

การประเมินทางลอดทางแยกเพื่อบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัดบนทางหลวงสายหลัก
ในเขตพื้นที่เมืองพัทยา

Evaluation of Road Tunnel for Traffic Congestion Alleviation for Major Highways on
Pattaya City Area

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ศักดิ์จุฬา นามจันทร์

ศุภชัย เชื้อเกตุ

รฟ ๐๐๐๖๕๖๖

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา

ปีการศึกษา 2555

Evaluation of Road Tunnel for Traffic Congestion Alleviation for Major Highways on

Pattaya City Area

Mr. Sakchula Namjan

Mr. Supachai Chuaket

An Engineering Project Submitted in Partial Fulfillment of Requirement

for the degree Bachelor of Engineering

Department of Civil Engineering

Burapha University

2012

ปริญญาานิพนธ์ การประเมินทางลวดทางแยกเพื่อบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัดบนทางหลวง
สายหลักในเขตพื้นที่เมืองพัทยา
โดย นายศักดิ์จุฬา นามจันทร์
 นายสุภชัย เชื้อเกตุ
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ดร. ปิติ โรจน์วรรณสินธุ์
ปีการศึกษา 2555

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติปริญญาานิพนธ์
นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

..... หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อานนท์ วงษ์แก้ว)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ดร. ปิติ โรจน์วรรณสินธุ์)

คณะกรรมการสอบโครงการงาน

..... ประธานกรรมการสอบโครงการงาน
(อาจารย์ดร. ปิติ โรจน์วรรณสินธุ์)

..... กรรมการสอบปริญญาานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์)

..... กรรมการสอบปริญญาานิพนธ์
(อาจารย์ ดร.นพคุณ บุญกระพือ)

52050163, 52050253: สาขาวิศวกรรมโยธา; วศ.บ.

คำสำคัญ : บรรเทาปัญหาจราจร, แบบจำลองเสมือน, ทางลอดทางแยก, เมืองพัทยา

ศักดิ์จุฬา นามจันทร์, ศุภชัย เชื้อเกตุ: การประเมินทางลอดทางแยกเพื่อบรรเทาปัญหาการจราจร
ติดขัดบนทางหลวงสายหลักในเขตพื้นที่เมืองพัทยา (EVALUATION OF INTERSECTION
UNDERPASS FOR TRAFFIC CONGESTION ALLEVIATION FOR MAJOR HIGHWAYS ON
PATTAYA CITY AREA) อาจารย์ ควบคุมงานนิพนธ์: ปิติ โรจน์วรรณสินธุ์, Ph.D., 151 หน้า.
ปี พ.ศ. 2556.

ปัจจุบันเมืองพัทยาเป็นเมืองท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวทั้งไทยและ
ต่างประเทศเป็นจำนวนมาก และจำนวนนักท่องเที่ยวมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นทุกปี ส่งผลให้เกิดการ
เดินทางมายังเมืองพัทยาทำให้เกิดปัญหาจราจรติดขัดบริเวณถนนสุขุมวิทในช่วงเขตเมืองพัทยา
ซึ่งจะมีผลกระทบต่อสภาพทัศนด้านการท่องเที่ยว เกิดความเสียหายในด้านเศรษฐกิจและสังคมของ
เมืองพัทยา การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาการบรรเทาปัญหาจราจรติดขัดและ
ลดความแออัดของการจราจรบนถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพัทยา ผู้ศึกษาจึงได้ทำการศึกษา
สี่ทางแยกหลักของเมืองพัทยา ได้แก่ ทางแยกพัทยาเหนือ ทางแยกพัทยากลาง ทางแยกพัทยาใต้
และทางแยกเทพประสิทธิ์ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจราจรจากศูนย์ข้อมูลเมืองพัทยา และได้นำข้อมูล
มาวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองเสมือนเพื่อระบุปัญหาการจราจร และวิเคราะห์รูปแบบในการก่อสร้าง
ทางลอดทางแยก ผลจากการศึกษานี้จะสามารถเสนอรูปแบบทางลอดทางแยกที่เหมาะสม
เพื่อบรรเทาปัญหาจราจรติดขัดบนถนนสุขุมวิทในเขตเมืองพัทยาในระยะยาว

52050163, 52050253: MAJOR: CIVIL ENGINEERING; B.Eng.

KEYWORDS: TRAFFIC MANAGEMENT TECHNIQUES / TRAFFIC LIGHT /
SIMULATION

SAKCHULA NAMJAN, SUPACHAI CHUAKET: EVALUATION OF
INTERSECTION UNDERPASS FOR TRAFFIC CONGESTION ALLEVIATION FOR MAJOR
HIGHWAYS ON PATTAYA CITY AREA. ADVISORY: PITI ROTWANNASIN, Ph.D. 142 P.
2013.

Presently, the Pattaya city located in the eastern part of Thailand is a well-known tourism attraction place for both foreigners and Thai which amount of tourists are increasing. Tourism activities generate travel demands on the major road and also Pattaya city's street network, the traffic congestion problems have occurred on the Sukhumvit road. Traffic congestion affects to the image of tourism business which further impact to the socio-economics of Pattaya city. This study aims to determine the solutions for alleviating traffic congestion problem on the four mains intersection included Northern Pattaya, Central Pattaya, Southern Pattaya, and Theppasith. Traffic data is provided by Pattaya traffic control center and then it is analyzed to identify the serious traffic problems and determine the performance of intersection underpass using traffic simulation model. The results of this study could be proposed the suitable alternatives of intersection underpass in order to alleviate traffic congestion on the major intersection of Pattaya city.

ประกาศคุณูปการ

งานนิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ ดร.ปิติ โรจน์วรรณสินธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษาและให้ข้อเสนอแนะต่างๆอันมีประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้ ทำให้ผู้วิจัยมีความรู้ ความเข้าใจในเชิงวิชาการ และขั้นตอนการดำเนินงานมากขึ้น รวมทั้งการตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่อง ที่เกิดขึ้นระหว่างการศึกษาวิจัยด้วยความเอาใจใส่แก่ผู้วิจัยเสมอมา ในโอกาสนี้ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร. นพคุณ บุญกระพือ รองหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา และเป็นกรรมการ ในการสอบงานนิพนธ์ครั้งนี้ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการทำการศึกษา อีกทั้งยังได้อนุเคราะห์โปรแกรม AIMSUN เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยการใช้อุโมงค์ทางลอดครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ ผู้ช่วยอธิการบดี มหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งให้เกียรติเป็นกรรมการสอบงานนิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณสมภพ วันดี ผู้อำนวยการ ส่วนงาน โยธา เมืองพัทยา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ให้คำแนะนำด้านการบริหารจัดการการจราจรสำหรับเมืองพัทยาเป็นอย่างดี และช่วยเหลือประสานงานเกี่ยวกับการขอข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณศูนย์ข้อมูลจราจรเมืองพัทยา ฝ่ายวิศวกรรมจราจรและขนส่ง ส่วนควบคุมการก่อสร้าง สำนักการช่าง เมืองพัทยา และทีมงานเจ้าหน้าที่ฝ่ายสวนสาธารณะส่วนการโยธา สำนักการช่าง เมืองพัทยา ที่ได้ให้การอนุเคราะห์ข้อมูลและการสำรวจข้อมูลด้านการจราจรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำงานนิพนธ์ฉบับนี้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือผู้วิจัยด้วยดีเสมอมาไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ศักดิ์จุฬา นามจันทร์

ศุภชัย เชื้อเกตุ

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
	1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
	1.5 แผนการดำเนินการศึกษา.....	3
2	ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
	2.1 การประเมินสภาพจราจร.....	4
	2.2 การบริหารจัดการจราจร.....	15
	2.3 การประเมินประสิทธิภาพทางแยกสัญญาณไฟจราจร.....	26
	2.4 หลักเกณฑ์การพิจารณาเลือกทางแยกเพื่อออกแบบเป็นทางแยกต่างระดับ.....	34
	2.5 การประเมินประสิทธิภาพทางลอดทางข้ามแยก.....	35
	2.6 การเผาผลาญเชื้อเพลิงและปลดปล่อยมลพิษของยานพาหนะ.....	45
	2.7 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้จำลองสภาพการจราจรในระดับจุลภาค.....	47
	2.8 กระบวนการสร้างแบบจำลองเสมือน.....	50
	2.9 หลักการพื้นฐานในการจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค.....	54
	2.10 กระบวนการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจร.....	58
	2.11 การทดลองประสิทธิภาพแบบจำลอง.....	58
	2.12 การประยุกต์ใช้แบบจำลองเสมือนในการวิเคราะห์การจราจร.....	67
	2.13 สรุป.....	67
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	69
	3.1 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา.....	69
	3.2 พื้นที่ศึกษา.....	72
	3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	76
	3.4 แนวทางในการวิเคราะห์.....	77
	3.5 การเปรียบเทียบผลการศึกษา.....	79
	3.6 สรุป.....	79

4	การวิเคราะห์และอภิปรายผล.....	80
4.1	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองบริเวณเขตเมืองพัทยา.....	80
4.2	การวิเคราะห์ข้อมูลการจราจรตามการควบคุมแบบปัจจุบัน.....	82
4.3	การวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางการบรรเทาปัญหาการจราจรบริเวณ เขตเมืองพัทยา.....	87
4.4	เปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกรูปแบบการบรรเทาปัญหาต่างๆ...	101
5	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	105
5.1	สรุปผลการศึกษา.....	105
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	107
	บรรณานุกรม.....	110
	ภาคผนวก.....	113
	ภาคผนวก ก ปริมาณจราจร.....	113
	ภาคผนวก ข ตารางความแตกต่างของปริมาณจราจรจริงกับแบบจำลอง.....	123
	ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์การบรรเทาปัญหาจราจรด้วยรูปแบบต่างๆ.....	126
	ภาคผนวก ง ระยะเวลาในการเดินทางระหว่างทางแยก.....	147
	ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	151

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ระยะเวลาในการดำเนินการศึกษา.....	3
2.1	เกณฑ์การบ่งชี้สภาพจราจรอ้างอิงค่า V/c	4
2.2	เกณฑ์การบ่งชี้ระดับการให้บริการอ้างอิงค่า V/c	7
2.3	เกณฑ์การบ่งชี้ระดับการให้บริการอ้างอิงค่าระยะเวลาความล่าช้า และ Green Signal Phase.....	8
2.4	สภาพการจราจรเปรียบเทียบกับระดับการให้บริการ.....	9
2.5	Passenger Car Equivalent (PCEs) ของยานพาหนะแต่ละชนิด.....	10
2.6	อัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจราจรในอนาคต.....	14
2.7	มาตรฐานปริมาณจราจรสัมพันธ์กับความกว้างของถนน.....	15
2.8	กลยุทธ์ที่ใช้เพื่อลดปริมาณการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลของเมืองโบสถ์.....	20
2.9	กลยุทธ์ที่ใช้เพื่อลดปริมาณการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลของเมืองพอร์ตแลนด์.....	21
2.10	กลยุทธ์ที่ใช้เพื่อลดปริมาณการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลของเมืองบอสตัน.....	22
2.11	กลยุทธ์ที่ใช้เพื่อลดปริมาณการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลของเมืองซูริก.....	23
2.12	กลยุทธ์ที่ใช้เพื่อลดปริมาณการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลของเมืองสิงคโปร์.....	24
2.13	รอบสัญญาณไฟจราจร ทางแยกพัทธยาเหนือ.....	27
2.14	รอบสัญญาณไฟจราจรทางแยกพัทธยากลาง.....	28
2.15	รอบสัญญาณไฟจราจรทางแยกพัทธยาใต้.....	29
2.16	รอบสัญญาณไฟจราจรทางแยกเทพประสิทธิ์.....	30
2.17	ความเร็วและเวลาการเดินทางในช่วงเวลาเช้า 7.00 – 12.00 น. (วันธรรมดา).....	31
2.18	ความเร็วและเวลาในการเดินทางในช่วงเวลาบ่าย 13.00 – 22.00 น. (วันธรรมดา).....	31
2.19	ความเร็วและเวลาในการเดินทางเฉลี่ยตลอดวัน 7.00 – 22.00 น. (วันธรรมดา).....	32
2.20	ความเร็วและเวลาในการเดินทางช่วงเช้า 7.00 – 12.00 น. (วันหยุด).....	32
2.21	ความเร็วและเวลาในการเดินทางช่วงบ่าย 13.00 – 22.00 น. (วันหยุด).....	33
2.22	ความเร็วและเวลาในการเดินทางเฉลี่ยตลอดวัน 7.00 – 22.00 น. (วันหยุด).....	33
2.23	ระยะเวลาเป็นร้อยละที่ลดลงหลังจากปรับสัญญาณไฟ.....	34
2.24	ข้อดีข้อเสียของทางแยกต่างระดับรูปแบบต่างๆ.....	38

2.25	การเปรียบเทียบระหว่างทางข้ามทางแยก (Over pass) กับทางลอดทางแยก (Underpass).....	39
2.26	รูปแบบทางลอดแยกที่เหมาะสมบนถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพัทยา.....	44
2.27	เปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองระดับจุลภาค.....	52
2.28	เกณฑ์ในการเปรียบเทียบแบบจำลองที่แนะนำโดย Wisconsin DOT.....	62
3.1	ระยะห่างระหว่างทางแยกบนถนนสุขุมวิทในเขตเมืองพัทยา.....	76
4.1	ความล่าช้าเฉลี่ยในแต่ละทางแยกก่อนก่อสร้างอุโมงค์ทางลอด.....	93
4.2	ความล่าช้าเฉลี่ยในแต่ละทางแยกหลังก่อสร้างอุโมงค์ที่ทางแยกพัทยาใต้.....	94
4.3	ความล่าช้าเฉลี่ยในแต่ละทางแยกหลังมีการก่อสร้างอุโมงค์ที่ทางแยกพิทยากลางและทางแยกพัทยาใต้.....	94
4.4	ความล่าช้าเฉลี่ยในแต่ละทางแยกหลังมีการก่อสร้างอุโมงค์ที่ทางแยกพิทยากลางและทางแยกพัทยาใต้ อีก 5 ปีข้างหน้า (2560).....	95
4.5	ความล่าช้าเฉลี่ยในแต่ละทางแยกหลังมีการก่อสร้างอุโมงค์ที่ทางแยกพิทยากลางทางแยกพัทยาใต้ และทางแยกเทพประสิทธิ์ อีก 5 ปีข้างหน้า (2560).....	96
4.6	เปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยก ระหว่างไม่มีการปรับสัญญาณไฟกับการปรับสัญญาณไฟ (คิดเป็นร้อยละ).....	101
4.7	เปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยก ระหว่างรูปแบบการจัดการจราจรแบบปัจจุบัน กับการใช้อุโมงค์ทางลอด (คิดเป็นร้อยละ).....	102
4.8	เปรียบเทียบระยะเวลาการเดินทางระหว่างทางแยก ระหว่างรูปแบบการจัดการจราจรแบบปัจจุบัน กับการปรับรอบสัญญาณไฟจราจร (คิดเป็นร้อยละ).....	103
4.9	เปรียบเทียบระยะเวลาการเดินทางระหว่างทางแยก ระหว่างรูปแบบการจัดการจราจรแบบปัจจุบัน กับการใช้อุโมงค์ทางลอด (คิดเป็นร้อยละ).....	103
5.1	แสดงระดับการให้บริการของทางแยกเมื่อได้รับการปรับปรุงตามแนวทางต่างๆ..	106

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า	
2.1	แผนภาพจำแนกระดับการให้บริการ.....	5
2.2	แนวคิดอัตราการไหลอิมตัวและเวลาสูญเสียสำหรับการเคลื่อนที่.....	26
2.3	การเผาผลาญเชื้อเพลิงและมลพิษที่ความเร็วคงที่ (Various Uniform Speed).....	45
2.4	กระบวนการสร้างแบบจำลอง.....	50
2.5	กระบวนการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจร.....	58
2.6	ภาพแสดงช่วงเวลาข้อมูลที่ไม่เสถียร.....	64
3.1	ขั้นตอนการจำลองและประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจร.....	71
3.2	ตำแหน่งที่ตั้งพื้นที่ศึกษา.....	72
3.3	สภาพทางกายภาพของทางแยกพัทยาเหนือ.....	73
3.4	สภาพทางกายภาพของทางแยกพัทยากลาง.....	73
3.5	สภาพทางกายภาพของทางแยกพัทยาใต้.....	74
3.6	สภาพทางกายภาพของทางแยกเทพประสิทธิ์.....	74
3.7	ลักษณะการเชื่อมต่อของโครงข่ายถนนที่ทำการศึกษา.....	75
3.8	ขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	78
4.1	ค่า GEH ที่จุดสอบเทียบ 12 จุดในช่วงเวลาเช้า และเย็น วันธรรมดา.....	81
4.2	ค่า GEH ที่จุดสอบเทียบ 12 จุดในช่วงเวลาเช้า และเย็น วันหยุด.....	81
4.3	ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกพัทยาเหนือ ในอีก 20 ปี.....	83
4.4	ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกพัทยากลาง ในอีก 20 ปี.....	84
4.5	ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกพัทยาใต้ในอีก 20 ปี.....	85
4.6	ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกเทพประสิทธิ์ในอีก 20 ปี.....	86
4.7	สัญญาณไฟจราจร 4 ทางแยก บนพื้นที่ศึกษา.....	88
4.8	ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกพัทยาเหนือ ในอีก 20 ปี หลังปรับสัญญาณไฟจราจร.....	89
4.9	ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกพัทยากลาง ในอีก 20 ปี หลังปรับสัญญาณไฟจราจร.....	90
4.10	ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกพัทยาใต้ในอีก 20 ปี หลังปรับสัญญาณไฟจราจร.....	91

4.11	ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกเทพประสิทธิ์ในอีก 20 ปี หลังปรับสัญญาณไฟจราจร.....	92
4.12	ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกพญาเหนือ ในอีก 20 ปี หลังก่อสร้างอุโมงค์.....	97
4.13	ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกพญากลาง ในอีก 20 ปี หลังใช้อุโมงค์ทางลอด...	98
4.14	ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกพญาใต้ในอีก 20 ปี หลังใช้อุโมงค์ทางลอด.....	99
4.15	ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกเทพประสิทธิ์ในอีก 20 ปี หลังใช้อุโมงค์ทางลอด.	100

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พัตยาเป็นเมืองท่องเที่ยวที่สำคัญแห่งหนึ่งของภาคตะวันออก ซึ่งมีชื่อเสียงระดับโลก และได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวทั่วโลก ส่งผลให้ในแต่ละปีมีนักท่องเที่ยวเดินทางมาในเมืองพัตยาปีละหลายล้านคน (กองวิชาการแผนงานเมืองพัตยา, 2554) ก่อให้เกิดการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและการขยายตัวของเมืองพัตยาเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังเป็นทางผ่านสู่จังหวัดทางภาคตะวันออกอีกด้วย การเดินทางเข้าตัวเมืองพัตยาอาศัยเส้นทางสายหลักคือถนนสุขุมวิท (ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3) โดยในช่วง กม. 137 + 640 ถึง กม. 153 + 200 อยู่ในเขตรับผิดชอบของเมืองพัตยา มีจุดตัดทางแยกที่สำคัญทั้งหมด 4 ทางแยก ได้แก่ ทางแยกพัตยาเหนือ ทางแยกพัตยากลาง ทางแยกพัตยาใต้ และทางแยกเทพประสิทธิ์ ในช่วงเวลาเร่งด่วนในวันธรรมดา และตลอดทั้งวันในวันหยุดสุดสัปดาห์ รวมทั้งช่วงเทศกาลสำคัญ และวันหยุดนักขัตฤกษ์ สภาพการจราจรมีความคับคั่ง ก่อให้เกิดความล่าช้าในการเดินทางผ่านทางแยกหลักทั้งสี่แห่งดังกล่าว อีกทั้งการติดขัดในถนน โคร่งข่ายในตัวเมืองพัตยาอีกด้วย อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่โดยปราศจากการวางแผนและพัฒนาอย่างมีระบบ (สมภพ วันดี, 2555)

ปัญหาความไม่สมดุลของอุปสงค์และอุปทานโดยเฉพาะอย่างยิ่งการขนส่งคนและสินค้า ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ การเพิ่มขึ้นของปริมาณความต้องการการเดินทาง และขนส่งสินค้าสอดคล้องกับการขยายตัวทางเศรษฐกิจในภูมิภาคอย่างชัดเจน ความไม่สมดุล ก่อให้เกิดความคับคั่งของขบวนบน โคร่งข่ายถนน ก่อให้เกิดการสูญเสียเวลาในการเดินทาง อีกทั้งยังก่อให้เกิดการสูญเสียทางด้านพลังงาน เศรษฐกิจ สังคม การลงทุน และเสียบรรยากาศความเป็นเมืองท่องเที่ยวที่สำคัญของประเทศ ซึ่งเป็นปัญหาที่จะทวีความรุนแรงหากไม่มีการบรรเทาและแก้ไขปัญหอย่างเป็นระบบและยั่งยืน การเพิ่มอุปทานเป็นวิธีการหนึ่งในการเพิ่มความสามารถในการให้บริการของระบบ การแก้ปัญหาโดยวิธีเพิ่มอุปทานเป็นวิธีที่จะช่วยเพิ่มความสามารถในการรองรับการเคลื่อนตัวของจราจรได้ตรงจุด และเป็นวิธีที่หลายหน่วยงานที่รับผิดชอบส่วนใช้วิธีนี้ในการบรรเทาและแก้ไขปัญหารถจราจรทั้งสิ้น

อย่างไรก็ดีการขยายพื้นที่เพื่อรองรับการจราจรในเขตตัวเมืองซึ่งมีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่น ก่อให้เกิดอุปสรรคในการขยายพื้นที่สำหรับรองรับการจราจรตัวอย่าง เช่น อาคาร

ที่อยู่อาศัย ห้างร้านบริเวณสองข้างทางหลวง สาธารณูปโภคพื้นฐานอื่นๆเช่น ท่อประปา เสาไฟฟ้า และสายโทรศัพท์ อุปสรรคนี้ทำให้กระบวนการเวนคืนที่ดินและแม้กระทั่งการรื้อย้าย สาธารณูปโภคทำได้ยาก ด้วยเหตุนี้การบรรเทาปัญหาการจราจรด้วยการเพิ่มพื้นที่รองรับการจราจร จึงไม่ใช่วิธีการการแก้ไขที่ยั่งยืน แต่เมื่อสภาพกายภาพสองข้างทางไม่สามารถเพิ่มพื้นที่รองรับ การจราจรได้นั้น การพิจารณาก่อสร้างทางข้ามหรือทางลอดทางแยก เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถ นำมาใช้ในการบรรเทาปัญหาการจราจรบริเวณทางแยก ซึ่งการพิจารณาความเหมาะสม ของรูปแบบของการก่อสร้างทางข้ามหรือทางลอดทางแยกนั้นมีความสำคัญอย่างมาก การวิเคราะห์ ความเหมาะสมเพื่อเลือกรูปแบบที่เหมาะสม สามารถบรรเทาปัญหาการจราจรได้อย่างมี ประสิทธิภาพ การศึกษานี้จึงเห็นว่าการศึกษาความเหมาะสมของรูปแบบทางลอดทางแยกสำหรับ ทางแยกบนถนนสุขุมวิทช่วงที่ผ่านเมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี เพื่อนำเสนอรูปแบบของทางลอด ทางแยกที่เหมาะสมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษามาตรการการแก้ไขปัญหารถจราจรสำหรับเมืองท่องเที่ยว
2. เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการบรรเทาปัญหาการจราจรด้วย ทางลอดทางแยก
3. เพื่อเสนอรูปแบบทางลอดทางแยกที่เหมาะสม

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษานี้จะทำการศึกษาทบทวนมาตรการและการแก้ไขปัญหารถจราจรสำหรับเมืองท่องเที่ยวทั้งในประเทศและต่างประเทศ และศึกษาวิเคราะห์รูปแบบทางลอดทางแยกที่เหมาะสมกับ สภาพพื้นที่และปริมาณการจราจร เพื่อบรรเทาปัญหาการจราจรบนถนนในเขตเมืองพัทยา โดยใช้การ วิเคราะห์และประเมินผลด้วยแบบจำลองเสมือนจริง โดยใช้ข้อมูลด้านกายภาพและข้อมูลการจราจร ที่สำรวจจริงจากภาคสนาม

