของ GEH จากการศึกษา พบว่า ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการจราจรติดขัดในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ การจอดรถในที่ห้ามจอดหรือใกล้บริเวณทางแยก ลักษณะทางกายภาพและทิศทางกระแสจราจรบริเวณทางแยกไม่สอดคล้องกับสภาพการจราจรในปัจจุบัน จากผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อพิจารณามาตรการจัดการจราจรในกรณีต่างๆ 8 กรณี พบว่า การปรับปรุงทุกทางแยกร่วมกันเป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาการจราจรของพื้นที่ศึกษามากที่สุด โดยสามารถลดเวลาเดินทาง ความล่าช้า และความยาวแถวคอยได้เฉลี่ยร้อยละ 31 ร้อยละ 27 และร้อยละ 32 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม คณะผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ กลับพบว่า การปรับปรุงเฉพาะแยกคลองเรียนมีความเหมาะสมมากที่สุด (BCR = 259.69) รองลงมา คือ การปรับปรุงเฉพาะแยกปุณณกัณฑ์ การปรับปรุงทุกทางแยกร่วมกัน การปรับปรุงแยกคลองเรียนและแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และการปรับปรุงทางแยกปุณณกัณฑ์และแยกมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ตามลำดับ ดังนั้น อาจสรุปได้ว่าการวิเคราะห์การจัดการจราจรของชุดทางแยกที่ต่อเนื่องกัน ควรพิจารณาอย่างรอบคอบในทุกมิติทั้งประเด็นของประสิทธิภาพ (เวลาในการเดินทาง ความล่าช้า ความยาวแถวคอย) และความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งส่งผลต่อภาพรวมของระบบโครงข่ายถนนที่ศึกษา หากวิเคราะห์โดยไม่รอบคอบแล้วอาจเป็นการเสียงบประมาณที่กลับสร้างปัญหาการจราจรให้กับโครงข่ายถนนรวมมากขึ้น

งานวิจัยในอนาคตควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นต่างๆ เช่น การปรับปรุงแบบจำลองให้ครอบคลุมพฤติกรรมการขับขี่ยานพาหนะทุกประเภท การเพิ่มมาตรการปรับปรุงระบบสัญญาณไฟจราจร เช่น การหารอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสม การพิจารณาผลประโยชน์และต้นทุนเป็นรายวันหรือรายปี และการศึกษามูลค่าเวลาในการเดินทางและมูลค่าเวลารอรถแต่ละประเภท

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยคนที่ 1 ขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนเพื่อการวิจัยวิทยานิพนธ์ ประจำปีงบประมาณ 2556 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ขอขอบคุณ คุณกฤตานนท์ ศรีคละมะหันโด ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและเสนอแนะในการประมาณราคาค่าก่อสร้าง และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

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

[2] ทวี วิชัยเมธาวี. 2546. การพัฒนาวิธีควบคุมสัญญาณไฟจราจรในสภาพอิ่มตัว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย.

[3] 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.

[4] Pitaksringkarn, J. and Pitaksrigkran, 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, Vol.5, 2003: 2133-2135.

[5] วราศักดิ์ ปะสังติโย, ธเนศ เสถียรนาม, วิชุดา เสถียรนาม, และอรรถพล สีตำ. 2556. การวิเคราะห์การจัดการจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ที่ทางแยกสัญญาณไฟจราจร. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 18, เชียงใหม่, ประเทศไทย, 8-10 พฤษภาคม 2556: หน้า TRP 236 - TRP 242.

[6] เสกสรร บุญฉวี. 2553. การวิเคราะห์ระยะห่างที่เหมาะสมของทางแยกแบบกระแสจราจรไหลต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น, ประเทศไทย.

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

[8] วราศักดิ์ ปะสังติโย. 2556. การวิเคราะห์มาตรการจัดการจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ที่ทางแยกสัญญาณไฟจราจร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น, ประเทศไทย.

[9] 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.

[10] กลุ่มสถิติสารสนเทศ สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง. 2556. รายงานปริมาณการเดินทางบนทางหลวง ปี 2556.

[11] สำนักงานบำรุงทางสงขลาที่ 2. 2557. แผนรายประมาณการกิจกรรมบูรณะทางหลวงสายหลักมาตรการเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจ 2558, สงขลา, ประเทศไทย.

[12] การทางพิเศษแห่งประเทศไทย. 2557. โครงการศึกษาความเป็นไปได้สำรวจและออกแบบเบื้องต้นทางพิเศษเพื่อพัฒนาระบบโลจิสติกส์ระหว่างประเทศ. รายงานฉบับสมบูรณ์, มิถุนายน 2557.

[13] วัชรินทร์ วิทยกุล. 2537. การประเมินผลทางด้านเศรษฐกิจของโครงการทางด้านขนส่ง. หนังสือเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมการทาง, มกราคม 2537.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายชัยวัฒน์ ใหญ่บก

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5510120037

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2554

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ ปีการศึกษา 2556

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

1) ชัยวัฒน์ ใหญ่บก และปรเมศวร์ เหลือเทพ *"การวิเคราะห์การจัดการจราจรบริเวณทางแยกบนถนนกาญจนวณิชย์ตั้งแต่ทางแยกสถานีขนส่งถึงทางแยกคอหงส์"* การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 14-16 พฤษภาคม 2557 ณ โรงแรมพลูแมน ขอนแก่น ราชา ออคิด. จังหวัดขอนแก่น.

2) ชัยวัฒน์ ใหญ่บก และปรเมศวร์ เหลือเทพ *"การวิเคราะห์การจัดการจราจรของชุดทางแยกต่อเนื่องกรณีศึกษาเทศบาลนครหาดใหญ่"* วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. ฉบับที่ 1 ปีที่ 8 ประจำเดือนมกราคม – มิถุนายน 2558. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. อุบลราชธานี.