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประเมินสภาพจราจร การบริหารจัดการจราจร การประเมินประสิทธิภาพสัญญาณไฟจราจร การพิจารณาใช้ทางแยกต่างระดับเพื่อบรรเทาปัญหาการติดขัดของกระแสจราจรจากการใช้ทางแยกระดับเดียว การประเมินประสิทธิภาพทางลอดทางแยก การสูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิงในการเดินทาง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองสภาพจราจร กระบวนการสร้างแบบจำลองเสมือน กระบวนการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณจราจร การทดลองประสิทธิภาพแบบจำลองและการประยุกต์ใช้แบบจำลองเสมือนจริงในการวิเคราะห์ระบบจราจร โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 การประเมินสภาพจราจร

2.1.1 เกณฑ์บ่งชี้สภาพจราจร

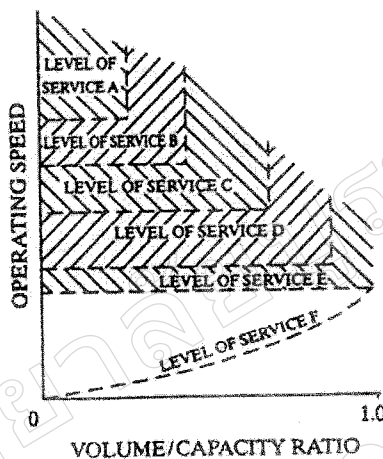
เกณฑ์ในการบ่งชี้สภาพจราจรในโครงข่ายถนนว่ามีความหนาแน่นเพียงใดจะอ้างอิงจากค่า V/C Ratio ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนระหว่างปริมาณยานพาหนะ (V ; PCU/Hour) และความสามารถในการรองรับปริมาณจราจรของทาง (C ; Unit/Hour) โดยมีเกณฑ์ในการแบ่งดังตารางที่ 2.1 (เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี, 2534)

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การบ่งชี้สภาพจราจรอ้างอิงค่า V/C

V/C	สภาพการจราจร
0.88 - 1.00	หนาแน่นมาก
0.67 - 0.88	หนาแน่น
0.52 - 0.67	พอใช้ได้
0.36 - 0.52	ดี
0.20 - 0.36	ดีมาก

2.1.2 ระดับการให้บริการ

ในหนังสือวิศวกรรมขนส่ง (สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์, 2551) กล่าวว่า ในปี ค.ศ. 1965 Highway Capacity Manual (HCM) ได้เสนอแนวคิดในการประเมินสภาพการจราจรและประสิทธิภาพของถนนด้วย ระดับการให้บริการ (Level of service, LOS) ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แผนภาพจำแนกระดับการให้บริการ

ภาพดังแสดงในภาพที่ 2.1 จะเป็นค่าสัดส่วนระหว่างปริมาณจราจรด้วยความสามารถรองรับปริมาณจราจร (Volume/capacity or v/c ratio) ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 พื้นที่ภายในขอบเขตเส้นกราฟจะถูกแบ่งออกเป็น 6 พื้นที่ย่อย แทนขอบเขตของระดับการให้บริการจาก A ถึง F โดยมีคำอธิบายของระดับการให้บริการแต่ละชั้น ดังนี้

ระดับการให้บริการ A (Level of service A)

ระดับการให้บริการที่ยานสามารถเคลื่อนที่ได้โดยอิสระ ด้วยความเร็วอิสระ (Free-flow speed) นั่นคือผู้ขับขี่สามารถเลือกความเร็วในการสัญจรได้โดยอิสระโดยไม่ได้รับอิทธิพลจากยานคันอื่นในกระแสจราจร การสัญจรจะไม่ได้ถูกรบกวนจากยานคันอื่นแม้ในสภาพการจราจรที่มีความหนาแน่นสูงสุดของระดับการให้บริการ A ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างยานจะมีค่าประมาณ 167 เมตร (550 ฟุต) หรือเทียบเท่ากับความยาวโดยประมาณของรถยนต์ 27 คัน เป็นระดับการให้บริการที่ทำให้เกิดความสบายในการขับขี่มากที่สุด อุบัติเหตุและสภาพถนนที่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่จะไม่ส่งผลกระทบต่อมากนักที่ระดับการให้บริการนี้

ระดับการให้บริการ B (Level of service B)

ยังเป็นระดับการให้บริการที่ยวดยานสามารถเคลื่อนที่ได้โดยอิสระ และยังสามารถเลือกใช้ความเร็วในการสัญจรได้โดยอิสระ ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างยวดยานจะมีค่าประมาณ 100 เมตร (330 ฟุต) หรือเทียบได้กับความยาวของรถยนต์ 16 คัน การเปลี่ยนช่องจราจรอาจถูกจำกัดบ้างเพียงเล็กน้อย โดยรวมแล้วยังคงเป็นระดับการให้บริการที่ทำให้เกิดความสบายในการขับขี่ เช่นเดียวกับระดับการให้บริการ A อุบัติเหตุและสภาพถนนที่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่จะไม่กระทบต่อสภาพการจราจรมากนักที่ระดับการให้บริการนี้

ระดับการให้บริการ C (Level of service C)

เป็นระดับการให้บริการที่สามารถใช้ความเร็วในการสัญจรได้ใกล้เคียงความเร็วอิสระ ความมีอิสระในการสัญจรจะถูกจำกัดมากขึ้น ผู้ขับขี่ต้องให้ความระมัดระวังขณะเปลี่ยนช่องจราจรมากขึ้น ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างยวดยานมีค่าประมาณ 67 เมตร (220 ฟุต) หรือเทียบได้กับความยาวของรถยนต์ 11 คัน อุบัติเหตุบนท้องถนนยังไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพการจราจรมากนัก แต่สภาพถนนที่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่อาจเริ่มส่งผลกระทบมากขึ้น และอาจทำให้เกิดแถวคอยหรือรถติดได้ในตำแหน่งที่สภาพถนนเป็นอุปสรรคต่อการสัญจรอย่างมีนัยสำคัญ

ระดับการให้บริการ D (Level of service D)

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

ระดับการให้บริการ E (Level of service E)

เป็นระดับการให้บริการที่ระดับสูงสุดที่ถนนจะสามารถรองรับปริมาณจราจรได้ การสัญจรเป็นไปได้ด้วยความยากลำบาก ช่วงห่างระหว่างยวดยานไม่แน่นอน โดยประมาณแล้วเทียบได้กับความยาวของรถยนต์ 6 คัน ทำให้มีพื้นที่ในการสัญจรและเปลี่ยนช่องจราจรน้อยลง ยังคงใช้ความเร็วได้มากกว่า 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (50 ไมล์ต่อชั่วโมง) การขัดกระแสจราจรเพียงเล็กน้อยไม่ว่าจะเป็น การเปลี่ยนช่องจราจร หรือการที่รถวิ่งออกจากทางเชื่อมเข้ามาในกระแสจราจรหลัก

ฯลฯ สามารถทำให้เกิดกระแสการจราจรติดขัด (Shockwave) ย้อนกลับไปยังกระแสการจราจรต้นทางได้ ที่ระดับการจราจรสูงสุดนี้ ถ้ามีอุบัติเหตุเกิดขึ้นแม้เพียงเล็กน้อย ก็สามารถทำให้เกิดการจราจรติดขัดอย่างรุนแรงได้ เนื่องจากไม่มีพื้นที่เพียงพอสำหรับระบายการจราจร และเป็นสภาพการจราจรที่ส่งผลให้เกิดความอึดอัดและความเครียดต่อผู้ขับขี่เป็นอย่างมาก

ระดับการให้บริการ F (Level of service F)

เป็นระดับการให้บริการที่เกิดสภาพการจราจรติดขัดของกระแสจราจร ซึ่งโดยทั่วไปจะสังเกตได้จากแถวคอยที่เกิดขึ้นด้านหลังจุดที่เกิดการติดขัด การติดขัดของกระแสจราจรเกิดจากสาเหตุหลักดังนี้

1. อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นชั่วขณะ ส่งผลให้ถนนช่วงที่เกิดอุบัติเหตุที่มีความสามารถในการรองรับปริมาณจราจรลดลง นั่นคือจำนวนรถยนต์ที่วิ่งเข้ามามากกว่าจำนวนรถยนต์ที่ถูกระบายออกไปจากจุดดังกล่าว

2. มีปริมาณจราจรวิ่งเข้าสู่ตำแหน่งที่เกิดการขัดแย้งกันของกระแสจราจร อาทิ ตำแหน่งที่กระแสจราจรรวมเข้าด้วยกัน (Merging) ตัดกัน (Weaving) หรือตำแหน่งที่จำนวนช่องจราจรลดลง (Lane drop) ฯลฯ มากกว่าปริมาณจราจรที่วิ่งออกจากตำแหน่งนั้น

3. การคาดการณ์ปริมาณจราจรที่ผิดพลาดทำให้ปริมาณจราจรสูงสุดในชั่วโมง (Peak-hour flow rate) สูงเกินกว่าความสามารถรองรับปริมาณจราจรของถนน

ในบริเวณทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร HCM2000 ได้มีการแบ่งระดับการให้บริการ (Level of service) เพื่อประมาณระดับการให้บริการของทางแยกไว้ดังนี้ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การบ่งชี้ระดับการให้บริการอ้างอิงค่า v/c (HCM, 2000)

ระดับการบริการ	ความหมาย	V/C
A	สภาพที่กระแสจราจรไหลได้แบบอิสระ (Free – Flow Conditions) โดยไม่ถูกรบกวนจากปัจจัยอื่น และผู้ขับขี่มีอิสระในการควบคุมรถสูง	0.00 - 0.60
B	สภาพการจราจรมีปัจจัยอื่นมารบกวนบ้าง และผู้ขับขี่มีอิสระในการควบคุมรถน้อยลง	0.61 - 0.70

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การบ่งชี้ระดับการให้บริการอ้างอิงค่า V/C (HCM, 2000) (ต่อ)

ระดับ การบริการ	ความหมาย	V/C
C	สภาพการจราจรแบบคงที่ และผู้ขับขี่มีการควบคุมรถที่ยากขึ้น ทำให้การเปลี่ยนช่องจราจรยากด้วย	0.71 - 0.80
D	สภาพการจราจรเริ่ม เข้าสู่สภาวะไม่คงที่ มีปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจะส่งผลให้การเคลื่อนตัวของรถล่าช้าขึ้น	0.81 - 0.90
E	สภาพการจราจรเริ่ม เข้าสู่สภาวะไม่คงที่ มีปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้การเคลื่อนตัวของรถล่าช้าสูง	0.91 - 1.00
F	สภาพการจราจรที่ติดขัด	มากกว่า 1.00

อีกทั้ง HCM 2000 ยังได้แบ่งระดับการให้บริการของทางแยกแบบมีสัญญาณไฟจราจร แบ่งเป็นค่าความล่าช้าดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การบ่งชี้ระดับการให้บริการอ้างอิงค่าระยะเวลาความล่าช้าและ Green Signal Phase (HCM, 2000)

ระดับการให้บริการ	ระยะเวลาความล่าช้า (วินาที)
A	< 10.0
B	10.1-20.0
C	20.1-35.0
D	35.1-55.0
E	55.1-80.0
F	>80.0

ระดับการให้บริการจราจรนิยามอธิบายจากสภาพจราจรดังแสดงในตารางที่ 2.4 (เมืองพัทยา, 2554)

ตารางที่ 2.4 สภาพการจราจรเปรียบเทียบกับระดับการให้บริการ

สภาพจราจร	ระดับการให้บริการ
Very Good	A or B
Good	C
Acceptable	D
Bad	E or F

ระดับการให้บริการและความจุ ในการออกแบบถนนผู้ออกแบบจะใช้ปริมาณจราจรหาสัดส่วนของถนน เช่น จำนวนช่องจราจร ความจะเป็นของช่องจราจรสำหรับเลี้ยว ช่องจราจรสำหรับแซง ระยะสอบ(Taper) รายละเอียดเกี่ยวกับการจัดช่องการไหล (Channelization) ผู้ออกแบบต้องเลือกระดับการให้บริการที่เหมาะสม ระดับการให้บริการ A คือ ระดับการให้บริการของถนนที่ดีที่สุด ส่วนระดับการให้บริการ F เป็นระดับการให้บริการที่แย่ที่สุดเป็นสภาพการจราจรติดขัด ส่วนระดับการให้บริการ E เป็นสภาพการให้บริการที่ความจุของถนน (Max Capacity) ซึ่งในเมืองใหญ่อาจเลือกปริมาณจราจรระดับการให้บริการ E (ที่สภาพความจุถนน) ใช้ในการออกแบบ (ประสิทธิ์ จึงสงวนพรสุข)

2.1.3 ปริมาณยานพาหนะ

การนับปริมาณรถในแต่ละเส้นทางของกรมทางหลวงจะบันทึกเป็นปริมาณยานพาหนะ (คัน/วัน) แยกตามประเภทยานพาหนะได้ 11 ประเภท ได้แก่

1. รถยนต์ส่วนบุคคลที่นั่งไม่เกิน 7 คน
2. รถยนต์ส่วนบุคคลที่นั่งเกิน 7 คน
3. รถโดยสารขนาดเล็ก
4. รถโดยสารขนาดกลาง
5. รถโดยสารขนาดใหญ่
6. รถบรรทุกขนาดเล็ก 1 เพลา (4 ล้อ)
7. รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ)
8. รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)
9. รถบรรทุกพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)
10. รถบรรทุกกึ่งพ่วง

11. รถจักรยานยนต์

เนื่องจากยานพาหนะแต่ละชนิดจะส่งผลกระทบต่อสภาพการจราจรที่แตกต่างกัน ดังนั้นการรวมปริมาณยานพาหนะทั้ง 11 ชนิด จึงต้องมีการดัดแปลงหน่วยให้อยู่ในหน่วยที่เทียบเท่ากันเรียกว่า Passenger Car Unit (PCU/day) สำหรับวิธีการแปลงปริมาณยานพาหนะแต่ละชนิด (Unit/Day) มาเป็น PCU/Day เป็นการนำปริมาณยานพาหนะแต่ละชนิดมาคูณปรับแก้กับค่า Passenger Car Equivalents (PCEs) สำหรับค่า PCEs ของยานพาหนะจะแสดงในตารางที่ 2.5 (สำนักงานอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง, 2554)

ตารางที่ 2.5 Passenger Car Equivalents (PCEs) ของยานพาหนะแต่ละชนิด

ชนิดของยานพาหนะ	passenger car equivalents (PCEs)
รถจักรยานยนต์	0.33
รถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง	1.00
รถยนต์ส่วนบุคคลเกิน 7 ที่นั่ง	
รถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ	
รถโดยสารขนาดเล็ก	1.50
รถโดยสารขนาดกลาง	
รถบรรทุกขนาดกลาง 6 ล้อ	2.10
รถโดยสารขนาดใหญ่	
รถบรรทุกขนาด 10 ล้อ	2.50
รถพ่วง	
รถกึ่งพ่วง	

การคำนวณปริมาณจราจรบนทางหลวงในช่วงโมงคับคั่ง (Peak hour Volumes on highways: V)

สำนักอำนวยความปลอดภัยของกรมทางหลวง (2555) ได้มีการศึกษารูปแบบพยากรณ์ปริมาณจราจรในช่วงโมงคับคั่ง ซึ่งสามารถสรุปเป็นสมการดังต่อไปนี้สำหรับทางหลวงในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล

$$Y=0.07889(X^{0.97494}) \quad (2.1)$$

สำหรับทางหลวงนอกเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล

$$Y=0.1122(X^{0.9367}) \quad (2.2)$$

เมื่อ Y = ร้อยละของปริมาณจราจรในช่วงโมงคับคั่ง (Peak hour Volume)

ต่อปริมาณจราจรโดยเฉลี่ยต่อวันตลอดปี

X = ปริมาณการจราจรโดยเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (AADT)

แล้วนำผลที่ได้ของค่า Y บนทางหลวงตามข้อ 2.1 และ 2.2 มาคำนวณค่าปริมาณจราจรบนทางหลวงในเวลาคับคั่ง ดังนี้

$$V = \left[Y \left(1 - \frac{HV}{100} \right) \right] + \left[Y \left(2 \frac{HV}{100} \right) \right] \quad (2.3)$$

เมื่อ V = ปริมาณจราจรบนทางหลวงในเวลาคับคั่ง (PCU/ชั่วโมงคับคั่ง)

Y = ค่าประมาณร้อยละของปริมาณจราจรในช่วงโมงคับคั่ง

HV = อัตราส่วนร้อยละของปริมาณรถขนาดใหญ่ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณจราจรโดยเฉลี่ยต่อวันตลอดปี

โดยคำนวณค่าปริมาณจราจรให้เป็นหน่วยรถยนต์นั่ง (Passenger car unit: PCU)

(กรมทางหลวง, 2555)

2.1.4 เกณฑ์บ่งชี้ความสามารถการรองรับปริมาณจราจร

เกณฑ์การบ่งชี้ความสามารถในการรองรับปริมาณจราจรของแต่ละเส้นทางขึ้นอยู่กับลักษณะและจำนวนช่องจราจรของเส้นทางนั้นๆ

ถนนแบบหลายช่องจราจรตั้งแต่ 4 ช่องจราจรขึ้นไป ระดับเกณฑ์การให้บริการจะมีความคล้ายคลึงกับเกณฑ์สำหรับทางด่วน ซึ่งที่ทางหลวงจำกัดความเร็วโดยเฉลี่ยที่ 110 กม./ชม. ความจุสูงสุดที่เหมาะสมสำหรับทางหลวงแบบหลายช่องจราจร คือ 2,300 คัน/ชม./ช่องจราจร (HCM, 2000)

การคำนวณค่าขีดความสามารถของทางหลวง (Highways Capacity: C)

การคำนวณค่าขีดความสามารถของทางหลวง (2555) โดยคำนึงถึงขีดความสามารถที่ลดลงอันเนื่องมาจากองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้ คือ

สำหรับทางหลวงที่มีช่องจราจรมากกว่า 2 ช่องจราจร (Multilane)

$$C = 2,200 \times RL \times RC \times RN \times RI \times RJ \times N \quad (2.4)$$

สำหรับทางหลวงที่มีช่องจราจร 2 ช่องจราจร (Two Lane, Two directions)

$$C = 2,500 \times RL \times RC \times RN \times RI \times RJ \quad (2.5)$$

เมื่อ C = แทนขีดความสามารถของทางหลวง

N = แทนจำนวนช่องจราจร

RL = แทนค่าปรับขีดความสามารถของทางหลวงเนื่องจากความกว้างของช่องจราจร (Corrected by Lane width)

RL = 1.00 เมื่อความกว้างช่องจราจร (WL) \geq 3.25 เมตร

RL = $0.24 \times WL + 0.27$ เมื่อ WL < 3.25 เมตร

RC = แทนค่าปรับขีดความสามารถของทางหลวงเนื่องจากความกว้างไหล่ทาง (Corrected by Lateral clearance)

RC = 1.00 เมื่อความกว้างไหล่ทาง (WC) \geq 0.75 เมตร

RC = $0.18 \times WC + 0.86$ เมื่อ WC < 0.75 เมตร

RN = แทนค่าปรับขีดความสามารถของทางหลวงเนื่องจากยานพาหนะ 2 ล้อ (Corrected by Mixed with two - wheels vehicle)

$$RN = \frac{100}{100 + 0.75Mc}$$

เมื่อ Mc แทนร้อยละปริมาณจราจรของรถจักรยานยนต์ ต่อปริมาณจราจรทุกประเภทยานพาหนะ

RI = แทนค่าปรับขีดความสามารถของทางหลวงเนื่องจากสภาพสองข้างทาง (Corrected by Roadside Situation) ในที่นี้กำหนด

RI = 0.90 สำหรับค่าปรับของสองข้างทางนอกเมือง

RI = 0.70 สำหรับค่าปรับของสองข้างทางในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล

RJ = แทนค่าปรับขีดความสามารถของทางหลวงเนื่องจากปริมาณรถยนต์ขนาดใหญ่

$$RJ = \frac{1}{\left(1 - \frac{HV}{100}\right) \left(1 + 2 \frac{HV}{100}\right)}$$

เมื่อ HV แทน อัตราส่วนร้อยละของปริมาณรถยนต์ขนาดใหญ่

จากการศึกษาของเกษม ชูจารุกุล (2548) เรื่องเกณฑ์ในการวัดการจราจรติดขัดในประเทศไทยในมุมมองของผู้ปฏิบัติ ได้กล่าวไว้ว่า ในปัจจุบันแต่ละหน่วยงานที่เกี่ยวกับการจราจร มีการรายงานสภาพการติดขัดของระบบจราจรที่แตกต่างกัน โดยในระดับปฏิบัติการมีการใช้ทั้งความเร็วเฉลี่ย ความยาวแถวคอย เวลาในการติดขัด ในขณะที่ในระดับวางแผนมีการใช้ความเร็วเฉลี่ย และ V/C เป็นตัวชี้วัด ส่งผลให้ตัวชี้วัดที่เป็นอยู่ขาดเอกภาพ และความน่าเชื่อถือ เมื่อพิจารณาถึงมุมมองในเชิงเจ้าหน้าที่และผู้ปฏิบัติด้านการจราจรและขนส่งแล้ว จะพบได้ว่ายังไม่มี การสำรวจเกณฑ์ที่ใช้การนิยามการจราจรติดขัด จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ยัง ไม่มีเครื่องมือที่สามารถประเมินสถานการณ์โดยรวมของสภาพการจราจรติดขัดในประเทศไทยได้อย่างถูกต้องและ น่าเชื่อถือ

ดังนั้นในแง่ของตัวชี้วัดที่เหมาะสม จากการสำรวจพบว่าความเร็วเฉลี่ย ซึ่งจัดเป็นตัวชี้วัด ที่เกี่ยวกับเวลาในการเดินทาง เป็นตัวชี้วัดที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้สำหรับทางพิเศษ ทั้งในระดับปฏิบัติการและวางแผน สำหรับทางที่มีสัญญาณไฟจราจรอาจแนะนำตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับ แถวคอยมาประยุกต์ใช้ในระดับปฏิบัติการ และอาจนำค่าความเร็วเฉลี่ยเช่นเดียวกันมาใช้ใน

ระดับวางแผน หนึ่งการนำค่า V/C มาใช้ในการวางแผนร่วมด้วยก็จะช่วยให้การประเมินสภาพจราจรมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

จากการศึกษาของเมืองพัทยา (2552) พบว่า ปริมาณจราจรในอนาคตที่จะเข้าสู่เมืองพัทยา ช่วงถนนตั้งแต่แยกพัทยาเหนือไปถึงทางเชื่อมถนนมอเตอร์เวย์ หลังจากเปิดใช้งานทางเชื่อมจะมีจำนวนลดลง และช่วงถนนหลังจากทางเชื่อมมอเตอร์เวย์ ไปยังทางแยกเทพประสิทธิ์จะมีอัตราการเพิ่มของปริมาณจราจร ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 อัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจราจรในอนาคต

ช่วงปี พ.ศ.	การเพิ่มขึ้นของจราจรต่อปี เป็นร้อยละ	
	ถนนสุขุมวิท (พัทยาเหนือ-Ramp ไปมอเตอร์เวย์)	ถนนสุขุมวิท (Ramp ไปมอเตอร์เวย์-เทพประสิทธิ์)
2552 – 2557	-2.55	5.04
2557 – 2562	-1.04	2.76
2562 – 2567	-0.5	2.03
2567 – 2572	- 2.1	1.69
2572 – 2577	1.05	3.43

ปริมาณจราจรอิ่มตัว (Saturation Flow)

เป็นปริมาณจราจรที่สามารถเคลื่อนออกไปได้ในอัตราคงที่สูงสุด หลังจาก 2-3 วินาทีแรกของการปล่อยสัญญาณไฟเขียว และก่อนหยุดรถจากสัญญาณไฟ 2-3 วินาทีเช่นกัน ซึ่งปริมาณจราจรอิ่มตัวตามค่าความกว้างของถนนดังตารางที่ 2.7 (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2546)

ตารางที่ 2.7 มาตรฐานปริมาณจราจรอิ่มตัวตามความกว้างของถนน

ความกว้างของช่องจราจร (ม.)	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	-	-
จำนวนช่องจราจรเดี่ยวขวา	-	-	-	-	-	1	2
ปริมาณจราจรอิ่มตัว (คัน/ชม.)	1840	1855	1960	2210	2575	1600	2700

2.2 การบริหารจัดการจราจร (Traffic Management)

2.2.1 การจัดการจราจรเมืองที่มีประสิทธิภาพ

Ministry of Land, Infrastructure and Transport Kinki Regina Development Bureau, Road Department (2003) ได้เสนอว่าในการบริหารจัดการจราจรเมือง ควรจะทำ 3 วิธีพร้อมกัน คือ

1. วิธีการขยายความสามารถในการรองรับปริมาณการจราจร (Road Capacity)

การขยายความสามารถในการรองรับปริมาณการจราจรจะมุ่งเน้นในเรื่องการจัดการเส้นทางที่มีอยู่ให้เพียงพอต่อความต้องการเดินทาง โดยการเชื่อมโครงข่ายของถนนให้เป็นระบบ ส่งผลให้เกิดกระแสจราจรที่ลื่นไหล แก้ไขปัญหาการจุกคอขวด (Bottle-neck) และลดการตัดกันของกระแสจราจร

2. วิธีการจัดการควบคุมปริมาณจราจร (Traffic Demand Management: TDM)

2.1 การใช้รถยนต์อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเพิ่มอัตราการใช้รถบรรทุกของรถต่อคันให้สูงขึ้น เช่น การรวบรวมการขนส่งสิ่งของไปไว้นอกเมืองเพื่อลดรถบรรทุกขนาดใหญ่เข้ามาในตัวเมือง
 2.2 การรณรงค์ให้ยานพาหนะร่วมกันเมื่อเดินทางไปที่หมายเดียวกัน เพื่อส่งเสริมแนวทางดังกล่าวควรจัดตั้งเส้นทางเฉพาะสำหรับรถขนส่ง และรถธุรกิจขนส่งพิเศษ (High Occupancy Vehicle Lane: HOV Lane) และสร้างศูนย์กลางขนส่งรวม

2.2 การจัดการปรับชั่วโมงเร่งด่วน (Peak Cut Management) กระจายปริมาณการจราจร และไม่ให้รวมอยู่จุดเดียวในเวลาเดียวกัน

2.3 การจัดตั้งองค์กรที่จัดการการขนส่ง (Transportation Management Association:

TMA)

2.4 การเก็บค่าธรรมเนียมการใช้เส้นทาง (Road Pricing) เพื่อควบคุมปริมาณรถที่จะเข้ามาในเมือง และเป็นการส่งเสริมบริการขนส่งมวลชน

2.5 การแก้ไขต้นกำเนิด การปรับเปลี่ยนรูปแบบการปฏิบัติงานโดยเปลี่ยนเวลาการปฏิบัติงาน หรือการเปลี่ยนรูปแบบปฏิบัติงานเพื่อทำให้ปริมาณจราจรลดลง

2.6 การจอดแล้วจร (Park and Ride) โดยการขับรถมาจอดในบริเวณที่จัดไว้ให้แล้ว ต่อด้วยรถขนส่งมวลชน

3. วิธีการจัดการด้วยหลากหลายวิธีการ (Multi-model Management)

เป็นการจัดการระบบคมนาคมในเมืองให้เชื่อมโยงกันทั้งระบบทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ เพื่อลดปริมาณจราจรในตัวเมือง ซึ่งจะนำไปพร้อมกับวิธีการจัดการควบคุมปริมาณจราจร (TDM) เช่น

3.1 การสร้างแรงจูงใจในการใช้ระบบขนส่งมวลชน โดยการพัฒนาขนส่งมวลชนให้มีความสะดวกสบายน่าใช้มากขึ้น ซึ่งอาจจัดสรรที่จอดรถ หรือสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกในระบบขนส่งมวลชน

3.2 การจัดการให้มีจุดเชื่อมต่อระหว่างระบบขนส่งมวลชน เพื่อให้เกิดความสะดวกสบายในการเดินทาง เมื่อมีประชาชนหันมาใช้ขนส่งมวลชนกันมากขึ้นปริมาณจราจรในท้องถนนก็จะลดลง

3.3 จัดสรรทางวิ่งสำหรับรถประจำทางแบบด่วนพิเศษ เพื่อเพิ่มความเร็วให้ระบบขนส่งมวลชนมากขึ้น ทำให้ระบบรถประจำทางสามารถควบคุมเวลาการเดินทางได้เช่นเดียวกับระบบขนส่งมวลชนแบบระบบราง

3.4 สร้างจุดป้ายรถประจำทางให้ทันสมัย (High-grade Bus Station) และมีการแสดงเวลาการเดินทาง รวมทั้งแผนที่แสดงเส้นทาง จัดที่นั่งสำหรับผู้ให้บริการที่มีร่มเงากันฝนได้ซึ่งทำให้การให้บริการมีความทันสมัยและสะดวกสบายยิ่งขึ้น

3.5 สนับสนุนการสร้างระบบขนส่งมวลชนเพิ่มขึ้นจากเดิมเพื่อบรรเทาปัญหาจราจรที่ติดขัด เช่น รถไฟฟ้าทางเดียว (Monorail) รถไฟฟ้าระบบรางเบา (Light Rail Transit: LRT)

ดังนั้น จึงพอสรุปได้ว่า การบริหารจัดการจราจรที่มีประสิทธิภาพ ต้องใช้ 2 วิธีการโดยพร้อมกันคือ วิธีการขยายความสามารถรองรับได้ของถนน (Hardware) และวิธีการควบคุมอุปสงค์การจราจรโดยการปรับพฤติกรรมผู้ใช้งานพาหนะ (Software)

จากการศึกษาของ นราธิปต์ ปัญญาวัฒน์ (2552) ได้ทำการศึกษาปริมาณจราจรและพฤติกรรมการใช้ยานพาหนะบริเวณถนนสุขุมวิทและถนนกานทรรัตน์ของกองทัพอากาศเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาหาแนวทางการแก้ไขปัญหาการจราจรในบริเวณเส้นทางดังกล่าว การดำเนินการวิจัยผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 2 ขั้นตอน

1. ทำการสำรวจการจราจรเพื่อให้ทราบถึงช่วงเวลาที่มีการจราจรสูงที่สุด จะได้เป็นแนวทางเพื่อวางแผนในการเก็บข้อมูล

2. นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมาวิเคราะห์ผลเพื่อแก้ไขปัญหาการจราจร

จากการศึกษาสรุปว่าควรแก้ไขปัญหาการจราจรนี้โดยการกำหนดทิศทางการจราจรใหม่จากการศึกษาของ เจษฎา คำผอง, เอกพล คนสอน, สุรัตน์ วรรณทอง (2554) ได้ทำการศึกษาการจัดการระบบจราจรบริเวณห้าแยกกึ่งศาลมมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค VISSIM ในการประเมินมาตรการต่างๆที่นำเสนอ เพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดที่บริเวณแยกดังกล่าว ในการดำเนินการวิจัยได้ดำเนินการศึกษาในแนวทางแก้ไขปัญหาการจราจรแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ระยะสั้นและระยะยาว

ทางเลือกในการแก้ไขปัญหาในระยะสั้น คือ

1. การเปลี่ยนรูปแบบการจราจรแบบขยายช่องทางเดินรถให้ใหญ่ขึ้นจาก 1 ช่องการจราจรเป็น 2 ช่องการจราจร
2. การเปลี่ยนรูปแบบการจราจรรอบเวลาและจังหวะสัญญาณไฟจราจรใหม่
3. การปรับเปลี่ยนรูปแบบการเดินรถแบบสลับช่องทางในช่วงเวลาเร่งด่วนตามปริมาณการจราจร

การแก้ไขปัญหาในระยะกลางและยาว คือ

1. ปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของถนนเบื้องต้น
2. การปรับเปลี่ยนระบบสัญญาณไฟจราจรของพื้นที่การศึกษา
3. การเพิ่มจำนวนช่องจราจรโดยการขยายถนนบริเวณทางแยก

โดยการศึกษาในขั้นต้นได้ทำการสำรวจปริมาณจราจรในช่วงโมงเร่งด่วนคือ

7.00-9.00 น. และ 17.00-19.00 น. ของวันทำงานโดยจะเลือกวันที่มีปริมาณจราจรสูงสุดเป็นวันและเวลาในการเก็บข้อมูล หลังจากนั้นได้นำข้อมูลเข้าวิเคราะห์ในโปรแกรมจำลองการเดินทาง VISSIM เพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาการจราจร โดยทำการจำลองเป็นแบบจำลองต่างๆ

จากการศึกษาของ ศิวกิจ เสรีรัตนสกุล (2550) ได้ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาระบบควบคุมการจราจรที่เหมาะสม กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 34 จุด ช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

เป็นช่วงเวลาเร่งด่วนคือ ในช่วงเช้าเวลา 7.30 – 8.30 น. และช่วงเย็นเวลา 17.00 – 18.00 น. โดยมีการใช้โปรแกรมจำลองเพื่อศึกษาการปรับปรุงสัญญาณไฟจราจรภายในเทศบาลนครราชสีมา ทางผู้วิจัยได้มีแนวทางการศึกษาดังนี้

1. การเก็บข้อมูลจราจรตามจุดต่างๆของเทศบาลนครราชสีมา
2. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Sidra เพื่อคำนวณหาความยาวของวงรอบเวลาสัญญาณไฟ
3. การสรุปผล

ซึ่งการศึกษาจะคำนึงถึงตัวแปรดังต่อไปนี้

1. ระยะเวลาความล่าช้า
2. ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปกับการเผาผลาญเชื้อเพลิง
3. ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมา
4. ความเร็วที่ใช้
5. จำนวนครั้งที่หยุดรถ
6. เวลาในการเดินทางทั้งหมด

เมื่อได้วิเคราะห์ข้อมูลพบว่าหลังจากได้ทำการปรับค่าความยาววงรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรแล้ว ปรากฏว่าสภาพการจราจรดีขึ้น คือ แยกที่มีการให้บริการจราจรระดับติดขัดมากที่สุดลดลงเหลือ 15 แห่งจาก 17 แห่ง ความเร็วเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.09 การเผาผลาญเชื้อเพลิงลดลงร้อยละ 1.66 ก๊าซมลพิษลดลงร้อยละ 5.12

2.2.2 มาตรการควบคุมความต้องการเดินทางกับการแก้ปัญหาจราจรในต่างประเทศ

มาตรการควบคุมความต้องการเดินทาง (Travel Demand Management: TDM) ถูกนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาจราจรในประเทศสหรัฐอเมริกาครั้งแรกในปี ค.ศ. 1975 โดยถูกบรรจุอยู่ใน Federal Highway Administration and Urban Mass Transportation Administration (FHWA/UMTA) Urban Planning Regulations ซึ่งมุ่งเน้นการจัดการระบบขนส่งที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น การนำ TDM มาประยุกต์ใช้นั้นจะให้ความสำคัญกับการพิจารณาความต้องการเดินทางแทนการพิจารณาองค์ประกอบรองรับการเดินทาง (ITE, 1992) ช่วงปลายทศวรรษที่ 70 และต้นทศวรรษที่ 80 TDM ได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 แนวทาง

1. มุ่งเน้นการพัฒนาเทคนิคและวิธีการต่างๆ เพื่อแก้ไขปัญหาจราจร ด้วยการปรับปรุงด้วยวิธีการจัดการจราจร (Traffic Management)

2. แนวทางปฏิบัติเพื่อสนับสนุนและเอื้อประโยชน์ต่อการสัญจร โดยพิจารณาถึงผลกระทบและคุณภาพของสิ่งแวดล้อม (Meyer, 1999)

ปัจจุบัน TDM จึงถูกพิจารณาแยกออกจาก TSM อย่างชัดเจน ด้วยจุดมุ่งหมายที่แตกต่างกันของการนำมาตรการไปประยุกต์ใช้ แต่อาจมีความคล้ายคลึงกันในบางมาตรการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการจราจร อาทิ มาตรการจำกัดการเข้าถึงพื้นที่การเดินทางทางเดียวหรือมาตรการช่องทางพิเศษสำหรับรถโดยสารประจำทาง เป็นต้น (สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์, 2553)

ในปัจจุบัน TDM ได้ถูกนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งของนโยบายการแก้ไขปัญหาจราจรในภูมิภาคต่างๆ ทั่วโลก โดยมีการประยุกต์รูปแบบที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความต้องการของแต่ละประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกาได้นำ TDM ไปใช้เพื่อแก้ปัญหามลภาวะเป็นพิษ กลุ่มประเทศยุโรปนำไปใช้เพื่อการพัฒนาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน เป็นต้น จากการศึกษาในภูมิภาคต่างๆ ได้แก่ทวีป ยุโรป อเมริกา และเอเชีย มีการนำ TDM ไปใช้เพื่อลดปริมาณการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลดังนี้

1. กรณีศึกษาทวีปอเมริกา: ประเทศสหรัฐอเมริกา

1.1 เมืองโบลเดอร์ พอร์ตแลนด์ และบอสตัน มีการนำ TDM มาประยุกต์ใช้เพื่อลดปัญหาจราจรโดยการลดปริมาณรถยนต์ส่วนบุคคล โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.8 ถึงตารางที่ 2.10 (Newman และ Kenworthy, 1999)

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
วันลงทะเบียน.....
เลขทะเบียน.....
เลขเรียงหนังสือ.....

ตารางที่ 2.8 กลยุทธ์ที่ใช้เพื่อลดปริมาณการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลของเมืองโบลเดอร์

กลยุทธ์	รายละเอียด
มาตรการจำกัดการจราจร	<ol style="list-style-type: none"> 1. ขยายขอบเขตพื้นที่จำกัดการจราจร/ สนับสนุนการเดินทางด้วยการเดิน 2. กำหนดพื้นที่จำกัดความเร็ว 3. ตรวจจับความเร็ว/ ปรับเป็น 2 เท่าในพื้นที่จำกัดการจราจร
สนับสนุนระบบขนส่งรูปแบบอื่น	<ol style="list-style-type: none"> 1. รณรงค์และสนับสนุนการก่อสร้างระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานสำหรับการเดินทางด้วยจักรยานอย่างจริงจัง 2. พัฒนาระบบรถโดยสารประจำทาง/ เชื่อมจุดต่อกับรถไฟ/ พัฒนาระบบโทรคมนาคม/ จัดบริการรถรับส่งนักเรียน 3. ลดการจอดรถริมถนน/ สนับสนุนให้มีการจอดรถไว้นอกเขต CBD มาตรการตัวเดือนราคาประหยัด/ การให้สิทธิพิเศษแก่ผู้ใช้จักรยาน/ สนับสนุนการใช้ Carpooling/ นโยบายยืดหยุ่นเวลาการทำงาน/ การลดจำนวนวันทำงานในสัปดาห์
มาตรการด้านเศรษฐกิจและการเงิน	<ol style="list-style-type: none"> 1. การเรียกเก็บเงินเพิ่มจากผู้ใช้รถยนต์ส่วนตัว/ การเพิ่มค่าจอดรถและค่าปรับจากการจอดรถที่ฝ่าฝืนกฎเป็น 2 เท่า 2. การให้สิทธิในการจอดรถแก่ HOV โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย 3. การจัดการใช้พื้นที่ในเขตเมืองแบบผสมผสาน
มาตรการด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน	<ol style="list-style-type: none"> 1. การควบคุมการเติบโตของเมือง/ ควบคุมขอบเขตของเมือง 2. กำหนดพื้นที่ควบคุมเสียงรบกวน/ ชุมชนนำอยู่ที่มีการจำกัดการครอบครองรถส่วนตัว

ตารางที่ 2.9 กลยุทธ์ที่ใช้เพื่อลดปริมาณการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลของเมืองพอร์ตแลนด์

กลยุทธ์	รายละเอียด
มาตรการจำกัดการจราจร	<ol style="list-style-type: none"> 1. ขยายขอบเขตพื้นที่จำกัดการจราจรและพื้นที่ที่ใช้การสัญจรด้วยการเดินในเขตศูนย์กลางเมือง รวมไปถึงการช่วยลดช่องทางจราจรสำหรับรถเล็กเพื่อเอื้อประโยชน์ต่อระบบขนส่งสาธารณะ 2. มาตรการควบคุมการใช้ถนนที่ควบคุมโดยหน่วยงานรัฐที่จัดตั้งขึ้นโดยเฉพาะในแต่ละเขตพื้นที่
สนับสนุนระบบขนส่งรูปแบบอื่น	<ol style="list-style-type: none"> 1. ควบคุม/ จำกัดการจอดรถบริเวณพื้นที่อนุรักษ์ในเขต CBD 2. ลดจำนวนช่องทางของทางด่วนเพื่อเอื้อประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง LRT 3. การให้สิทธิพิเศษแก่รถโดยสารและรถรางในพื้นที่ศูนย์กลางเมือง
มาตรการด้านเศรษฐกิจและการเงิน	<ol style="list-style-type: none"> 1. การควบคุม/ จำกัดการจอดรถด้วยการเก็บเงินค่าจอดรถในพื้นที่ CBD
มาตรการด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน	<ol style="list-style-type: none"> 1. การควบคุมการเติบโตของเมืองโดยรวมเพื่อจำกัดการพัฒนาพื้นที่ขึ้นเป็นเมืองใหม่และเพื่อติดตามการเติบโตที่เพิ่มขึ้นจากเดิมของชุมชนเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งชุมชนที่ตั้งอยู่โดยรอบสถานี LRT 2. ให้ความสำคัญกับการพัฒนาชุมชนที่เกิดขึ้นใหม่โดยรอบสถานี LRT 3. มาตรการที่มุ่งเป้าไปที่การพัฒนาชุมชนที่พักอาศัยในเขต CBD ที่กำหนดให้การเดินทางด้วยการเดินทาง จักรยาน และขนส่งสาธารณะได้รับสิทธิพิเศษ

ตารางที่ 2.10 กลยุทธ์ที่ใช้เพื่อลดปริมาณการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลของเมืองบอสตัน

กลยุทธ์	รายละเอียด
มาตรการจำกัดการจราจร	1. การขยายความกว้างของ Sidewalks และการสนับสนุนการเดินทางด้วยการเดินเท้าและรถจักรยานเพิ่มขึ้น
สนับสนุนระบบขนส่งรูปแบบอื่น	1. การเปิดใช้เส้นทางรถไฟสายใหม่ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการปฏิรูปการใช้พื้นที่ในเขตใจกลางเมือง 2. จำกัดและไม่สนับสนุนการขยายตัวของอาคารก่อสร้าง โครงข่ายถนนในแนวรัศมีในบริเวณเขตเมืองชั้นใน 3. ลดราคาค่าโดยสารระบบขนส่งสาธารณะ
มาตรการด้านเศรษฐกิจและการเงิน	1. การเก็บภาษีน้ำมันเพิ่มเพื่อนำไปพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะของเมือง 2. การจำกัดการก่อสร้างพื้นที่จอดรถเพิ่มเป็นเวลา 20 ปี
มาตรการด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน	1. การปฏิรูปเมืองใหม่ในเรื่องที่เกี่ยวกับระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานในเขตเมือง 2. การปรับปรุงและเสริมสร้างสวนสาธารณะของเมือง

2. กรณีศึกษาทวีปยุโรป: เมืองซูริก ในกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป จะให้ความสำคัญเรื่องคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก เน้นการพัฒนาที่ยั่งยืน

2.1 เมืองซูริก ตั้งอยู่ในประเทศสวิสเซอร์แลนด์ซึ่งเป็นประเทศหนึ่งที่ทำให้ความสำคัญกับการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะอย่างต่อเนื่องดังแสดงในตารางที่ 2.11 (Newman และ Kenworthy, 1999)

ตารางที่ 2.11 กลยุทธ์ที่ใช้เพื่อลดปริมาณการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลของเมืองซูริก

กลยุทธ์	รายละเอียด
มาตรการจำกัดการจราจร	<ol style="list-style-type: none"> 1. การจำกัดการจราจรในเขตนอกเมือง 2. การขยายพื้นที่ควบคุมและจำกัดความเร็ว (30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) 3. การพัฒนาระบบเชื่อมต่อระบบขนส่งสาธารณะ และการกำหนด เขตพื้นที่สำหรับการเดินทาง 4. การเวนคืนช่องทางการเดินทางสาธารณะของรถยนต์สำหรับการเดินทางด้วย LRT 5. การบังคับใช้มาตรการจำกัด/ ควบคุมการใช้รถยนต์ส่วนตัว
สนับสนุนระบบขนส่งรูปแบบอื่น	<ol style="list-style-type: none"> 1. การขยายเส้นทางบริการของ LRT และรถรางไฟฟ้าขนาดใหญ่/ ขยายช่องทางสัญจรด้วยการเดินและจักรยาน 2. การวางแผนและกำหนดช่วงเวลาอย่างเหมาะสมในการประสานงานระหว่างบริการและการเดินทางรูปแบบต่าง ๆ 3. การวางแผนด้านการตลาด และการให้บริการข้อมูลการเดินทางแก่ผู้โดยสารเพื่อรณรงค์การใช้ระบบขนส่งสาธารณะ 4. จำกัดการเพิ่มความสามารถในการรองรับรถยนต์ของถนน และจำกัดการจอดรถ 5. การจัดจำหน่ายตั๋วร่วมสำหรับการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะ
มาตรการด้านเศรษฐกิจและการเงิน	<ol style="list-style-type: none"> 1. การเก็บภาษีการใช้น้ำมันและภาษีการจดทะเบียนรถ 2. กำหนดให้มีการเก็บเงินค่าจอดรถในราคาที่สูง
มาตรการด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน	<ol style="list-style-type: none"> 1. จำกัดการเติบโตของเมือง 2. พัฒนาระบบขนส่งสาธารณะให้เติบโตควบคู่ไปกับการเติบโตของเมือง 3. พัฒนาเมืองในรูปแบบ Urban Village ที่เกิดขึ้นใหม่โดยรอบระบบขนส่งสาธารณะ 4. การกำหนดการใช้พื้นที่แบบผสมผสานในบางส่วนของเมือง

3. กรณีทวีปเอเชีย: สิงคโปร์ และฮ่องกงเป็นประเทศที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างมากในภูมิภาคเอเชีย ซึ่งมีความหนาแน่นของประชากรมีความหนาแน่นมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ของประเทศ ประเทศสิงคโปร์เป็นประเทศที่มีการบังคับใช้มาตรการจำกัดรถยนต์ส่วนบุคคลได้อย่างประสบความสำเร็จ โดยมีมาตรการดังแสดงในตารางที่ 2.12 (Sorawit Narupiti, Saksith Chalermpong, Berlian Kushari, Surames Piriawat, 2004)

ตารางที่ 2.12 กลยุทธ์ที่ใช้เพื่อลดปริมาณการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลของเมืองสิงคโปร์

กลยุทธ์	รายละเอียด
มาตรการจำกัดการจราจร	<ol style="list-style-type: none"> จำกัดพื้นที่ถนนที่มีอยู่ในปัจจุบันและลดการสร้างถนนใหม่เพื่อจำกัดการใช้รถยนต์ส่วนบุคคล จัดวางรูปแบบของระบบสาธารณูปโภคในบริเวณพื้นที่ศูนย์กลางเมือง โดยคำนึงถึงผู้เดินเท้า เช่น การเพิ่มพื้นที่ผิวทางเดินเท้าเป็นต้น
สนับสนุนระบบขนส่งรูปแบบอื่น	<ol style="list-style-type: none"> จัดสรรงบประมาณการลงทุนหลักเพื่อพัฒนาระบบขนส่งรูปแบบ Mass Rapid Transit ให้สิทธิพิเศษแก่รถโดยสารประจำทาง เช่น จัดช่องทางเฉพาะสำหรับรถโดยสาร ถนนเฉพาะสำหรับรถโดยสาร และทางกลับรถเฉพาะรถโดยสาร อำนวยความสะดวกแก่รถโดยสารประจำทางโดยเฉพาะเมื่อวิ่งเข้าสู่บริเวณศูนย์กลางเมืองที่ถูกระบุให้เป็นพื้นที่จำกัดการจราจร พัฒนาบริการขนส่งสาธารณะรูปแบบรวมทั้งที่ให้บริการ โดยรอบเมืองและวิ่งเข้าและออกจากตัวเมือง

ตารางที่ 2.12 กลยุทธ์ที่ใช้เพื่อลดปริมาณการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลของเมืองสิงคโปร์ (ต่อ)

กลยุทธ์	รายละเอียด
มาตรการด้านเศรษฐกิจการเงิน	<ol style="list-style-type: none"> กำหนดให้รถยนต์ส่วนบุคคล ภาษีรถยนต์และภาษีน้ำมันมีราคาสูง และมีการเรียกเก็บเงินค่าการมีสิทธิ์ในการซื้อรถยนต์ เรียกเก็บค่าจอดรถในราคาที่สูง
มาตรการด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน	<ol style="list-style-type: none"> การวางแผนเมืองแบบองค์รวมโดยพิจารณาพื้นที่โดยรอบสถานีรถไฟที่มีการใช้พื้นที่แบบผสมและมีความหนาแน่นสูงเป็นหลัก ขยายการจัดวางรูปแบบของเมืองที่เอื้อประโยชน์ต่อคนเดินเท้าและผู้ใช้รถจักรยานในการเข้าถึงศูนย์กลางของเมืองและระบบขนส่งสาธารณะ วางแผนการใช้ที่ดินโดยพิจารณาแบบองค์รวมให้เอื้อประโยชน์ต่อรูปแบบการเดินทางอื่น ๆ นอกเหนือจากการใช้รถยนต์ส่วนบุคคล

นอกจากนี้ สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ (2553) ได้กล่าวว่าแนวทางหนึ่งที่ได้ได้รับความสนใจจากนักวางแผนการขนส่งในหลายประเทศ อาทิ ญี่ปุ่น อังกฤษ ออสเตรเลีย ฯลฯ คือ การใช้มาตรการควบคุมการใช้รถยนต์ส่วนบุคคล ไปประยุกต์เพื่อลดปัญหาจราจรเขตเมืองใหญ่ ได้แก่

1. การจัดการความต้องการเดินทาง (Travel Demand Management: TDM) เป็นวิธีที่ได้การยอมรับและได้รับความนิยมถึงประสิทธิภาพในการควบคุมปริมาณรถยนต์ส่วนบุคคลให้มีปริมาณที่เหมาะสมกับการรองรับของโครงข่ายถนนที่มีอยู่ เป็นการแก้ไขปัญหาจราจรบนท้องถนน ซึ่งการจัดการความต้องการแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ มาตรการเชิงบังคับ (Coercive Programs) และมาตรการเชิงสนับสนุน (Non-Coercive Programs) โดยทั่วไปมาตรการการจัดการความต้องการเดินทางจะเน้นไปในมาตรการเชิงบังคับ เช่น มาตรการเก็บค่าผ่านทาง (Road Pricing) มาตรการควบคุมการจอดรถ (Parking management) เป็นต้น แต่มาตรการเชิงสนับสนุนจะมีประสิทธิภาพในการใช้ที่ต่ำกว่ามาตรการเชิงบังคับ

2. การจัดการความสามารถการสัญจร (Mobility Management: MM) เนื่องจากมาตรการเชิงบังคับเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพแต่มักไม่เป็นที่ยอมรับและได้รับการต่อต้านจากคนในชุมชน ดังนั้นมาตรการเชิงสนับสนุนจึงเป็นมาตรการที่เหมาะสมได้รับการยอมรับจากชุมชนและเป็นมาตรการที่ประสบความสำเร็จในการลดรถยนต์ส่วนบุคคล โดยหนึ่งในมาตรการเชิงบังคับที่ได้รับความนิยมคือ การจัดการความสามารถการสัญจร (Mobility Management: MM)

2.3 การประเมินประสิทธิภาพทางแยกสัญญาณไฟจราจร

1. อัตราการไหลอิ่มตัว (Saturation Flow Rate)

อัตราการไหลอิ่มตัวเป็นปริมาณจราจรรายชั่วโมงสูงสุดที่สามารถตรงผ่านทางแยกของช่องทางหรือกลุ่มช่องทาง (Lane Group) โดยสมมติว่าได้รับไฟเขียวตลอด 60 นาที อัตราการไหลอิ่มตัวสามารถคำนวณดังสมการที่ 2.1 (ศิวกิจ เสรีรัตนสกุล, 2550)

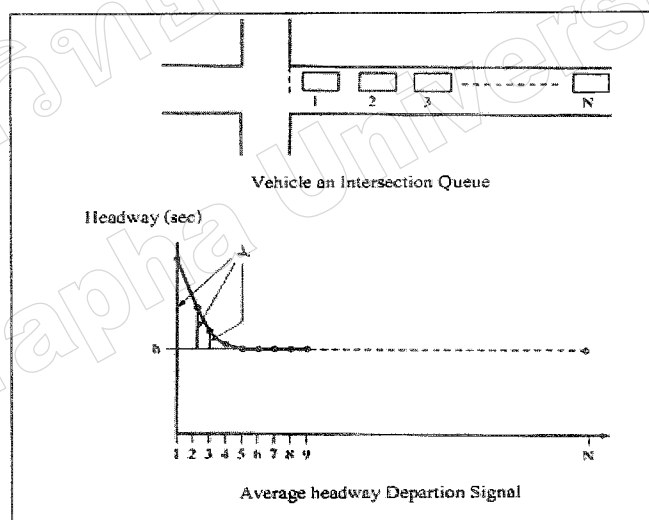
$$S = \frac{3600}{h} \quad (2.6)$$

เมื่อ

S = อัตราการไหลอิ่มตัว (คัน/ ชั่วโมง)

H = ระยะเวลาระหว่างยวดยานสองคันที่วิ่งตามหลังกันมา (วินาที/ คัน)

3600 = จำนวนของวินาที/ ชั่วโมง



ภาพที่ 2.2 แนวคิดอัตราการไหลอิ่มตัวและเวลาสูญเสียสำหรับการเคลื่อนที่

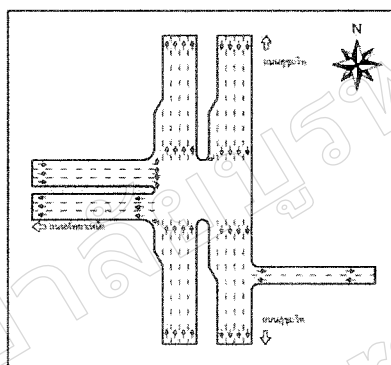
จากการศึกษาของ สมภพ วันดี (2555) ได้เสนอรูปแบบการปรับสัญญาณไฟจราจรทางแยกบนถนนสุขุมวิททั้ง 4 ทางแยก โดยเลือกใช้วันที่ทำการศึกษา 2 วันคือวันพุธ และวันเสาร์ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า 7.00-8.00 น. ช่วงนอกเวลาเร่งด่วน เวลา 13.00 น. และ ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นเวลา 17.00-18.00 น. ซึ่งการกำหนดวันพุธเป็นตัวแทนของวันทำงานนั้นเนื่องจากวันพุธเป็นวันทำงานช่วงกลางสัปดาห์ จึงไม่ได้รับผลกระทบจากการเดินทางจากนักท่องเที่ยวภายนอกเมืองพัทยามากนัก ดังนั้นจึงเป็นวันที่เป็นตัวแทนที่แสดงการเดินทางของประชากรในเมืองพัทยาได้ชัดเจน

และการเลือกใช้วันเสาร์เนื่องจากเป็นวันหยุดจะมีนักท่องเที่ยวมากมายเดินทางมายังเมืองพัทยาทำให้มีปริมาณจราจรที่สูงทำให้เกิดปัญหาจราจรติดขัด

ในการศึกษาการบรรเทาปัญหาจราจรติดขัด โดยการปรับสัญญาณไฟจราจรได้สรุปเฟสสัญญาณไฟดังตารางที่ 2.13-2.16

ตารางที่ 2.13 รอบสัญญาณไฟจราจร ทางแยกพัทยาเหนือ

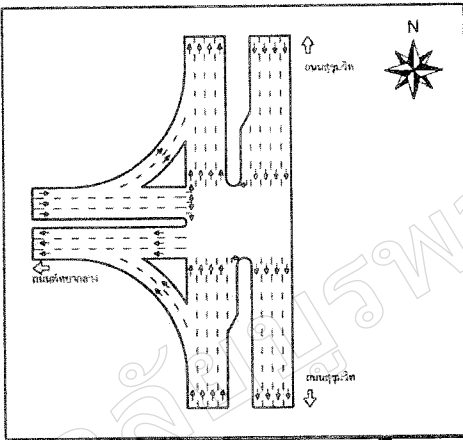
ทางแยกพัทยาเหนือ



วันทำงาน (วันพุธ)	↑ ↓				↙ ↘				↻			
	G	R	Y	Cycle	G	R	Y	Cycle	G	R	Y	Cycle
ช่วงเร่งด่วนเช้า (08.00-09.00 น.)	61	33	3	97	24	70	3	97	30	64	3	97
นอกช่วงเร่งด่วน (13.00-14.00 น.)	61	33	3	97	24	70	3	97	30	64	3	97
ช่วงเร่งด่วนเย็น (17.00-18.00 น.)	61	33	3	97	24	70	3	97	30	64	3	97
วันหยุด (วันเสาร์)												
ช่วงเร่งด่วนเช้า (08.00-09.00 น.)	61	33	3	97	24	70	3	97	30	64	3	97
นอกช่วงเร่งด่วน (13.00-14.00 น.)	72	33	3	108	35	70	3	108	30	75	3	108
ช่วงเร่งด่วนเย็น (17.00-18.00 น.)	61	33	3	97	24	70	3	97	30	64	3	97

ตารางที่ 2.14 รอบสัญญาณไฟจราจรทางแยกพืษากลาง

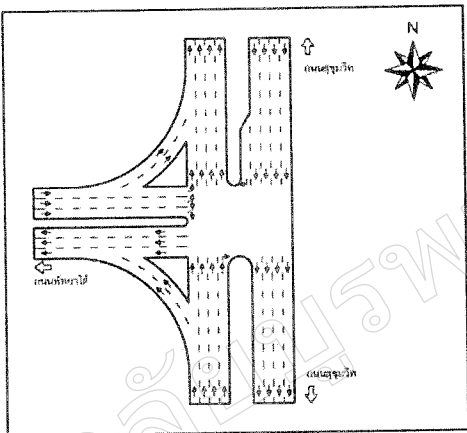
ทางแยกพืษากลาง



วันทำงาน (วันพุธ)	↑ ↓				↓				↘			
	G	R	Y	Cycle	G	R	Y	Cycle	G	R	Y	Cycle
ช่วงเร่งด่วนเช้า (08.00-09.00 น.)	124	64	3	191	35	153	3	191	23	165	3	191
นอกช่วงเร่งด่วน (13.00-14.00 น.)	34	60	3	97	24	70	3	97	30	64	3	97
ช่วงเร่งด่วนเย็น (17.00-18.00 น.)	34	60	3	97	24	70	3	97	30	64	3	97
วันหยุด (วันเสาร์)												
ช่วงเร่งด่วนเช้า (08.00-09.00 น.)	92	105	3	200	39	158	3	200	60	137	3	200
นอกช่วงเร่งด่วน (13.00-14.00 น.)	92	105	3	200	39	158	3	200	60	137	3	200
ช่วงเร่งด่วนเย็น (17.00-18.00 น.)	92	105	3	200	39	158	3	200	60	137	3	200

ตารางที่ 2.15 รอบสัญญาณไฟจราจรทางแยกพญาไท

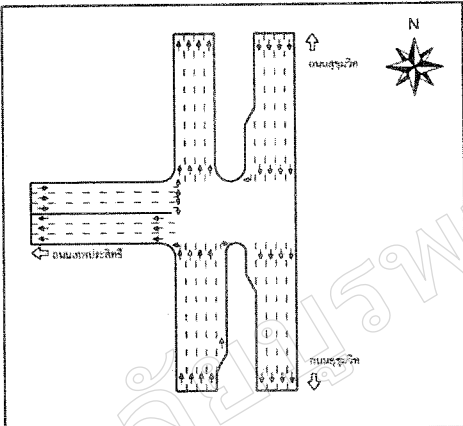
ทางแยกพญาไท



วันทำงาน (วันพุธ)	↕				↕				↘			
	G	R	Y	Cycle	G	R	Y	Cycle	G	R	Y	Cycle
ช่วงเร่งด่วนเช้า (08.00-09.00 น.)	34	55	3	92	24	65	3	92	25	64	3	92
นอกช่วงเร่งด่วน (13.00-14.00 น.)	34	55	3	92	24	65	3	92	25	64	3	92
ช่วงเร่งด่วนเย็น (17.00-18.00 น.)	34	55	3	92	24	65	3	92	25	64	3	92
วันหยุด (วันเสาร์)												
ช่วงเร่งด่วนเช้า (08.00-09.00 น.)	34	55	3	92	24	65	3	92	25	64	3	92
นอกช่วงเร่งด่วน (13.00-14.00 น.)	34	55	3	92	24	65	3	92	25	64	3	92
ช่วงเร่งด่วนเย็น (17.00-18.00 น.)	34	55	3	92	24	65	3	92	25	64	3	92

ตารางที่ 2.16 รอบสัญญาณไฟจราจรทางแยกเทพประสิทธิ์

ทางแยกเทพประสิทธิ์



วันทำงาน (วันพุธ)	↕				↓				↘			
	G	R	Y	Cycle	G	R	Y	Cycle	G	R	Y	Cycle
ช่วงเร่งด่วนเช้า (08.00-09.00 น.)	60	126	3	189	60	126	3	189	60	126	3	189
นอกช่วงเร่งด่วน (13.00-14.00 น.)	34	55	3	92	24	65	3	92	25	64	3	92
ช่วงเร่งด่วนเย็น (17.00-18.00 น.)	34	55	3	92	24	65	3	92	25	64	3	92
วันหยุด (วันเสาร์)												
ช่วงเร่งด่วนเช้า (08.00-09.00 น.)	60	126	3	189	60	126	3	189	60	126	3	189
นอกช่วงเร่งด่วน (13.00-14.00 น.)	60	126	3	189	60	126	3	189	60	126	3	189
ช่วงเร่งด่วนเย็น (17.00-18.00 น.)	110	106	3	219	70	146	3	219	30	186	3	219

ระยะเวลาในการเดินทาง แสดงในตารางที่ 2.17-2.22

ตารางที่ 2.17 ความเร็วและเวลาการเดินทางในช่วงเวลาเช้า 7.00-12.00 น. (วันธรรมดา)

ลำดับที่	บริเวณ/ทิศทาง	ความเร็ว (Km/hr.)	เวลาเดินทาง (นาที)
1	แยกพญาเหนือสุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญากลางสุขุมวิท	40.09	2.58
2	แยกพญากลางสุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญาเหนือสุขุมวิท	38.60	3.15
3	แยกพญากลางสุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญาใต้สุขุมวิท	61.41	1.20
4	แยกพญาใต้สุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญากลางสุขุมวิท	28.54	3.55
5	แยกพญาใต้สุขุมวิทมุ่งหน้าแยกเทพประสิทธิ์สุขุมวิท	25.94	2.28
6	แยกเทพประสิทธิ์สุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญาใต้สุขุมวิท	27.30	2.10

ตารางที่ 2.18 ความเร็วและเวลาในการเดินทางในช่วงเวลาบ่าย 13.00-22.00 น. (วันธรรมดา)

ลำดับที่	บริเวณ/ทิศทาง	ความเร็ว (Km/hr.)	เวลาเดินทาง (นาที)
1	แยกพญาเหนือสุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญากลางสุขุมวิท	23.97	5.13
2	แยกพญากลางสุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญาเหนือสุขุมวิท	35.70	3.20
3	แยกพญากลางสุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญาใต้สุขุมวิท	43.72	2.38
4	แยกพญาใต้สุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญากลางสุขุมวิท	56.00	1.23
5	แยกพญาใต้สุขุมวิทมุ่งหน้าแยกเทพประสิทธิ์สุขุมวิท	14.12	4.08
6	แยกเทพประสิทธิ์สุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญาใต้สุขุมวิท	25.83	3.13

ตารางที่ 2.19 ความเร็วและเวลาในการเดินทางเฉลี่ยตลอดวัน 7.00-22.00 น. (วันธรรมดา)

ลำดับที่	บริเวณ/ทิศทาง	ความเร็ว (Km/hr.)	เวลาเดินทาง (นาที)
1	แยกพัทธยาเหนือสุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพัทธยากลางสุขุมวิท	32.03	4.26
2	แยกพัทธยากลางสุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพัทธยาเหนือสุขุมวิท	37.15	3.18
3	แยกพัทธยากลางสุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพัทธยาใต้สุขุมวิท	52.57	2.19
4	แยกพัทธยาใต้สุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพัทธยากลางสุขุมวิท	42.27	2.39
5	แยกพัทธยาใต้สุขุมวิทมุ่งหน้าแยกเทพประสิทธิ์สุขุมวิท	20.03	3.18
6	แยกเทพประสิทธิ์สุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพัทธยาใต้สุขุมวิท	26.57	3.02

ตารางที่ 2.20 ความเร็วและเวลาในการเดินทางช่วงเช้า 7.00-12.00 น. (วันหยุด)

ลำดับที่	บริเวณ/ทิศทาง	ความเร็ว (Km/hr.)	เวลาเดินทาง (นาที)
1	แยกพัทธยาเหนือสุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพัทธยากลางสุขุมวิท	38.25	3.20
2	แยกพัทธยากลางสุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพัทธยาเหนือสุขุมวิท	36.39	3.38
3	แยกพัทธยากลางสุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพัทธยาใต้สุขุมวิท	59.38	1.43
4	แยกพัทธยาใต้สุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพัทธยากลางสุขุมวิท	41.94	2.28
5	แยกพัทธยาใต้สุขุมวิทมุ่งหน้าแยกเทพประสิทธิ์สุขุมวิท	27.23	2.18
6	แยกเทพประสิทธิ์สุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพัทธยาใต้สุขุมวิท	24.62	2.23

ตารางที่ 2.21 ความเร็วและเวลาในการเดินทางช่วงบ่าย 13.00-22.00 น. (วันหยุด)

ลำดับที่	บริเวณ/ทิศทาง	ความเร็ว (Km/hr.)	เวลาเดินทาง (นาที)
1	แยกพญาเหนือสุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญากลางสุขุมวิท	28.40	4.15
2	แยกพญากลางสุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญาเหนือสุขุมวิท	27.05	4.23
3	แยกพญากลางสุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญาใต้สุขุมวิท	43.46	2.23
4	แยกพญาใต้สุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญากลางสุขุมวิท	15.94	6.30
5	แยกพญาใต้สุขุมวิทมุ่งหน้าแยกเทพประสิทธิ์สุขุมวิท	13.12	4.13
6	แยกเทพประสิทธิ์สุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญาใต้สุขุมวิท	26.91	1.48

ตารางที่ 2.22 ความเร็วและเวลาในการเดินทางเฉลี่ยตลอดวัน 7.00-22.00 น. (วันหยุด)

ลำดับที่	บริเวณ/ทิศทาง	ความเร็ว (Km/hr.)	เวลาเดินทาง (นาที)
1	แยกพญาเหนือสุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญากลางสุขุมวิท	33.33	4.08
2	แยกพญากลางสุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญาเหนือสุขุมวิท	31.72	4.21
3	แยกพญากลางสุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญาใต้สุขุมวิท	51.42	2.23
4	แยกพญาใต้สุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญากลางสุขุมวิท	28.94	4.29
5	แยกพญาใต้สุขุมวิทมุ่งหน้าแยกเทพประสิทธิ์สุขุมวิท	20.18	3.16
6	แยกเทพประสิทธิ์สุขุมวิทมุ่งหน้าแยกพญาใต้สุขุมวิท	25.77	2.26

ซึ่งสามารถลดระยะเวลาการเดินทางได้ตามตารางที่ 2.23

ตารางที่ 2.23 ระยะเวลาเป็นร้อยละที่ลดลงหลังจากปรับสัญญาณไฟ

ตัวชี้วัด	วันพุธ		วันเสาร์	
	N - S	S - N	N - S	S - N
ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า	11.75	22.12	42.74	37.80
นอกเวลาเร่งด่วน	9.17	9.41	3.29	21.79
ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น	6.39	9.49	11.92	38.48

2.4 หลักเกณฑ์การพิจารณาเลือกทางแยกเพื่อออกแบบเป็นทางแยกต่างระดับ

AASHTO (1994) ได้แนะนำหลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกทางแยกเพื่อออกแบบเป็นทางแยกต่างระดับโดยทั่วไป 6 ข้อดังนี้

1. ถนนที่มีการควบคุมการเข้าออกแบบทุกทางเช่นทางคั่นพิเศษระหว่างเมือง หรือลักษณะทางแยกที่เส้นทางสายหลักตัดกับเส้นทางสายรอง เส้นทางประเภทดังกล่าวก็สามารถพิจารณาออกแบบเป็นทางแยกต่างระดับได้
2. ทางแยกที่มีปริมาณจราจรมาก ซึ่งไม่สามารถแก้ไขบรรเทาด้วยรูปแบบทางแยกแบบระดับเดียวภายในพื้นที่ที่มีอยู่ได้ หรือการติดขัดเนื่องจากปัญหาคอขวด (bottleneck) ซึ่งมีผลต่อความจุของถนน (Capacity) ก็สามารถพิจารณาออกแบบเป็นทางแยกต่างระดับได้
3. ปัญหาการเกิดอุบัติเหตุจากทางแยกในระดับเดียวกัน ไม่ว่าจะเป็นทางแยกในเมืองหรือนอกเมือง หากมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงก็สามารถพิจารณาออกแบบทางแยกต่างระดับได้
4. พื้นที่หรือภูมิประเทศไม่เอื้อต่อการขยายช่องทางจราจรออกในระดับเดียวได้ เพื่อให้สอดคล้องกับภูมิประเทศ ก็สามารถพิจารณาออกแบบเป็นทางแยกต่างระดับได้
5. ค่าใช้ทาง ซึ่งได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าการสึกหรอ ค่าเสียเวลา ซึ่งสูญเสียจากทางแยกในระดับเดียวยิ่งสูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการมูลค่าก่อสร้างทางแยกต่างระดับ ก็สามารถพิจารณาออกแบบเป็นทางแยกต่างระดับได้
6. ปริมาณจราจร หากปริมาณจราจรเพิ่มสูงขึ้นจนเกินกว่าความสามารถของทางแยกแบบระดับเดียวรับได้ ก็สามารถพิจารณาออกแบบเป็นทางแยกต่างระดับได้

Vicroads (1998) ได้แนะนำการเลือกพิจารณาเลือกใช้ทางแยกแบบต่างระดับเบื้องต้นไว้ 4 ข้อ ดังนี้

1. ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ
2. รูปแบบของทางแยกแบบระดับเดียวไม่มีความปลอดภัย หรือไม่สามารถรองรับปริมาณจราจรได้
3. ตามมาตรฐานการออกแบบของกรมทางหลวง
4. ในกรณีที่ออกแบบเป็นทางแยกแบบผสมระหว่างทางแยกระดับเดียวและทางแยกต่างระดับ อาจทำให้ผู้ใช้ทางเกิดความสับสน ซึ่งนำมาสู่การเกิดอุบัติเหตุได้

แต่อย่างไรก็ดี Vicroads (1998) ได้กล่าวว่าเป็นเพียงข้อแนะนำทั้งนั้น ซึ่งบางกรณีทางแยกที่มีการเกิดอุบัติเหตุมากก่อให้เกิดความสูญเสียด้านเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก ก็อาจจะพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจเป็นกรณีพิเศษได้ หรือทางแยกที่มีผลรวมของปริมาณของการตัดกันของกระแสนจราจรมากกว่า 1000 คันต่อวัน ก็สามารถพิจารณาออกแบบเป็นทางแยกต่างระดับได้

กรมทางหลวง (2546) ได้กำหนดหลักการเบื้องต้นในการออกแบบทางแยกยกระดับโดยต้องมีรูปแบบเหมาะสมทางเรขาคณิต และจราจร แต่จะดำเนินการก่อสร้างเมื่อได้ทำการศึกษาและได้ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจแล้วได้ผลคุ้มค่าเท่านั้น

2.5 การประเมินประสิทธิภาพทางลอดทางข้ามแยก

จากการศึกษาของ นันทวัน เสนชู (2553) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์รูปแบบทางแยกต่างระดับที่เหมาะสมในเขตชุมชนเมือง กรณีศึกษา ทางแยกแคราย-ทางหลวงหมายเลข 302 (ถนนรัตนาธิเบศร์) ตัดกับ ทางหลวงหมายเลข 36 (ถนนติวานนท์) เนื่องจากบริเวณทางแยกมีการจราจรที่ติดขัดกรมทางหลวงจึงได้มีโครงการสร้างทางลอดแยกแคราย แต่ได้รับการคัดค้านจากประชาชนเป็นจำนวนมาก ทางผู้วิจัยจึงได้มีการศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบต่างๆเพื่อแก้ปัญหาการจราจรบริเวณทางแยกแครายได้มีรูปแบบการพิจารณา 5 รูปแบบดังนี้

รูปแบบที่ 1 เป็นทางลอดแยกแครายตามแนวถนนติวานนท์

รูปแบบที่ 2 เป็นสะพานยกระดับข้ามทางแยกตามแนวถนนติวานนท์

รูปแบบที่ 3 เป็นสะพานยกระดับจากถนนติวานนท์ เลี้ยวขวาเข้าถนนงามวงศ์วาน

รูปแบบที่ 4 เป็นการขยายความกว้างสะพานข้ามทางแยกเดิมออกไปข้างละ 1 ช่องจราจรตามแนวถนนรัตนาธิเบศร์และถนนงามวงศ์วาน

รูปแบบที่ 5 เป็นสะพานยกระดับเชื่อมสะพานข้ามทางแยกเดิมตามแนวถนนรัตนาธิบดี
และถนนงามวงศ์วาน

โดยการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งหัวข้อการให้คะแนนแต่ละรูปแบบเป็น 3 หัวข้อ คือ

1. ด้านวิศวกรรมและจราจร
2. ด้านเศรษฐศาสตร์
3. ด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษาของ จตุรวิทย์ เทวธีระรัตน์ ทินกฤต ชัยสุวรรณ (2552) ได้ทำการสำรวจความคิดเห็นของประชาชนในเขตเทศบาลนครราชสีมาต่อโครงการสร้างอุโมงค์ทางลอดบริเวณแยกนครราชสีมา (สามแยกอุดร) โดยการสำรวจความคิดเห็นได้ใช้วิธีการที่ว่ ธีวทยาแบบผสม (Mixed Methodology) โดยผสมวิธีการเชิงคุณภาพ (Qualitative Method) และวิธีการเชิงปริมาณ (Quantitative Method) ซึ่งอยู่ในกระบวนการดังกล่าวเรียกเป็นชื่ออย่างไม่เป็นทางการว่าเป็น “กระบวนการ 4 x 100” หรือมี 4 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นตอนเชิงคุณภาพ คือการจัดเวทีเสวนาแบบเปิด โดยเชิญผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องมาเสวนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่อวิเคราะห์ให้เห็นสภาพของปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนการสื่อสารแบบ การเผยแพร่ความรู้ (Information Education and Communication: IE&C) โดยนำเนื้อหาที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 ไปเผยแพร่ผ่านสื่อมวลชนท้องถิ่น ได้แก่ เเคเบิลทีวี หนังสือพิมพ์ท้องถิ่น และวิทยุชุมชน เพื่อปูพื้นฐานความรู้ให้แก่ประชาชน

ขั้นตอนที่ 3 เป็นขั้นตอนลงพื้นที่สอบถามความคิดเห็นประชาชนที่อาศัยอยู่ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ทั้ง 4 เขต เกี่ยวกับโครงการสร้างอุโมงค์ทางลอดบริเวณแยกนครราชสีมา (สามแยกอุดร) โดยการสอบถามความคิดเห็นโดยการสุ่มตัวอย่างจากประชาชนจากชุมชนต่างๆ ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนเชิงปริมาณ

ขั้นตอนที่ 4 เป็นขั้นตอนที่นำเสนอผลการประเมินความคิดเห็นของประชาชน ทั้ง 4 เขตที่มีต่อโครงการสร้างอุโมงค์ทางลอดฯ นำกลับเข้าสู่เวที การสนทนากลุ่ม (Focus Group) ซึ่งเป็นขั้นตอนเชิงคุณภาพ

จากการศึกษาของ วรศักดิ์ วงษ์รอด (2547) เรื่องการศึกษารูปแบบทางแยกต่างระดับที่เหมาะสม กรณีศึกษา สี่แยกคลองหระ (ทางแยกทางหลวงหมายเลข 43 กับทางหลวงหมายเลข 4) เพื่อศึกษาถึงประเภทรูปแบบ ข้อดีข้อเสียของทางแยกต่างระดับในแบบต่างๆ และวิธีการคัดเลือกรูปแบบทางต่างระดับของกรมทางหลวงประเทศไทยกับต่างประเทศ อีกทั้งแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของทางต่างระดับคลองหระให้ดีขึ้น โดยขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1. ศึกษาการคัดเลือกรูปแบบ และการออกแบบทางแยกต่างระดับที่เหมาะสม
2. ศึกษาการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SIDRA
3. สํารวจและเก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่กรณีศึกษา
4. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ

ซึ่งจากการวิจัยได้สรุปข้อดีและข้อเสียของทางแยกต่างระดับรูปแบบต่างๆสำหรับ 4 แยกดังแสดงในตารางที่ 2.24 (วรศักดิ์ วงษ์รอด, 2547)

ตารางที่ 2.24 ข้อดีข้อเสียของทางแยกต่างระดับรูปแบบต่างๆ

รูปแบบ	ข้อดี	ข้อเสีย	หมายเหตุ
Diamond	1. รถทางตรงของสายหลักเคลื่อนที่ได้อย่างต่อเนื่อง 2. ค่าก่อสร้างถูกเพราะต้องการพื้นที่เขตทางน้อยและก่อสร้างสะพานเฉพาะจุดตัดที่ทางแยกเท่านั้น	1. รถเลี้ยวขวาจะต้องรอที่จุดตัดทางแยก หากปริมาณจราจรจนถึงระดับหนึ่งจะต้องติดสัญญาณไฟจราจร หรือปรับแก้รูปแบบโดยใช้ Loop Ramp 2. บนทางสายรองมีจุดตัดทางแยกสองจุดที่ใกล้กัน	เหมาะสำหรับทางแยกในเขตเมืองและเป็นรูปแบบที่ธรรมดาที่สุด
SPUI	1. เหมือนรูปแบบ Diamond และมีจุดตัดทางแยกเพียงจุดเดียวเท่านั้น	1. รถเลี้ยวขวาจะต้องรอที่จุดตัดทางแยก	เหมาะสำหรับทางแยกเขตเมือง และมีปัญหาคนเดินข้าม
Cloverleaf และ Partial Cloverleaf	1. การแฉจราจรไม่ต้องหยุดบริเวณทางแยก ทุกทางสามารถเคลื่อนตัวได้อย่างต่อเนื่อง	1. มีความต้องการพื้นที่เขตทางสูง 2. ราคาก่อสร้างปานกลางถึงสูง 3. รถที่เลี้ยวขวา และออกจาก Loop Ramp ต้องใช้ระยะทางวิ่งที่ไกลเพื่อแก้ปัญหาการเคลื่อนที่แบบขัดสานกัน (Weaving)	
Directional	1. รถสามารถเคลื่อนที่ได้โดยสะดวกทุกทิศทาง การให้บริการจราจรได้ดีมาก 2. รถเลี้ยวขวามี Directional Ramp สามารถใช้ความเร็วสูงได้	1. ใช้พื้นที่ก่อสร้างสูงมาก 2. ราคาค่าก่อสร้างสูงมาก	เหมาะสำหรับทางแยกที่ทางหลวงพิเศษมาตัดกัน

กฤษฎี บัญญาแก้ว (2541) ได้เปรียบเทียบทางแยกต่างระดับระหว่างแบบทางข้ามทางแยก (Over pass) กับทางลอดทางแยก (Underpass) ดังแสดงในตารางที่ 2.25

ตารางที่ 2.25 เปรียบเทียบระหว่างทางข้ามทางแยก (Over pass) กับทางลอดทางแยก (Underpass)

	ทางข้ามทางแยก (Over pass)	ทางลอดทางแยก (Underpass)
การให้บริการ	สามารถให้บริการกับรถแบบไม่	ไม่สามารถให้บริการกับพาหนะ
การจราจร	จำกัดความสูง	ขนาดใหญ่ได้
การระบายน้ำ	ไม่พบปัญหาเรื่องการระบายน้ำ	จะมีปัญหาน้ำท่วมขังหากมีการวางแผนการระบายน้ำที่ไม่ดี และจะมีค่าใช้จ่ายในการระบายน้ำเนื่องจากเครื่องสูบน้ำ และควรมีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสำรองเพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าหลักขัดข้อง
ผลกระทบต่อผู้ใช้อาศัยรอบข้าง	เนื่องจากการก่อสร้างประเภทนี้จะมีโครงสร้างของสะพานที่ยื่นยาวออกมาทำให้ผู้ใช้อาศัยรอบข้างจะประสบปัญหาด้านการเข้าออก ภูมิทัศน์ และมลภาวะทางเสียง	ไม่พบปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อผู้พักอาศัยบริเวณข้างเคียง
การบำรุงรักษา	ไม่ต้องการบำรุงรักษามาก	ต้องการการบำรุงรักษาด้านอุปกรณ์ส่องสว่างและระบบระบายน้ำ

เมืองพัทยา (2552) ได้มีการศึกษารูปแบบทางแยกต่างระดับที่เหมาะสมสำหรับทางแยกบนถนนสุขุมวิทในเขตเมืองพัทยา โดยประเมินจากปัจจัยทั้งหมด 3 ด้านคือ

1. ด้านวิศวกรรม 40 คะแนน
 - รูปแบบทางเรขาคณิต
 - ความสามารถรองรับปริมาณจราจร และประสิทธิภาพการเชื่อมต่อกับถนนเดิม
 - ความยากง่ายและความปลอดภัยในการขับขี่
 - ความยากง่ายในการระบายน้ำ
 - ความยากง่ายในการก่อสร้าง
2. ด้านเศรษฐกิจ 20 คะแนน
 - ค่าก่อสร้าง
 - ค่าบำรุงรักษา
3. ผลกระทบต่อชุมชน 40 คะแนน
 - ผลกระทบด้านคุณภาพอากาศ
 - ผลกระทบด้านเสียงและการสั่นสะเทือน
 - ผลกระทบด้านการใช้ที่ดิน
 - ผลกระทบด้านสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ
 - ผลกระทบด้านการคมนาคมขนส่ง
 - ผลกระทบด้านสภาพเศรษฐกิจและสังคม
 - ผลกระทบด้านสุนทรียภาพ
 - ทัศนคติของชุมชนต่อรูปแบบทางเลือก

ซึ่งรูปแบบทางแยกต่างระดับที่ทำการศึกษาแบ่งเป็นแต่ละทางแยกดังนี้

ทางแยกพัทยาเหนือ

รูปแบบที่ 1 ทางยกระดับตามถนนสุขุมวิท

ก่อสร้างทางยกระดับบนถนนสุขุมวิท ขนาด 4 ช่องจราจร ช่องจราจรกว้างช่องละ 3.50 เมตร พร้อมราวสะพาน รวมความกว้างสะพาน 17.60 เมตร รวมความยาวสะพาน 525.00 เมตร

โดยรูปแบบทางแยกแบบนี้จะช่วยแก้ปัญหาการจราจรติดขัดอันเนื่องมาจากการหยุดรอสัญญาณไฟจราจรของรถทางตรงบนถนนสุขุมวิท

รูปแบบที่ 2 ทางลัดระดับตามถนนสุขุมวิท

ก่อสร้างทางลัดระดับบนถนนสุขุมวิท ขนาด 4 ช่องจราจร ช่องจราจรกว้างช่องละ 3.5 เมตร พร้อมทางเท้า รวมความกว้างทางลัดระดับ 18.20 เมตร ความยาวทางลัดระดับ 700.00 เมตร โดยรูปแบบทางแยกแบบนี้จะช่วยแก้ปัญหาการจราจรติดขัดอันเนื่องมาจากการหยุดรอสัญญาณไฟจราจรของรถทางตรงบนถนนสุขุมวิท

รูปแบบที่ 3 ทางยกระดับตามถนนสุขุมวิท เชื่อมกับทางเชื่อมมอเตอร์เวย์

ก่อสร้างทางยกระดับบนถนนสุขุมวิทเชื่อมต่อกับทางเชื่อมมอเตอร์เวย์ ขนาด 4 ช่องจราจร ช่องจราจรกว้างช่องละ 3.50 เมตร พร้อมราวสะพาน รวมความกว้างสะพาน 17.60 เมตร รวมความยาวสะพาน 1+200 เมตร โดยรูปแบบทางแยกแบบนี้จะช่วยแก้ปัญหาการจราจรติดขัดอันเนื่องมาจากการหยุดรอสัญญาณไฟจราจรของรถทางตรงบนถนนสุขุมวิท

ทางแยกพิทยากลาง

รูปแบบที่ 1 ทางยกระดับตามถนนสุขุมวิท

ก่อสร้างทางยกระดับบนถนนสุขุมวิท ขนาด 4 ช่องจราจร ช่องจราจรกว้างช่องละ 3.50 เมตร พร้อมราวสะพาน รวมความกว้างสะพาน 17.60 เมตร รวมความยาวสะพาน 825.00 เมตร โดยรูปแบบทางแยกแบบนี้จะช่วยแก้ปัญหาการจราจรติดขัดอันเนื่องมาจากการหยุดรอสัญญาณไฟจราจรของรถทางตรงบนถนนสุขุมวิท

รูปแบบที่ 2 ทางลัดระดับตามถนนสุขุมวิท

ก่อสร้างทางลัดระดับบนถนนสุขุมวิท ขนาด 4 ช่องจราจร ช่องจราจรกว้างช่องละ 3.50 เมตร พร้อมทางเท้า รวมความกว้างทางลัดระดับ 18.20 เมตร รวมความยาวอุโมงค์ 975 เมตร โดยรูปแบบทางแยกแบบนี้จะช่วยแก้ปัญหาการจราจรติดขัดอันเนื่องมาจากการหยุดรอสัญญาณไฟจราจรของรถทางตรงบนถนนสุขุมวิท

รูปแบบที่ 3 ทางลอดระดับตามถนนสุขุมวิท

ก่อสร้างทางลอดบนถนนสุขุมวิท ขนาด 4 ช่องจราจร ช่องจราจรกว้างช่องละ 3.50 เมตร พร้อมทางเท้า รวมความกว้างทางลอด 18.20 เมตร รวมความยาวอุโมงค์ 725 เมตร โดยรูปแบบทางแยกแบบนี้จะช่วยแก้ปัญหาการจราจรติดขัดอันเนื่องมาจากการหยุดรอสัญญาณไฟจราจรของรถทางตรงบนถนนสุขุมวิท

ทางแยกพัทธยาใต้

รูปแบบที่ 1 ทางยกระดับตามถนนสุขุมวิท

ก่อสร้างทางยกระดับบนถนนสุขุมวิท ขนาด 4 ช่องจราจร ช่องจราจรกว้างช่องละ 3.50 เมตร พร้อมราวสะพาน รวมความกว้างสะพาน 17.60 เมตร รวมความยาวสะพาน 625.00 เมตร โดยรูปแบบทางแยกแบบนี้จะช่วยแก้ปัญหาการจราจรติดขัดอันเนื่องมาจากการหยุดรอสัญญาณไฟจราจรของรถทางตรงบนถนนสุขุมวิท

รูปแบบที่ 2 ทางลอดระดับตามถนนสุขุมวิท

ก่อสร้างทางลอดระดับบนถนนสุขุมวิท ขนาด 4 ช่องจราจร ช่องจราจรกว้างช่องละ 3.50 เมตร พร้อมทางเท้า รวมความกว้างทางลอดระดับ 18.20 เมตร รวมความยาวอุโมงค์ 675.00 เมตร โดยรูปแบบทางแยกแบบนี้จะช่วยแก้ปัญหาการจราจรติดขัดอันเนื่องมาจากการหยุดรอสัญญาณไฟจราจรของรถทางตรงบนถนนสุขุมวิท

รูปแบบที่ 3 ทางยกระดับตามถนนสุขุมวิทข้ามพัทธยาใต้-เทพประสิทธิ์

ก่อสร้างทางยกระดับบนถนนสุขุมวิทเชื่อมระหว่างแยกพัทธยาใต้ และแยกเทพประสิทธิ์ ขนาด 4 ช่องจราจร ช่องจราจรกว้างช่องละ 3.50 เมตร พร้อมราวสะพาน รวมความกว้างสะพาน 17.60 เมตร รวมความยาวสะพาน 1,700 เมตร โดยรูปแบบทางแยกแบบนี้จะช่วยแก้ปัญหาการจราจรติดขัดอันเนื่องมาจากการหยุดรอสัญญาณไฟจราจรของรถทางตรงบนถนนสุขุมวิท (ในกรณีที่รถทางตรงมีปริมาณมาก)

ทางแยกเทพประสิทธิ์

รูปแบบที่ 1 ทางยกระดับตามถนนสุขุมวิท

ก่อสร้างทางยกระดับบนถนนสุขุมวิท ขนาด 4 ช่องจราจร ช่องจราจรกว้างช่องละ 3.50 เมตร พร้อมราวสะพาน รวมความกว้างสะพาน 17.60 เมตร รวมความยาวสะพาน 825 เมตร โดยรูปแบบทางแยกแบบนี้จะช่วยแก้ปัญหาการจราจรติดขัดอันเนื่องมาจากการหยุดรอสัญญาณไฟจราจรของรถ ทางตรงบนถนนสุขุมวิท

รูปแบบที่ 2 ทางลดระดับตามถนนสุขุมวิท

ก่อสร้างทางลดระดับบนถนนสุขุมวิท ขนาด 4 ช่องจราจร ช่องจราจรกว้างช่องละ 3.50 เมตร พร้อมทางเท้า รวมความกว้างทางลดระดับ 18.20 เมตร รวมความยาวอุโมงค์ 750 เมตร โดยรูปแบบทางแยกแบบนี้จะช่วยแก้ปัญหาการจราจรติดขัดอันเนื่องมาจากการหยุดรอสัญญาณไฟจราจรของรถทางตรงบนถนนสุขุมวิท

รูปแบบที่ 3 ทางยกระดับตามถนนสุขุมวิทข้ามพญาไท – เทพประสิทธิ์

ก่อสร้างทางยกระดับบนถนนสุขุมวิทเชื่อมระหว่างแยกพญาไท และแยกเทพประสิทธิ์ ขนาด 4 ช่องจราจร ช่องจราจรกว้างช่องละ 3.50 เมตร พร้อมราวสะพาน รวมความกว้างสะพาน 17.60 เมตร รวมความยาวสะพาน 1,700 เมตร โดยรูปแบบทางแยกแบบนี้จะช่วยแก้ปัญหาการจราจรติดขัดอันเนื่องมาจากการหยุดรอสัญญาณไฟจราจรของรถทางตรงบนถนนสุขุมวิท

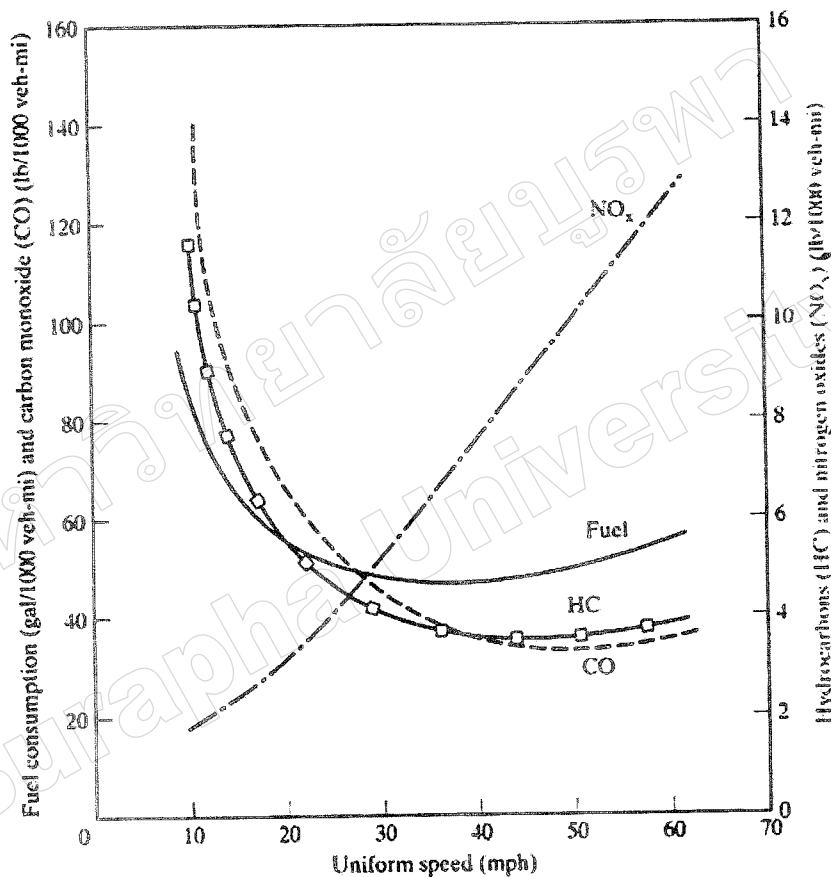
จากการศึกษาสามารถสรุปได้รูปแบบทางแยกต่างระดับ ของทางแยกต่างๆบนถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพญาไทที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 2.26

ตารางที่ 2.26 รูปแบบทางลอดแยกที่เหมาะสมบนถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพัทยา

ทางแยก	รูปแบบ
ทางแยกพญาเหนือ	ก่อสร้างทางลัดระดับบนถนนสุขุมวิท ขนาด 4 ช่องจราจร ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.5 เมตร พร้อมทางเท้า รวมความกว้างทางลัดระดับ 18.20 เมตร ความยาวทางลัดระดับ 700.00 เมตร
ทางแยกพญากลาง	ก่อสร้างทางลัดระดับบนถนนสุขุมวิท ขนาด 4 ช่องจราจร ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.50 เมตร พร้อมทางเท้า รวมความกว้างทางลัดระดับ 18.20 เมตร รวมความยาวอุโมงค์ 975 เมตร
ทางแยกพญาใต้	ก่อสร้างทางลัดระดับบนถนนสุขุมวิท ขนาด 4 ช่องจราจร ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.50 เมตร พร้อมทางเท้า รวมความกว้างทางลัดระดับ 18.20 เมตร รวมความยาวอุโมงค์ 675.00 เมตร
ทางแยกเทพประสิทธิ์	ก่อสร้างทางลัดระดับบนถนนสุขุมวิท ขนาด 4 ช่องจราจร ช่องจราจร กว้างช่องละ 3.50 เมตร พร้อมทางเท้า รวมความกว้างทางลัดระดับ 18.20 เมตร รวมความยาวอุโมงค์ 750 เมตร

2.6 การเผาผลาญเชื้อเพลิงและปลดปล่อยมลพิษของยานพาหนะ

จากการศึกษาของ Federan Highway Administration: FHWA (FHWA, 1980) พบว่าการขับขี่ยานพาหนะที่ความเร็วคงที่หรือสม่ำเสมอ จะสามารถประมาณการเผาผลาญเชื้อเพลิงและการปล่อยมลพิษของยานพาหนะได้ โดยจะแสดงในความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและการเผาผลาญเชื้อเพลิง ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 การเผาผลาญเชื้อเพลิงและมลพิษที่ความเร็วคงที่ (Various Uniform Speed)

สำหรับโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรเสมือนสามารถคำนวณอัตราการเผาผลาญพลังงานเชื้อเพลิงโดยสมมติให้รถในแบบจำลองมีรูปแบบใช้ความเร็วคือ การใช้ความเร็วที่คงที่ การลดความเร็วหรือการเร่งความเร็ว โดยแต่ละรูปแบบจะมีการใช้สมการในการคำนวณ

ในการลดความเร็วหรือเร่งความเร็วของรถในแบบจำลองสามารถคำนวณการใช้เชื้อเพลิงได้ดังสมการ

$$F_a = (c_1 + c_2av) \quad (2.7)$$

โดยที่ c_1 และ c_2 = ค่าคงที่

a = ความเร่ง

v = ความเร็ว

การเผาผลาญเชื้อเพลิงของรถแต่ละประเภท ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v จากการกำหนดของ Akcelic 1982 ได้กำหนดค่าคงที่ไว้ 3 ค่า ได้แก่ k_1 , k_2 และ v_m ซึ่งสามารถคำนวณการเผาผลาญเชื้อเพลิงได้จากสมการ

$$\frac{dF}{dt} = k_1 \left(1 + \frac{v^3}{v_m^3} \right) + k_2v \quad (2.8)$$

โดยที่ v_m = ความเร็วที่เผาผลาญเชื้อเพลิงต่อกิโลเมตรขั้นต่ำ ปกติใช้ $v_m = 50$ กม./ชม.

กรมการขนส่งสาธารณะ (1994) ได้กำหนดค่าการเผาผลาญพลังงานเชื้อเพลิงเป็นหน่วยต่อ 100 กิโลเมตร สำหรับยานพาหนะที่เดินทางด้วยความเร็ว 90 กม./ชม. และ 120 กม./ชม. ซึ่งสามารถนำมาคำนวณค่าคงที่ k_1 และ k_2 ได้ดังสมการ

$$k_1 = \frac{(F_1 - F_2)v_1v_2v_m^3}{180(2v_2v_m^3 - 2v_1v_m^3 + v_2v_1^3 - v_1v_2^3)} \quad (2.9)$$

$$k_2 = \frac{2F_2v_2v_m^3 - 2F_1v_1v_m^3 + F_2v_2v_1^3 - F_1v_1v_2^3}{180(2v_2v_m^3 - 2v_1v_m^3 + v_2v_1^3 - v_1v_2^3)} \quad (2.10)$$

2.7 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้จำลองสภาพการจราจรในระดับจุลภาค

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้จำลองสภาพการจราจรในระดับจุลภาค โดยทั่วไปเป็นแบบจำลองที่ให้หลักการเคลื่อนที่ตามกันของยวดยาน ซึ่งการเคลื่อนที่ของยวดยานคันหน้าจะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของยวดยานคันหลัง ทำให้ในระหว่างการจำลองสามารถมองเห็นยวดยานแต่ละคันเคลื่อนที่บนถนนได้เสมือนจริง ในปัจจุบันจึงได้มีผู้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้จำลองพฤติกรรมจราจรในระดับจุลภาค เช่น PARAMICS, NETSIM, AIMSUN, CORSIM และ VISSIM เป็นต้น การเลือกใช้งานโปรแกรมให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยมีความจำเป็นต้องประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมในแง่ของความน่าเชื่อถือ ความยืดหยุ่น และความถูกต้องของโปรแกรม (ปิติ โรจน์วรรณสินธุ์, 2549) ซึ่งตัวอย่างและข้อมูลเบื้องต้นของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้จำลองสภาพการจราจรในระดับจุลภาคที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย มีรายละเอียดดังนี้

1. โปรแกรม VISSIM

โปรแกรม VISSIM (Verkehr in Städten - Simulation) พัฒนาโดยบริษัท PTV (Planning Transport Verkerhr) ประเทศสาธารณรัฐเยอรมัน เป็นโปรแกรมที่มีการพัฒนาการจำลองพฤติกรรมจราจรของยวดยานและจำลองระบบขนส่ง มีตัวกลางสื่อสารในรูปกราฟิก (Graphic User Interface) ช่วยให้สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้การควบคุมสภาพการจราจรในภาคสนามได้ โปรแกรม VISSIM แบ่งประเภทการทำงานออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบ Exchanging Detector Calls และแบบ Signal Status Through an Interface โดยการทำงานของโปรแกรมจะจำลองสภาพการเคลื่อนที่ของกระแสการจราจรและจัดบันทึกไฟล์ข้อมูลสถิติต่าง ๆ ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ เช่น เวลาการเดินทาง ความล่าช้าหรือความยาวแถวคอยบริเวณทางแยก เป็นต้น โปรแกรม VISSIM สามารถจำลองสภาพการเคลื่อนที่ของการจราจรโดยพิจารณาเป็นการเคลื่อนที่ของผู้ขับขี่ (Driver Vehicle) บนโครงข่าย โดยที่ผู้ขับขี่จะถูกกำหนดพฤติกรรมจราจรที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้ (วุฒิไกร ไชยปัญญา, 2553)

โปรแกรม VISSIM สามารถใช้ในการแก้ปัญหาด้านการคมนาคมขนส่งอื่น ๆ เช่น ใช้พัฒนาและประเมินด้านสัญญาณไฟจราจรและวิเคราะห์ประเภทของสัญญาณไฟจราจรได้หลายรูปแบบ เช่น สัญญาณไฟจราจรแบบรอบสัญญาณไฟจราจรคงที่ (Fixed-Time) สัญญาณไฟจราจรแบบปรับตามปริมาณจราจร (Vehicle Actuated) ประเมินสภาพการจราจรในโครงข่ายที่มีสัญญาณไฟจราจรต่อเชื่อมกัน ประเมินความเหมาะสม และผลกระทบในกรณีที่ต้องการรวมระบบจราจรเข้ากับโครงข่ายถนนในเมือง ประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์บริเวณ Weaving (บริเวณที่กระแสการจราจร

เข้ามาตัดกัน) และบริเวณ Merging (บริเวณที่กระแสการจราจรเข้ามารวมกัน) ของโครงข่ายถนนที่ศึกษา วิเคราะห์ความจุ (Capacity) และการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับบรรดาง และระบบรถประจำทาง ในบริเวณสถานีที่ซับซ้อน ประเมินมาตรการในการให้สิทธิพิเศษสำหรับรถประจำทาง เช่น ที่หยุดรถประจำทางสำหรับรับ-ส่งผู้โดยสารช่องจราจรสำหรับรถประจำทาง เป็นต้น (ทวี วิชัยเมธาวิ, 2546)

2. โปรแกรม NETSIM

โปรแกรม NETSIM เป็นโปรแกรมที่จำลองสภาพการจราจรที่ออกแบบใช้สำหรับการจราจรภายในเมืองและทางด่วนเป็นแบบจำลองที่มีการจำลองสภาพการจราจร โดยมีพื้นฐานของเวลาในการอธิบาย ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงการจัดการจราจรในโครงข่ายทุก ๆ คาบเวลาที่คงที่ ทั้งนี้อาศัยการจัดการจากการกระจายตัวของความน่าจะเป็นการสุ่มตัวอย่างต่อเนื่องและเป็นอิสระต่อกัน เพื่อนำค่าที่ได้จากตัวแปรสุ่มไปใช้ในการหาลักษณะการจราจรที่ต้องการในการจำลองโครงข่ายจะมีการแสดงในรูปของ Node และ Link และยวดยานของพาหนะที่เข้าสู่โครงข่ายอย่างสุ่ม โดยมีการจัดแบ่งชนิดของยวดยานไว้ 16 ชนิด ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นประเภทหลัก ได้แก่ รถยนต์ส่วนบุคคล รถบรรทุก โดยสารประจำทาง และรถยนต์ส่วนบุคคลที่มีผู้โดยสารร่วมมาด้วย นอกจากนี้ยังพิจารณาพารามิเตอร์ที่เป็นองค์ประกอบของการจราจรนอกเหนือจากประเภทยานพาหนะอีก คือ พฤติกรรมของผู้ขับขี่ รูปแบบถนน และปัจจัยอื่น ๆ ในการจำลองสภาพการจราจรโดยโปรแกรม NETSIM ยังประกอบไปด้วย ส่วนที่ใช้ในการกำหนดการควบคุมการจราจร และส่วนที่ใช้ในการกำหนดพฤติกรรมของยวดยานซึ่งส่งผลให้ NETSIM เป็นแบบจำลองแบบจุลภาคที่มีรายละเอียดที่ครบถ้วนกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นบนท้องถนน ทั้งนี้การควบคุมแบบจำลอง NETSIM สามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

- 1) การกำหนดการควบคุมจราจร ใช้เครื่องมือที่ใช้ในการกำหนดการควบคุมจราจรภายในแบบจำลอง NETSIM ประกอบด้วย Fixed time Signals, Traffic actuated signals, Left and right Turn controls, Stop and yield signs, Surveillance system
- 2) การกำหนดพฤติกรรมของยวดยาน พารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในแบบจำลอง NETSIM ประกอบด้วย Car following behavior, Lane Changing, Bus traffic, Lane blockages, Pedestrian vehicle conflicts (คนกวดรณ เดินพรภูวกล, เดช เทียนแก้ว, ศิวาพร คำพุงหงษ์, อภิรมย์ ศรีบุรี, 2547)

3. โปรแกรม CORSIM

โปรแกรม CORSIM (Corridor Simulation) พัฒนาโดย The Federal Highway Administration (FHWA) ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 1996 ประกอบไปด้วยโปรแกรมย่อย FRESIM ที่ใช้จำลองสภาพจราจรบนทางหลวง (Freeway) และโปรแกรม NETSIM ที่ใช้จำลองสภาพจราจรในเมือง มีจุดเด่นคือ สามารถใช้ร่วมกับโปรแกรม Synchro ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์การประสานสัญญาณไฟจราจร และการจัดสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสม โปรแกรม CORSIM มีรูปแบบการสร้างโครงข่ายโดยใช้จุดและส่วนของถนน (Node - Link) จะต้องมีกำหนดทิศทางของแต่ละจุด จากนั้นจึงทำการเชื่อมจุดด้วยส่วนของถนน และต้องกำหนดระยะเวลาในส่วนหนึ่งของถนนให้สอดคล้องกับทิศทาง สามารถกำหนดปริมาณการจราจรลงบนถนนได้ โปรแกรม CORSIM จะแสดงออกในรูปของ ความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์ในแต่ละช่วงถนนที่เวลาต่างๆ เวลาในการเดินทาง ความล่าช้าจากการหยุดรถ ความล่าช้าโดยรวม ความยาวของแถวคอย ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ ปริมาณสารมลพิษทางอากาศที่ถูกปล่อยออกมา (ทวี วิชัยเมธาวิ, 2545)

4. โปรแกรม PARAMICS

PARAMICS เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองสภาพการจราจรบนถนน เพื่อใช้ในการศึกษาและเป็นแนวทางในการออกแบบและแก้ปัญหา ก่อนการดำเนินการจริงและใช้ทดสอบทางเลือกต่างๆ ได้ จึงทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการทำงานและวางแผนได้ Paramics เป็นโปรแกรมปฏิบัติการขั้นสูงซึ่งสามารถจะแสดงผลได้ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ เป็นเครื่องมือที่ใช้ช่วยในการจำลองลักษณะการเคลื่อนตัวของยานพาหนะในกระแสรถรวมถึงพฤติกรรมรถขับขี่ยวดยานของผู้ใช้รถใช้ถนนบนโครงข่ายเส้นทางต่าง ๆ ทั้งถนนในเมือง (Urban) ถนนนอกเมือง (Rural) (วุฒิไกร ไชยปัญญา, 2553)

5. โปรแกรม AIMSUN

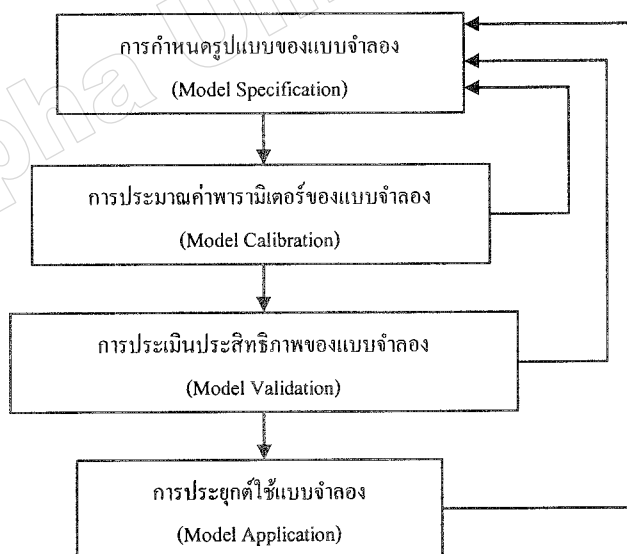
โปรแกรม AIMSUN พัฒนาโดย TSS-Transport เมืองบาเซิล ประเทศสเปน โปรแกรม AIMSUN เป็นเครื่องมือจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคซึ่งสามารถจำลองสถานการณ์และโครงข่ายต่างๆ เช่น โครงข่ายถนนในเมือง, ทางด่วน, ทางหลวง, ถนนวงแหวน, ถนนสายหลัก และส่วนประกอบอื่นๆ เป็นต้น โปรแกรม AIMSUN สามารถใช้ในการออกแบบก่อนทำการก่อสร้างจริง เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์สำหรับวิศวกรจราจรในการออกแบบและประเมินระบบการจราจร ให้มีประสิทธิภาพและสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีในการทดสอบระบบควบคุมการจราจรใหม่ การจัดการเกี่ยวกับนโยบาย และอื่นๆที่ใช้ฐานข้อมูลจากการจราจร

รูปแบบเดิม รวมทั้งการสร้างระบบขนส่งอัจฉริยะ (Intelligent Transport Systems, ITS) นอกจากนั้นโปรแกรม AIMSUN สามารถจำลองเพิ่มความสามารถในระบบการควบคุมการจราจร เช่น SCATS, VSPLUS, C-Regelaar, ระบบควบคุมระบบขนส่งสาธารณะ, ระบบการจัดการจราจรขั้นสูง เช่น การใช้ VMS, การยับยั้งการจราจร (traffic calming strategies) ระบบนำทางให้กับรถยนต์ (Vehicle Guidance Systems) การจัดการทางยกระดับ ตารางเวลาและระบบควบคุมการให้บริการของระบบขนส่งสาธารณะและการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะเป็นมลพิษต่างๆ และการใช้พลังงาน (TSS-Transport Simulation Systems, 2009)

2.8 กระบวนการสร้างแบบจำลองเสมือน

การสร้างแบบจำลองเป็นการพยายามจำลองสภาพความเป็นจริงของโลก (Real World) เพื่อให้ได้แบบจำลอง (Model World) ที่สามารถนำมาใช้อธิบายและพยากรณ์ปรากฏการณ์ต่างๆ ของโลกได้

สำหรับขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 2.4 กระบวนการสร้างแบบจำลอง

1) การกำหนดรูปแบบของแบบจำลอง (Model Specification) เป็นการกำหนดโครงสร้างของแบบจำลอง สมการของแบบจำลอง และตัวแปรในแบบจำลอง ซึ่งจะมีผลต่อการเก็บรวบรวมข้อมูลและการคัดเลือกตัวแปรที่เหมาะสมในการสร้างแบบจำลอง

2) การประมาณค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง (Model Calibration) เป็นการหาค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองโดยวิธีทางสถิติเพื่อให้ได้แบบจำลองที่สามารถพยากรณ์ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุด และได้ผลการพยากรณ์ที่มีความน่าเชื่อถือตามหลักทางสถิติ แต่หากไม่สามารถหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้อาจจำเป็นต้องกำหนดรูปแบบของแบบจำลองตามขั้นตอนการกำหนดรูปแบบของแบบจำลองใหม่

3) การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง (Model Validation) เป็นการตรวจสอบความสามารถในการพยากรณ์การเดินทางของแบบจำลองที่สร้างขึ้นว่ามีระดับความถูกต้องมากน้อยเพียงใด และแบบจำลองสามารถใช้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ซึ่งหากแบบจำลองที่ได้ไม่ตรงตามที่กำหนดไว้จำเป็นต้องกำหนดรูปแบบของแบบจำลองตามขั้นตอนการกำหนดรูปแบบ

4) การประยุกต์ใช้แบบจำลอง (Model Application) เป็นการนำแบบจำลองมาใช้งาน เช่น การพยากรณ์การเลือกยานพาหนะในการเดินทางและการพยากรณ์ปริมาณจราจรบนถนนสายต่างๆ เป็นต้น ซึ่งหากแบบจำลองไม่สามารถประยุกต์ใช้งานได้ตามที่ต้องการจะต้องกำหนดรูปแบบของแบบจำลองตามขั้นตอนการกำหนดรูปแบบของแบบจำลองใหม่ (ทศพล ชัยพิทักษ์โรจน์, 2554)

FHWA (2004) ได้แนะนำข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองไว้ดังนี้

1. ข้อมูลตรวจสอบภาคสนาม

เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากภาคสนาม ซึ่งจะใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการประมาณค่าพารามิเตอร์ มักใช้ในรูปแบบของวิดีโอ สำหรับเครื่องมือนี้จะสามารถระบุข้อผิดพลาดของแบบจำลองที่เกิดจากการเก็บข้อมูลที่ไม่ถูกต้องได้

2. เวลาการเดินทาง (Travel Time Data)

เป็นระยะเวลาการเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในโครงข่ายที่จะทำการวิเคราะห์ในการวิเคราะห์แบบจำลอง เวลาการเดินทางเฉลี่ยที่ได้จะต้องคลาดเคลื่อนไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 95 แบบจำลองถึงจะมีความน่าเชื่อถือ ในการเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางนั้น หากสภาพจราจรไม่ติดขัดอาจใช้การเก็บข้อมูลเพียงสามรอบ แต่ถ้าหากจราจรติดขัดอาจจำเป็นต้องเก็บข้อมูลมากกว่า 10 รอบเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องที่สุดโดยคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 10

3. ข้อมูลความเร็ว (Speed Data)

เป็นข้อมูลความเร็วของยานพาหนะที่เคลื่อนที่ในโครงข่าย ณ จุดต่างๆของโครงข่ายสามารถวัดได้จากเครื่องตรวจจับความเร็ว

4. ความจุและความอิ่มตัว (Capacity and Saturation Flow Data)

ความจุ เป็นข้อมูลที่วัดไว้จากในสนาม มักใช้ในหน่วยของ คันต่อชั่วโมง

ความอิ่มตัวของปริมาณจราจร เมื่อปริมาณจราจรมีมากเกินไป ร้อยละ 90 ของความจุถนนสภาพจราจรจะเริ่มเข้าสู่ภาวะอิ่มตัว

5. ความล่าช้าและแถวคอย

ข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองระดับจุลภาค (Strengths and Limitations)

แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคมีข้อดีและข้อจำกัดหลายประการสามารถสรุปประเด็นสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 2.27

ตารางที่ 2.27 เปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองระดับจุลภาค

ข้อดี	ข้อจำกัด
(1) สามารถสร้างเหตุการณ์จำลองเพื่อทำการทดสอบในเงื่อนไขต่างๆ ได้จำนวนมาก	(1) ต้องการข้อมูลนำเข้าจำนวนมาก และต้องให้ความสำคัญในการตรวจสอบข้อมูลอย่างละเอียด
(2) มีประสิทธิภาพในการประเมินสภาพปัญหาการจราจรติดขัดบนระบบขนส่ง ด้วยการแบ่งการวิเคราะห์เป็นช่วงๆ เวลาได้	(2) ต้องทำการปรับค่าตัวแปรจำนวนมากในการปรับเทียบแบบจำลอง รวมทั้งไม่สามารถประยุกต์ใช้ได้หากไม่สามารถปรับเทียบให้ใกล้เคียงกับสภาพจริงในสนาม
(3) สามารถประเมินผลกระทบ และสภาพการจราจรติดขัด จากการก่อสร้างหรือการทำลายสิ่งอำนวยความสะดวกด้านการจราจรได้	(3) การปรับเทียบแบบจำลองมีขั้นตอนที่ซับซ้อนและใช้เวลานาน
(4) สามารถแปรผันปริมาณจราจรและสภาพการจราจรติดขัดในการจำลองสภาพการจราจร	(4) ไม่สามารถประเมินผลกระทบจากการจอดรถริมถนน (on-street parking) จอดรถซ้อนคัน (double parking)

ตารางที่ 2.27 เปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองระดับจุลภาค (ต่อ)

ข้อดี	ข้อจำกัด
(5) สามารถแสดงพฤติกรรมและการเคลื่อนที่ของยวดยานแต่ละคันได้อย่างละเอียด	(5) ไม่สามารถจำลองรถจักรยานยนต์ รถจักรยาน และคนเดินเท้า รวมทั้งไม่สามารถกำหนดให้ยวดยานจับขึ้นบนช่องจราจรเดียวกัน
(6) ประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเรขาคณิตของโครงข่าย	(6) ไม่สามารถสร้างปริมาณการเกิดการเดินทางได้ (Trip generation)
(7) สามารถพัฒนาระบบขนส่งอัจฉริยะ (Intelligent Transport Systems, ITS) ได้	(7) ไม่สามารถสร้างตารางการแจกแจงการเดินทางได้ (O-D matrix)
(8) สามารถแสดงผลสามมิติและภาพเคลื่อนไหวได้	(8) ไม่สามารถสร้างระบบที่เหมาะสมที่สุดได้ (Optimization) ได้ด้วยตัวเอง เช่น รอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสม เป็นต้น
	(9) ไม่สามารถวิเคราะห์ Post-modeling analysis ได้ เช่น การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และการปลดปล่อยมลพิษ เป็นต้น

(Jeannotte, 2004)

2.9 หลักการพื้นฐานในการจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

(Traffic Micro simulation Fundamentals)

แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค หมายถึง แบบจำลองที่จำลองพฤติกรรม การเคลื่อนที่ของยานที่อยู่ภายในระบบ โครงข่ายถนนหรือสิ่งอำนวยความสะดวกด้านการขนส่ง รูปแบบอื่นในสภาพการจราจร ประกอบขึ้นด้วยเงื่อนไขการจราจร 2 ลักษณะคือ 1.แบบพลวัต (Dynamic) หมายถึงเงื่อนไขการจราจรเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาและ 2.แบบเป็นสุ่ม(Stochastic) หมายถึง เงื่อนไขต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการจำลองจะถูกสร้างขึ้นโดยวิธีการสุ่ม (Random) ส่งผลให้การประมวลผลของแบบจำลอง ใช้ข้อมูลนำเข้า (Input) ชุดเดียวกัน แต่มีเปลี่ยนหมายเลข เริ่มต้นของการสุ่ม (Seed) จะได้ผลลัพธ์ (Output) ที่ไม่เท่ากันกับการประมวลผลแบบจำลองในครั้งแรก (จะมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย) โดยในระหว่างการจำลองตำแหน่งและพฤติกรรมของยานยนต์จะถูกพิจารณาใหม่ในทุก ๆ ช่วงเวลาย่อยของวินาที (Time Step) โดยอาศัยหลักการพื้นฐานของการเคลื่อนที่ เช่น ความเร่งคูณกับเวลาเท่ากับความเร็ว และพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับขี่ เช่น การขับขี่ตามกันและการเปลี่ยนช่องจราจร เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา (ทวิ วิชัยเมธาวิ, 2545)

Dowling et al. (2004) กล่าวว่า หลักการพื้นฐานในการจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค มีอยู่ 4 หลักการ ดังนี้

1 กลไกการปรับเปลี่ยนข้อมูลให้ทันสมัย (System Update Mechanism)

การปรับเปลี่ยนข้อมูลให้ทันสมัยในระหว่างการจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคจะถูกกระทำเป็นระยะ ๆ (Discrete) ต่อช่วงเวลา ซึ่งกลไกมีอยู่ 2 รูปแบบ ดังนี้

1.1 Discrete Time (Time-Scan) เป็นรูปแบบที่ทำการปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยในทุก ๆ ช่วงของเวลา ซึ่งถูกกำหนดให้มีความยาวเท่าๆ กัน (Fixed) เช่น แบบจำลองจะทำการคำนวณตำแหน่ง ความเร็ว และความเร่งของยานแต่ละคันในทุกๆ Time Step เป็นต้น

1.2 Discrete Event (Event-Scan) เป็นรูปแบบที่ทำการปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยในแต่ละช่วงของเวลาซึ่งมีความยาวแตกต่างกัน (Variable) โดยความยาวของช่วงเวลาดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับความยาวของช่วงเวลาในแต่ละเหตุการณ์ เช่น การเปลี่ยนจังหวะสัญญาณไฟเขียวไปเป็นสัญญาณไฟเหลืองและเป็นไฟแดงของระบบสัญญาณไฟจราจรล่วงหน้า เป็นต้น

2 ลักษณะความสุ่มในกระแสจราจร (Randomness in Traffic Flow)

แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาคแบ่งวิธีการลักษณะความสุ่มได้ 2 วิธี ดังนี้

2.1 กำหนดค่านแน่นอน (Deterministic) เป็นวิธีที่กำหนดให้ลักษณะของ

ยานยนต์และผู้ขับขี่ ทั้งหมดในแบบจำลอง มีลักษณะไม่แตกต่างกัน เช่น กำหนดขนาดรถยนต์ส่วนบุคคลทุกคันในแบบจำลอง มีความยาว 4.9 เมตร เป็นต้น

2.2 เฟ้นสุ่ม (Stochastic) เป็นวิธีที่กำหนดลักษณะของผู้ขับขี่และยวดยานแต่ละคัน โดยการสุ่มจากเส้นโค้งการกระจายตัวทางสถิติของลักษณะของผู้ขับขี่และยวดยานที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าในแบบจำลอง โดยในการสุ่มจะได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน ถ้าใช้หมายเลขเริ่มต้นของการสุ่ม (Seed) แตกต่างกัน เช่น ความเร็วในการเดินทางที่ต้องการของยวดยานแต่ละคัน (Desired Speed) ในแบบจำลอง จะถูกกำหนดโดยใช้วิธีสุ่มจากเส้นโค้งการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ของ Desired Speed ซึ่งถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าในขั้นตอนการ Coding แบบจำลอง เป็นต้น

3 การสร้างยวดยาน (Vehicle Generation)

การสร้างยวดยานในระหว่างการจำลองสภาพการจราจร มีกระบวนการซึ่งทำงานประสานกัน 2 กระบวนการ ดังนี้

3.1 กระบวนการสร้างและปล่อยยวดยานเข้าสู่กระแสการจราจร

ยวดยานในแบบจำลองระดับจุลภาคจะถูกสร้าง ณ เวลาเริ่มต้นของ Time Step ในระหว่างการจำลอง ที่ Node ทางเข้า (Source) หรือที่พื้นที่ย่อย (Zones) ของโครงข่ายถนนที่ทำการวิเคราะห์ โดยแบบจำลองจะทำการพิจารณาและตัดสินใจว่าจะสร้างและปล่อยยวดยานหนึ่งคันหรือมากกว่าเข้าสู่โครงข่ายถนนใน Time Step นั้นหรือไม่ ซึ่งจำนวนของยวดยานทั้งหมดที่ถูกสร้างขึ้น โดยกระบวนการดังกล่าวนี้ อาจจะมีค่าไม่เท่ากับจำนวนที่ผู้วิจัยกำหนดเริ่มต้นในแบบจำลอง โดยอาจจะมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

3.2 การกำหนดคุณสมบัติของยวดยานและผู้ขับขี่

การกำหนดคุณสมบัติของยวดยานและผู้ขับขี่ จะกระทำควบคู่กันไปกับกระบวนการสร้างและปล่อยยวดยานเข้าสู่กระแสการจราจรของแบบจำลอง โดยคุณสมบัติที่แบบจำลองกำหนดให้กับยวดยานแต่ละคัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.2.1 ลักษณะของยวดยาน (Vehicle Characteristic)

ประกอบด้วย ประเภท (เช่น รถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถโดยสารประจำทาง และรถบรรทุก ความยาว ความกว้าง อัตราเร่งและอัตราหน่วงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและรัศมีวงเลี้ยวสูงสุด เป็นต้น)

3.2.2 ลักษณะของผู้ขับขี่ (Driver Behavior)

ประกอบด้วย ระดับความก้าวร้าว (ความมั่นใจ) ในการขับขี่ (Driver Aggressiveness)

ระยะเวลาในการรับรู้และเกิดปฏิกิริยา (Reaction Time) ความเร็วที่ใช้ในการขับขี่ที่ต้องการ และ ช่วงเวลาว่างวิกฤต (Critical Gaps) สำหรับการเปลี่ยนช่องจราจรแทรกเข้าสู่กระแสการจราจร และการตัดข้ามกระแสการจราจร รวมถึงลักษณะการเลือกใช้เส้นทาง

4 การเคลื่อนที่ของยานพาหนะ (Vehicle Movement)

การเคลื่อนที่ของยานพาหนะในแบบจำลองมีอยู่หลายลักษณะขึ้นอยู่กับอิทธิพลที่ผู้ขับขี่ได้รับ ซึ่งอาจมาจากยานพาหนะคันอื่น ๆ ในกระแสการจราจร หรืออาจมาจากสภาพแวดล้อมทางกายภาพและการควบคุมการจราจรของโครงข่ายถนนในแบบจำลอง โดยลักษณะการเคลื่อนที่ของยานพาหนะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

4.1 การเคลื่อนที่ในลักษณะที่ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับยานพาหนะคันอื่น ๆ

ยานยนต์เดี่ยวที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากยานพาหนะคันอื่น ๆ ในกระแสการจราจร จะเคลื่อนที่โดยใช้ Desired Speed ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขีดจำกัดความเร็ว (Speed Limit) หรือความเร็วอิสระ (Free-Flow Speed) ของช่วงถนน ในกรณีที่ไม่มีจำกัดความเร็วในการขับขี่และระดับความก้าวร้าวในการขับขี่ของผู้ขับขี่ ซึ่งอาจทำให้ผู้ขับขี่ใช้ความเร็วสูงหรือต่ำกว่าความเร็วอิสระ แต่อย่างไรก็ตาม จากอิทธิพลของลักษณะทางเรขาคณิต สภาพของผิวจราจร และปัจจัยอื่น ๆ ของช่วงถนน จะทำให้ยานพาหนะคันดังกล่าวไม่สามารถรักษา Desired Speed ให้อยู่ในระดับคงที่ไว้ได้

4.2 การเคลื่อนที่ในลักษณะที่มีปฏิสัมพันธ์กับยานพาหนะคันอื่น

4.2.1 หลักการเคลื่อนที่ตัวตามกัน (Car Following)

เป็นวิธีการเคลื่อนที่ตัวของยานพาหนะอย่างปลอดภัยในช่องจราจรเดียวกัน ซึ่งแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคเกือบทั้งหมดที่มีอยู่ในปัจจุบัน ใช้ในการจำลองพฤติกรรมเคลื่อนที่ตัวตามกันของยานพาหนะ โดยในขณะที่เคลื่อนที่ตัวตามกัน ยานพาหนะคันที่เล่นตามหลังจะพยายามรักษาระยะห่างปลอดภัยน้อยที่สุดระหว่างยานพาหนะไว้ ซึ่งระยะห่างปลอดภัยดังกล่าวนี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของยานพาหนะและผู้ขับขี่แต่ละคน ซึ่งถูกกำหนดขึ้นโดยวิธีเฟ้นสุ่มในขั้นตอนการสร้างยานพาหนะของแบบจำลอง และฟังก์ชันความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างปลอดภัยน้อยที่สุดระหว่างยานพาหนะที่ต้องการกับลักษณะของยานพาหนะและผู้ขับขี่ ซึ่งฟังก์ชันความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างปลอดภัยน้อยที่สุดระหว่างยานพาหนะที่ต้องการกับลักษณะของยานพาหนะและผู้ขับขี่ ดังสมการ

$$a_f = F(v_l, v_f, s, T, X_i) \quad (2.11)$$

เมื่อ

a_f	คือ อัตราเร่งของยานคันที่เคลื่อนตัวตาม หลังจากผ่านช่วงเวลารับรู้และตัดสินใจ T
v_l	คือ ความเร็วของยานคันที่แล่นนำหน้า
v_f	คือ ความเร็วของยานคันที่แล่นตามหลัง
s	คือ ระยะห่างระหว่างยานที่แล่นตามกัน (Head way)
T	คือ เวลารับรู้และตัดสินใจในการเคลื่อนตัวตามกันหน้า
X_i	คือ ตัวแปรอื่นๆ ของแบบจำลอง

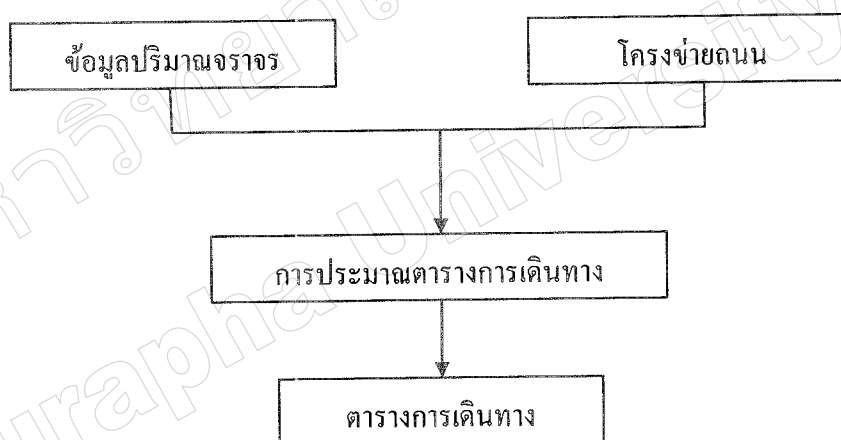
4.2.2 หลักการเปลี่ยนช่องจราจร (Lane Changing)

เป็นวิธีการที่อาศัยหลักการของช่องว่างที่ยอมรับได้ (Gap Acceptance) ในการจำลองพฤติกรรมเปลี่ยนจราจรของยานบนช่วงถนนแบบหลายช่องจราจร ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะเริ่มจากผู้ขับซึ่งถูกกระตุ้นให้ทำการเปลี่ยนช่องจราจร จากเงื่อนไข 3 เงื่อนไข ซึ่งประกอบด้วย 1) ถูกบังคับให้ออกจากช่องจราจรปัจจุบัน (Mandatory) เนื่องจากลักษณะทางกายภาพหรือการควบคุมการจราจรของช่วงถนนเปลี่ยนแปลงไป เช่น ต้องออกจากทางต่อเชื่อมของทางด่วนเพื่อเข้าสู่ทางด่วน เป็นต้น 2) ต้องการแซงยานคันที่เคลื่อนตัวอยู่ข้างหน้าในช่องจราจรเดียวกันซึ่งมีความเร็วต่ำกว่า (Discretionary) เพื่อรักษา Desired Speed เอาไว้ และ 3) ผู้ขับที่ต้องการเปลี่ยนตำแหน่งของยานไปอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมกับสถานการณ์ด้านการจราจรที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในช่วงถนนด้านหน้า (Anticipatory) เช่น ต้องการเข้าสู่ช่องจราจรเสริมสำหรับรถอเลี้ยวขวาที่ทางแยก เป็นต้น หลังจากนั้นผู้ขับจะทำการพิจารณาช่องว่างที่มีอยู่ในกระแสการจราจรบนช่องจราจรเป้าหมาย ถ้าพบว่าช่องว่างที่มีอยู่มีค่ามากกว่าช่องว่างที่ยอมรับได้ ผู้ขับจะทำการเปลี่ยนช่องจราจรทันที แต่ถ้าพบว่าช่องว่างที่มีอยู่มีค่าน้อยกว่าช่องว่างที่ยอมรับได้ ผู้ขับจะรอจนกว่าช่องว่างที่มีอยู่มีค่าเพียงพอจึงจะทำการเปลี่ยนช่องจราจรต่อไป

2.10 กระบวนการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจร

การประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจรเป็นกระบวนการย้อนกลับของกระบวนการจัดเส้นทางการเดินทาง กล่าวคือ การจัดเส้นทางการเดินทางเริ่มจากข้อมูลตารางการเดินทางที่มีอยู่ได้ผลลัพธ์สุดท้ายที่ปริมาณการจราจรบนเส้นทาง ส่วนกระบวนการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจรนั้นเริ่มจากข้อมูลปริมาณการจราจรบนเส้นทางมีผลลัพธ์สุดท้ายที่ตารางการเดินทางการประมาณตารางการเดินทางต้องใช้ข้อมูลหลัก 2 ส่วน คือ

- ข้อมูลปริมาณการจราจรบนเส้นทาง
 - ระบบโครงข่ายถนนในรูปแบบของจุดปลายและเส้นเชื่อมโยงภายในพื้นที่ศึกษา
- จากนั้นใช้สมมติฐานของการประมาณตารางการเดินทางเพื่อทำการประมาณตารางการเดินทาง โดยมีกระบวนการที่มีภาพประกอบดังรูปที่ 2.5 (นางสาวกรกมล จุกสีดา, นางสาวสิริลักษณ์ สุทธิโสภณ: 2553)



ภาพที่ 2.5 กระบวนการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจร

2.11 การทดลองประสิทธิภาพแบบจำลอง

การทดลองประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองจะพิจารณาจากความถูกต้องของแบบจำลองโดยการตรวจสอบจากปริมาณความต้องการเดินทางที่เลือกบนโครงข่ายถนนในแบบจำลองเทียบกับสภาพการเดินทางจริงที่ได้จากการสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจรของพื้นที่ศึกษา โดยพิจารณาความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับให้ได้

ในการจำลองสภาพการจราจรจำเป็นจะต้องมีการปรับเทียบแบบจำลองเพื่อให้พฤติกรรมต่างๆ ของรถยนต์ในแบบจำลองมีความใกล้เคียงและสอดคล้องกับสภาพการจราจรที่เป็นจริงมากที่สุด เพื่อให้เป็นที่ยอมรับได้ก่อนที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพ

ของโครงข่ายถนนจริง และ โครงข่ายถนนทางเลือก Gardes et al. (2002) กล่าวว่าองค์ประกอบ
ในการเปรียบเทียบแบบจำลองแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ

- 1) การปรับเทียบโครงข่าย (Network Calibration)
- 2) การปรับเทียบปริมาณการเดินทาง (Demand Calibration)
- 3) การปรับเทียบการตั้งค่าการประมวลผล (Overall simulation configuration Calibration)
- 4) การปรับเทียบพฤติกรรมของผู้ขับขี่ (Driver behavior Calibration)

นอกจากการปรับเทียบแบบจำลองโดยการปรับค่าองค์ประกอบข้างต้นแล้วองค์ประกอบ
ในการปรับเทียบแบบจำลองอีกส่วนหนึ่งที่แนะนำโดย Henry et al. (2004) คือ การปรับเทียบ
พฤติกรรมการเลือกเส้นทาง (Route choice behavior) ซึ่งมีรายละเอียดในการปรับเทียบทั้งหมดดังนี้

1) การปรับเทียบโครงข่าย (Network Calibration)

ตัวแปรที่ต้องทำการปรับเทียบในส่วน โครงข่ายถนน เช่น ลักษณะทางเรขาคณิตของ
โครงข่าย (Network Geometries) (ความกว้างของช่องจราจร (lane width) มุมโค้ง (Radius of
Curvature) ความลาดเอียงผิวถนน (Grad) และขอบคันทาง (Kerb) เป็นต้น การเลือกช่องจราจร
(Next Lane) เส้นหยุด (Stop Line) และเส้นหยุดเสมือน (Virtual Stop Line) ตำแหน่งที่ติดตั้งป้าย
เตือน (Signposting) ลำดับความสำคัญของกระแสจราจร (Turning Priority) การจำกัดความเร็ว
(Link Speed Limit)

2) การปรับเทียบปริมาณการเดินทาง (Demand Calibration)

ตัวแปรที่ต้องทำการปรับเทียบในส่วนปริมาณการเดินทาง เช่น สัดส่วนประเภทรถยนต์
ในกระแสจราจร (Traffic Composition) ความเร็ว (Driving Speed) ความเร่ง (Acceleration) และ
ความหน่วง (Deceleration)

3) การปรับเทียบการปรับตั้งค่าการประมวลผล (Overall simulation configuration Calibration)

ตัวแปรที่ต้องทำการปรับเทียบในส่วนการปรับตั้งค่าการประมวลผล เช่น ช่วงเวลาใน
การประมวลผลต่อวินาที (Time Steps per Seconds) ความเร็วในการจดจำ (Speed Memory)

4) การปรับเทียบพฤติกรรมของผู้ขับขี่ (Driver behavior Calibration)

ตัวแปรที่ต้องทำการปรับเทียบพฤติกรรมของผู้ขับขี่ เช่น ช่วงเวลาห่าง (Mean headway)
และเวลาในการรับรู้และเกิดปฏิกิริยา (Mean reaction time)

4.1) ช่วงเวลาห่าง (Headway) เป็นตัวแปรที่บอกถึงเวลาที่ห่างกันของรถ 2 คันที่แล่นตามกัน ซึ่งการปรับค่า Headway เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ผู้ขับขี่พยายามที่จะเพิ่มเวลาห่างช่วงเวลานานมากขึ้น

4.2) เวลารับรู้และเกิดปฏิกิริยา (Reaction Time) เป็นช่วงเวลาที่ใช้กำหนดระยะทางหรือระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยาต่างๆ หลังจากรับรู้และเกิดปฏิกิริยา การปรับเพิ่มค่า Reaction time มีผลทำให้ผู้ขับขี่มีปฏิกิริยาตอบสนองต่อการเบรกของยวดยานที่อยู่ด้านหน้าช้าลง

5) การปรับเทียบพฤติกรรมกรรมการเลือกเส้นทาง (Route Choice behavior Calibration)

ตัวแปรที่มีผลกับการเลือกเส้นทางประกอบด้วยสองตัวแปร คือ การรบกวนการจราจร (Perturbation) และความคุ้นเคยเส้นทาง (familiarity)

ข้อมูลสำหรับปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration Data)

ข้อมูลสำหรับการปรับเทียบแบบจำลองที่ได้ทำ การสำรวจในครั้งนี้ประกอบด้วย

1) ข้อมูลปริมาณจราจร ได้แก่ ปริมาณจราจรบนช่วงถนน และปริมาณจราจรที่ทางแยก 2) ข้อมูลตัวชี้วัดประสิทธิภาพของระบบการจัดการจราจร ได้แก่ ความล่าช้าและความยาวแถวคอย ความเร็วและเวลาในการเดินทาง การสำรวจข้อมูลสำหรับปรับเทียบจำลองมีรายละเอียดดังนี้

1) ข้อมูลปริมาณจราจร (Traffic Count)

1.1) ปริมาณจราจรบนช่วงถนน (Mid Block Count)

1.2) ปริมาณจราจรที่ทางแยก (Turning Count)

2) ข้อมูลความล่าช้าและความยาวแถวคอย (Delay and Queue Data)

2.1) ความล่าช้า

$$\text{Delay} = \frac{\sum V_s \cdot x_i}{V} \quad (2.12)$$

เมื่อ

Delay คือ ความล่าช้าจากการหยุดเฉลี่ย (วินาทีต่อคัน)

$\sum V_s$ คือ ผลรวมของจำนวนยวดยานที่หยุดหนึ่งที่นับได้ (คัน)

$I \cdot$ คือ ช่วงเวลาระหว่างที่นับยวดยานที่หยุดหนึ่ง (15 วินาที)

V คือ ปริมาณจราจรที่สำรวจได้ระหว่างช่วงเวลาที่ศึกษา (คัน)

2.2) ความยาวแถวคอย

3) เวลาในการเดินทาง (Travel Time Data)

$$N = \left(2x \frac{t_\alpha \times \sigma}{d} \right)^2 \quad (2.13)$$

เมื่อ

N คือ จำนวนครั้งของตัวอย่าง (จำนวนรอบที่ทำการสำรวจ)

 σ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (กม./ชม.)

d คือ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (กม./ชม.)*

 t_α คือ ค่าของการกระจายตัวของตัวอย่างแบบ t ที่ระดับความเชื่อมั่น1 - $\alpha/2$ และระดับความอิสระ (N - 1)

*หมายเหตุ: ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ในช่วง +/-1.0 นาที (Downling et al., 2004)

4) ความเร็วเฉลี่ย (Average Speed Data)

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Validation)

ขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองในส่วนนี้มีความสำคัญมาก เป็นการตรวจสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความถูกต้องมากน้อยเพียงใดหลังจากมีการปรับเทียบแบบจำลองแล้ว มาทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองกับข้อมูลที่เป็นอิสระกับข้อมูลที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองเพื่อให้แน่ใจถึงความถูกต้องของแบบจำลองและพร้อมสำหรับนำไปใช้ในการทำนายผลที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขต่างๆ ของแบบจำลองจากสภาพเริ่มต้น ซึ่งตัวแปรที่มักใช้เป็นตัวชี้วัดความถูกต้องของแบบจำลอง เช่น เวลาในการเดินทาง (Travel time), ปริมาณจราจร (Flow), ความเร็ว (Speed), ความล่าช้า (Delay) และ ความยาวแถวคอย (Queues)

เกณฑ์ในการปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration Criteria)

วัตถุประสงค์หลักของการปรับเทียบแบบจำลองจะต้องการให้ผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการสำรวจในสนามมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากมีข้อจำกัดด้านเวลาและความพยายามของแต่ละบุคคลในการกำจัดและลดความคลาดเคลื่อนจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการประมวลผลแบบจำลองกับผลการสำรวจข้อมูลในสภาพจริง ดังนั้นจึงมีการกำหนดเกณฑ์เพื่อให้ผู้พัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาครายว่าเมื่อไรที่เหมาะสมในการหยุดกระบวนการปรับเทียบแบบจำลอง ซึ่งเกณฑ์สำหรับการปรับเทียบแบบจำลองระดับจุลภาคมีหลายหน่วยงานและเอกสารอ้างอิงที่กำหนดขึ้นเพื่อ

ใช้เป็นแนวทางในการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการประมวลผลแบบจำลองกับผลที่ได้จากการสำรวจ เช่น Wisconsin Department of Transportation (Wisconsin DOT)

ตารางที่ 2.28 เกณฑ์ในการเปรียบเทียบแบบจำลองที่แนะนำโดย Wisconsin DOT

Criteria and Measures	Calibration Acceptance Targets
Hourly flows, Model Versus Observed	
Individual Link Flows	> 85% of cases
within 100 veh/h ,for Flow < 700 veh/h	> 85% of cases
within 400 veh/h ,for Flow < 2,700 veh/h	> 85% of cases
Sum of All Link Flows	Within 5% of sum of all link counts
GEH Statistic < 5 for Individual Link Flows*	> 85% of cases
GEH Statistic for Sum of All Link Flows	GEH < 4 for sum of all link counts
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

(Wisconsin DOT, 2002 อ้างถึงใน Dowling et al., 2003)

การใช้วิธีการทางสถิติในการทดสอบความสอดคล้อง (Consistency) ของข้อมูลในการประมาณค่าการจราจรเดินทางก็เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองอีกวิธีหนึ่ง โดยมีหลักการพื้นฐานคือการหาความสัมพันธ์ของค่าการจราจรเดินทางที่เกิดขึ้นจริงกับความใกล้เคียงกับค่าการจราจรเดินทางที่ได้จำลองขึ้นลักษณะทางสถิติของแบบจำลองเหล่านี้สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองที่ดีโดยใช้เครื่องมือวัดทางสถิติที่เหมาะสมค่าสถิติที่ใช้ในการอธิบายแบบจำลองการประมาณค่าการจราจรเดินทางเพื่อในการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยปกติค่าทางสถิติที่นำมาวิเคราะห์คือ สัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of Determination: R^2) คือการวัดจำนวนของความแปรปรวนที่ถูกบรรยายไว้โดยสมการซึ่งแสดงไว้

เป็นอัตราส่วนทศนิยมของผลรวมความแปรปรวนที่สังเกตในตัวแปรตาม (Dependent Variable) โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์นี้มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.0 ซึ่งเป็นค่าสำหรับสมการที่สมบูรณ์ที่สุด

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{ij}(T_{ij} - T_{ij}^*)^2}{\sum_{ij}(T_{ij} - T_{ij}^0)^2} \quad (2.14)$$

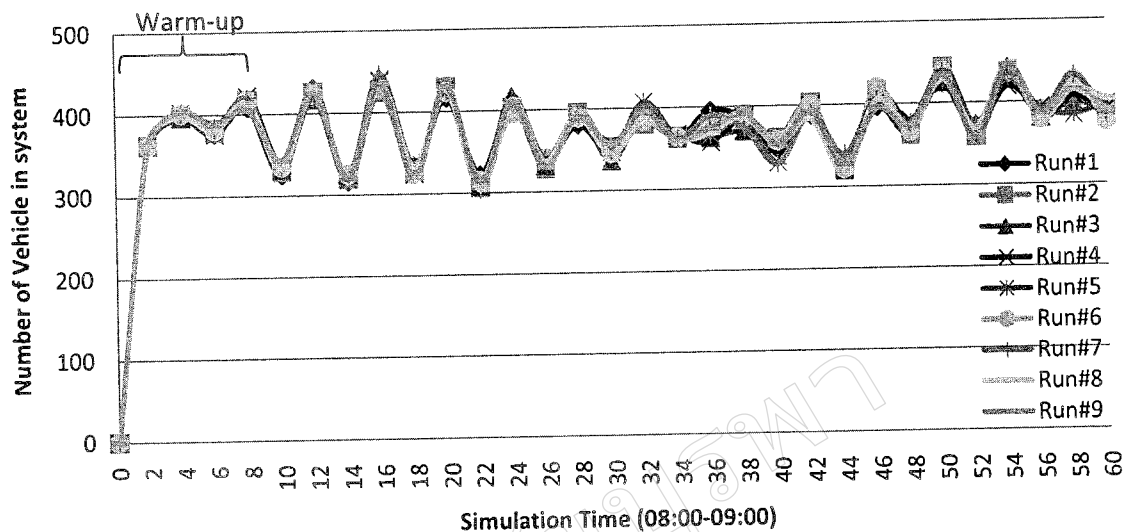
เมื่อ	T_{ij}	คือ ปริมาณการจราจรจากการสำรวจจริง
	T_{ij}^*	คือ ปริมาณการจราจรจากแบบจำลอง
	T_{ij}^0	คือ ปริมาณการจราจรจากค่าเฉลี่ย (Means)

R^2 เป็นเทคนิคในเชิงสถิติที่ใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับเป็นเครื่องมือวัดความเหมาะสมของแบบจำลองซึ่งเป็นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองและการสำรวจจริงว่ามีความใกล้เคียงกันอย่างไร โดยที่ค่า R เท่ากับ 1 หมายความว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองและการสำรวจมีความสัมพันธ์อย่างหาที่แตกต่างไม่ได้ (นางสาวกรกมล จุกสีดา, นางสาวศิริลักษณ์ สุทธิโสภณ: 2553)

ช่วงเวลาที่ข้อมูลมีความไม่เสถียร (Warm up periods)

Downling et al. (2004) กล่าวว่า การประมวลผลการจำลองสภาพการจราจร โดยทั่วไปมักจะเริ่มต้นจากไม่มีวดยานในโครงข่าย ถ้านำผลลัพธ์ของการประมวลผลแบบจำลองสภาพการจราจร ไปเปรียบเทียบกับผลการสำรวจภาคสนาม (ขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลอง) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้การจากประมวลผลในช่วงเริ่มนำปล่อยวดยานเข้าสู่โครงข่ายจากเริ่มไม่มีวดยานจะให้ผลที่ไม่เหมือนกับสภาพจริง เรียกว่า “Warm-up period” จึงจำเป็นจะต้องตัดผลลัพธ์ทางสถิติช่วงแรกนี้ออกเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพ โดยตัวแปรที่บอกถึงช่วง Warm-up period ของแบบจำลองได้ชัดเจน คือ จำนวนวดยานที่ปล่อยเข้าสู่โครงข่ายและความเร็วเฉลี่ยของโครงข่ายที่มีลักษณะการไหลแบบอิสระ (Free flow speed)

เมื่อพิจารณาจากผลการศึกษาที่ผ่านและทำการทดสอบด้วยการประมวลผลแบบจำลองจำนวน 9 ครั้ง และแสดงผลของจำนวนวดยานที่อยู่ในระบบ (โครงข่ายของแบบจำลองที่ทำการประมวลผล) พบว่า Warm-up period อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 4-8 นาที (ของช่วงแรกในการเริ่มประมวลผล) ซึ่งจะสังเกตได้จากจำนวนวดยานที่มีปริมาณน้อยและมีค่าที่ค่อนข้างคงที่เนื่องจากมีปริมาณจราจรเข้าและออกจากโหนดต้นทางถึงโหนดปลายทางไม่หนาแน่นเหมือนกับสภาพจริง ไม่เกิดความล่าช้า วดยานสามารถใช้ความเร็วในการเดินทางที่สภาพการไหลอิสระ ดังนั้นในการศึกษารุ่นนี้จึงได้ทำการขยายช่วงเวลาในการประมวลผลเพิ่มขึ้นอีก 8 นาที (เพื่อให้สอดคล้องกับช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล) โดยจะตัดผลลัพธ์ในช่วง 8 นาทีแรก ออกจากผลการวิเคราะห์



ภาพที่ 2.6 ช่วงเวลาข้อมูลที่ไม่เสถียร

การประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติในกระบวนการสร้างแบบจำลองสภาพการจราจร

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

เป็นการวัดการกระจายของกลุ่มข้อมูล สามารถนำไปใช้กับการแจกแจงความน่าจะเป็น
ตัวแปรสุ่ม ประชากร หรือ มัลติเซต สามารถหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากสมการที่ 2.15

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})}{N-1}} \quad (2.15)$$

เมื่อ

- σ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- x คือ ค่าที่ได้จากการประมวลแต่ละครั้ง
- \bar{x} คือ ค่าเฉลี่ยของการประมวลผล
- N คือ จำนวนครั้งของการประมวลผล

ค่า GEH (Geoffrey E. Havers)

GEH เป็นค่าทางสถิติที่ใช้ในการคำนวณในงานด้านวิศวกรรมจราจรการคาดการณ์ปริมาณจราจร และแบบจำลองด้านการจราจร ความเป็นมาของสมการ GEH ได้มาจากชื่อของ Geoffrey E. Havers ซึ่งเป็นผู้พัฒนาสมการและประยุกต์ใช้ในช่วงทศวรรษ 1970 ในขณะที่ทำงานด้านการวางแผนการขนส่งในกรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ โดยค่า GEH พัฒนามาจากหลักการทางสถิติที่เรียกว่า ไคสแควร์ (Chi-squared) ซึ่งรวมเอาความทั้งความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรและความแตกต่างสัมบูรณ์ ทั้งนี้กระบวนการดังกล่าวได้อ้างอิงมาและมีการพัฒนาต่อมาโดย UKs Design Manual for Roads and Bridges (DMRB Vol. 12 Traffic Appraisal in Urban Areas) ซึ่งนำมาใช้ในการเปรียบเทียบค่าปริมาณจากการประมวลผลในแบบจำลองและค่าที่ได้จากการสำรวจจราจรใน 1 ชั่วโมงเท่านั้น (หากใช้ปริมาณจราจรมากกว่าหรือน้อยกว่า 1 ชั่วโมง ต้องแปลงให้เทียบเท่า 1 ชั่วโมง) โดยสมการที่ใช้ในการคำนวณค่า GEH (Quadstone Paramics, 2007) ดังแสดงในสมการที่ 2.16

$$GEH = \sqrt{\frac{(\text{simulated} - \text{observed})^2}{0.5(\text{simulated} + \text{observed})}} \quad (2.16)$$

เมื่อ

simulate คือ ค่าที่ได้จากการประมวลผลแบบจำลอง

observed คือ ค่าที่ได้จากการสำรวจจริง

Quadstone Paramics (2007) กล่าวว่า ค่าของ GEH ที่ใช้เป็นตัวชี้วัดความสอดคล้องและคุณภาพของข้อมูลสามารถพิจารณา ดังนี้

- 1) ค่า $GEH < 5.0$ แสดงว่าการตรวจสอบปริมาณจราจรที่ได้จากการประมวลผลในแบบจำลองที่พิจารณา มีความสอดคล้องอย่างดีกับผลการสำรวจจริงในภาคสนาม
 - 2) ค่า $5 < GEH < 10$ ต้องมีการตรวจสอบปริมาณจราจรที่ได้จากการประมวลผลในแบบจำลองที่พิจารณา มีความสอดคล้องอย่างดีกับผลการสำรวจจริงในภาคสนามใหม่อีกครั้ง
 - 3) ค่า $10 < GEH$ แสดงว่าการตรวจสอบปริมาณจราจรที่ได้จากการประมวลผลในแบบจำลองที่พิจารณา ไม่มีความสอดคล้องกับผลการสำรวจจริงในภาคสนาม
- ซึ่งการตรวจสอบความถูกต้องของทั้งโครงข่าย ต้องมีจุดที่ตรวจสอบผ่านเกณฑ์ทั้งหมดมากกว่าร้อยละ 85 ของจุดเปรียบเทียบทั้งหมด

ค่าความแตกต่าง (Difference)

จำนวนค่าของความแตกต่างระหว่างค่าจากการสำรวจ กับค่าที่ได้จากแบบจำลองเป็นค่าทางสถิติที่สามารถประยุกต์ใช้ในการเปรียบเทียบค่าสองชุดข้อมูลทั้งข้อมูลด้านการจราจรบริเวณทางแยก ช่วงถนน และปริมาณการเดินทางจากต้นทางถึงปลายทาง การคำนวณค่าความแตกต่าง ดังแสดงในสมการที่ 2.17

$$\text{Difference} = \text{simulated} - \text{observed} \quad (2.17)$$

ค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ (Absolute Difference)

จำนวนค่าของความแตกต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่าจากการสำรวจกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง (ค่าที่ได้เป็นบวกเสมอ) เป็นค่าทางสถิติที่สามารถประยุกต์ใช้ในการเปรียบเทียบค่าสองชุดข้อมูลทั้งข้อมูลด้านการจราจรบริเวณทางแยก ช่วงถนน และปริมาณการเดินทางจากต้นทางถึงปลายทาง การคำนวณค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ ดังแสดงในสมการที่ 2.18

$$\text{AbsoluteDifference} = \sqrt{(\text{simulated} - \text{observed})^2} \quad (2.18)$$

เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (Difference Percentage)

เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าจากการสำรวจกับค่าที่ได้จากแบบจำลองเป็นค่าทางสถิติที่สามารถประยุกต์ใช้ในการเปรียบเทียบค่าสองชุดข้อมูลทั้งข้อมูลด้านการจราจรบริเวณทางแยก ช่วงถนน และปริมาณการเดินทางจากต้นทางถึงปลายทาง การคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง ดังแสดงในสมการที่ 2.19

$$\text{PercentageDifference} = \frac{\text{simulated} - \text{observed}}{\text{observed}} \times 100 \quad (2.19)$$

เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างสัมบูรณ์ (Absolute Difference Percentage)

เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่าจากการสำรวจกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง (ค่าที่ได้เป็นบวกเสมอ) เป็นค่าทางสถิติที่สามารถประยุกต์ใช้ในการเปรียบเทียบค่าสองชุดข้อมูลทั้งข้อมูลด้านการจราจรบริเวณทางแยก ช่วงถนน และปริมาณการเดินทางจากต้นทางถึงปลายทาง การคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างสัมบูรณ์ ดังแสดงในสมการที่ 2.20

$$\text{AbsolutePercentageDifference} = \frac{\sqrt{(\text{simulated} - \text{observed})^2}}{\text{observed}} \times 100 \quad (2.20)$$

2.12 การประยุกต์ใช้แบบจำลองเสมือนในการวิเคราะห์การจราจร

การประยุกต์ใช้แบบจำลองประเภทต่างๆ ในการศึกษาร้านี้เป็นการใช้โปรแกรมหรือแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์จำลองทางลดทางแยกเพื่อแก้ปัญหาจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา

โปรแกรมส่วนใหญ่จะพัฒนาโดยใช้เทคนิคจำลองสภาพเหตุการณ์ (Simulation) ซึ่งในงานวิจัยนี้ ทางผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม AIMSUN เป็นเครื่องมือในการช่วยวิจัย ซึ่งในปัจจุบันโปรแกรมดังกล่าวมีความสามารถในการจำลองสภาพการจราจรในระดับจุลภาค ซึ่งจะช่วยให้สามารถประเมินผลได้อย่างละเอียดและถูกต้อง อีกทั้งโปรแกรมสามารถเข้าใจได้ง่ายในการวิเคราะห์และประเมินผล

2.13 สรุป

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า สาเหตุของปัญหาจราจรตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถดำเนินการแก้ไขได้ 2 แนวทาง ได้แก่ การบริหารจัดการปัญหาจราจรติดขัดโดยพิจารณาอุปสงค์การเดินทาง (Demand Side Consideration) และการบริหารจัดการปัญหาการจราจรติดขัดโดยพิจารณาองค์ประกอบรองรับการเดินทาง (Supply Side Consideration)

การบริหารจัดการปัญหาจราจรติดขัดโดยการพิจารณาอุปสงค์การเดินทางมีหลัก คือ การมุ่งเน้นการจัดการควบคุมและเปลี่ยนแปลงความต้องการการเดินทางให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับความสามารถในการรองรับการเดินทางที่มีอยู่ วิธีการที่นิยมใช้ ได้แก่ การควบคุมความต้องการเดินทาง (Travel Demand Management: TDM) โดยมีมาตรการอื่นนำมาประยุกต์ใช้ร่วมด้วย เช่น การสัญจรร่วมกัน การลดหย่อนภาษี การจัดการเวลาทำงาน และการจัดการวางแผนผังเมือง เป็นต้น ส่วนการบริหารจัดการปัญหาการจราจรติดขัดโดยพิจารณาองค์ประกอบรองรับการเดินทางนั้น เป็นการแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดโดยการเพิ่มความสามารถในการรองรับกระแสจราจรที่เพิ่มขึ้น และพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและระบบขนส่งให้เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งสอดคล้องกับหลักเศรษฐศาสตร์

สำหรับทางแยกที่ใช้สัญญาณไฟจราจรนั้น เป็นตำแหน่งบนโครงข่ายถนนที่เกิดการตัดกันของถนน ทางแยก (Intersection) จึงมักเป็นบริเวณที่มีการขัดแย้งกันของกระแสจราจร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีปริมาณจราจรเพิ่มมากขึ้น จะทำให้เกิดปัญหาการติดขัดของกระแสจราจรเกิดแถวคอยปริมาณสูง เกิดความล่าช้าในการเดินทาง ความเร็วเฉลี่ยของยานบนโครงข่ายลดลง หากทางแยกนั้นไม่มีการบริหารจัดการที่ดี ในกรณีที่มีปริมาณการจราจรที่ผ่านทางแยกนั้นไม่สูงมาก อาจควบคุมและจัดระเบียบการเคลื่อนตัวด้วยเครื่องหมายจราจร (Traffic Markings) ป้ายจราจร

(Traffic signs) หรือใช้หลักการจัดช่องทางสัญจร (Channelization) ในบริเวณทางแยกเพื่อจัดการปัญหา

แต่เมื่อทางแยกที่ต้องรองรับปริมาณจราจรที่สูงขึ้นการใช้เครื่องมือควบคุมกระแสจราจรตามที่กล่าวข้างต้นอาจไม่เพียงพอ (มีระดับการให้บริการต่ำกว่าระดับ E หรือ มีความล่าช้าเกินกว่า 55 วินาที) ในกรณีนี้จะพิจารณาการใช้ทางแยกต่างระดับเพื่อการแก้ปัญหาจราจรในแยกดังกล่าว

เนื่องจากทางแยกที่ทำการศึกษาอยู่ในเขตเมืองพัทยาซึ่งมีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น และเมืองพัทยาคือเมืองที่เน้นอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว ภาพลักษณ์ของเมืองจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาจึงสรุปได้ว่าทางลอดทางแยก (Underpass) จะเป็นทางเลือกในการบรรเทาปัญหาที่ดีกว่าการใช้ทางข้ามข้ามแยก (Over pass) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ทางลอดทางแยก (Underpass) ในการบรรเทาปัญหาจราจรในเขตเมืองพัทยาต่อไป ซึ่งจะเลือกรูปแบบทางลอดในลักษณะใดนั้นจะได้นำเสนอในบทถัดไปอีกครั้งหนึ่ง

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้มุ่งเน้นทำการศึกษาเกี่ยวกับการบรรเทาปัญหาการจราจร โดยใช้ทางลัดทางแยกกรณีศึกษาถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพญา โดยจะทำการศึกษาสาเหตุของปัญหาจราจร และเสนอรูปแบบทางลัดที่เหมาะสมในการบรรเทาปัญหา

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

ในการศึกษานี้สามารถแบ่งตัวแปรออกได้เป็น 2 ด้านคือ

1) ด้านกายภาพ โดยจะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับสภาพพื้นที่จริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนของโครงสร้างถนนและข้อมูลของยานยนต์บนถนน

2) ด้านการออกแบบรูปแบบการบรรเทาปัญหาการจราจรด้วยทางลัดทางแยกดังกล่าวที่

3.1 (ดัดแปลงมาจาก FHWA, 2004) โดยจำแนกรายละเอียดขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การรวมข้อมูลภาคสนาม

การรวมข้อมูลภาคสนามและข้อมูลจากงานจราจรเมืองพญาเพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษ โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้

1.1 ข้อมูลกายภาพ (Geometric Data) ได้แก่

1.1.1 ลักษณะทางกายภาพของช่วงถนนและทางแยกที่ทำการศึกษา

1.1.2 การเชื่อมโยงของถนนและทางแยกที่ทำการศึกษากับโครงข่ายถนนข้างเคียง

1.2 ข้อมูลปริมาณการจราจร (Traffic Data) ได้แก่

1.2.1 ปริมาณจราจรในพื้นที่ที่ทำการศึกษา

1.2.2 ช่วงเวลาที่มีปริมาณจราจรสูงที่สุดในวันธรรมดา และในวันหยุด

1.3 ข้อมูลสำหรับเปรียบเทียบแบบจำลอง (Calibration Data) ได้แก่

1.3.1 ข้อมูลปริมาณรถที่ใช้บริการบริเวณทางแยก (Turning Movement Count)

2. การพัฒนาแบบจำลอง

การพัฒนาแบบจำลองทำได้โดยการนำข้อมูลที่รวบรวมมาสร้างเป็นแบบจำลองเสมือนเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สภาพการจราจรในปัจจุบัน และวิเคราะห์การใช้ทางลัดทางแยกแบบต่างๆ เพื่อบรรเทาปัญหาการจราจรที่เกิดขึ้น

3. การตรวจสอบความคลาดเคลื่อน

โดยการทบทวนข้อมูลนำเข้า (Review Input Data) และการทบทวนการแสดงผลจากการเคลื่อนไหวน (Review Animation)

4. ปรับเทียบแบบจำลอง

จากการเก็บข้อมูลสภาพการจราจรจากภาคสนามโดยเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า นอกเวลาเร่งด่วน และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น ซึ่งช่วงเวลากำหนดจากข้อมูลข้อที่ 1.2.2 เมื่อนำข้อมูลต่างๆของพื้นที่ศึกษามาเข้าในโปรแกรมจำลองเสมือนแล้วจะทำการจำลองสถานการณ์ของทางแยก ที่ทำการศึกษานั้นจะทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลจากภาคสนาม เมื่อ GEH (Geoffrey E. Havers) ทั้งโครงข่ายมีค่ามากกว่าร้อยละ 85 ของจุดสำรวจปริมาณจราจรทั้งหมด จึงถือว่าแบบจำลองสามารถนำไปใช้ประยุกต์ในการวิเคราะห์ตามแผนการบรรเทาปัญหาจราจรได้ต่อไป

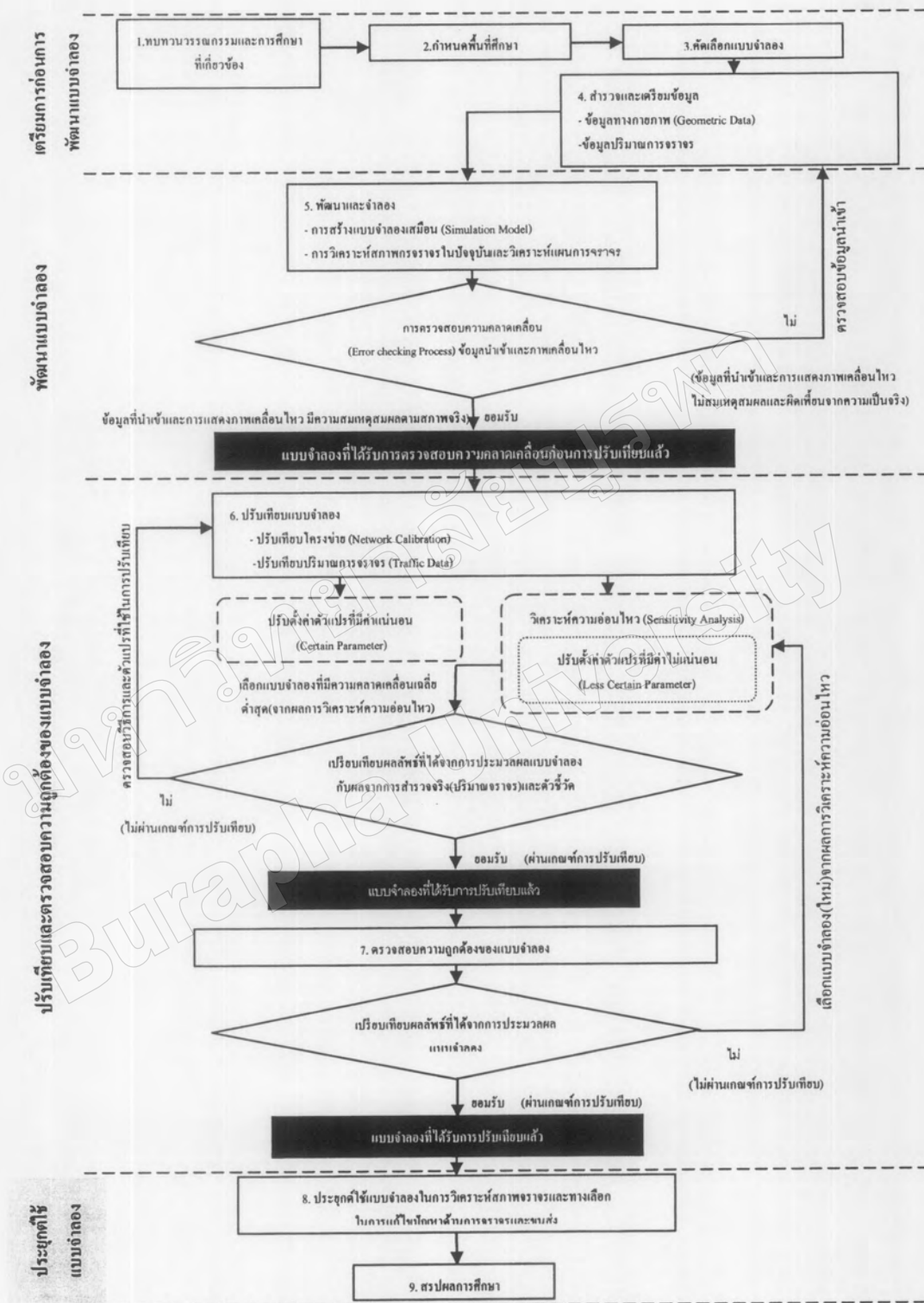
5. ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

เพื่อให้แบบจำลองมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด และมีความน่าเชื่อถือตามหลักทางสถิติ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงจะใช้ปริมาณจราจรที่ได้จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรมเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณจราจรที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามว่ามีอัตราความคลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างไร และพิจารณา ว่าค่า GEH (Geoffrey E. Havers) ที่ได้จากแบบจำลอง และจากการสำรวจมีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด ซึ่งค่า GEH (Geoffrey E. Havers) เป็นเทคนิคในเชิงสถิติที่ใช้วัดความเหมาะสมของแบบจำลอง โดยถ้าหากค่า GEH (Geoffrey E. Havers) มีค่าเท่ากับ 1 หมายความว่าแบบจำลองมีความสามารถในการจำลองสถานการณ์ได้เสมือนจริง

6. การประยุกต์ใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์สภาพการจราจร โดยการเสนอรูปแบบการบรรเทาปัญหาด้วยทางเลือกที่เหมาะสม

7. สรุปผลการศึกษา

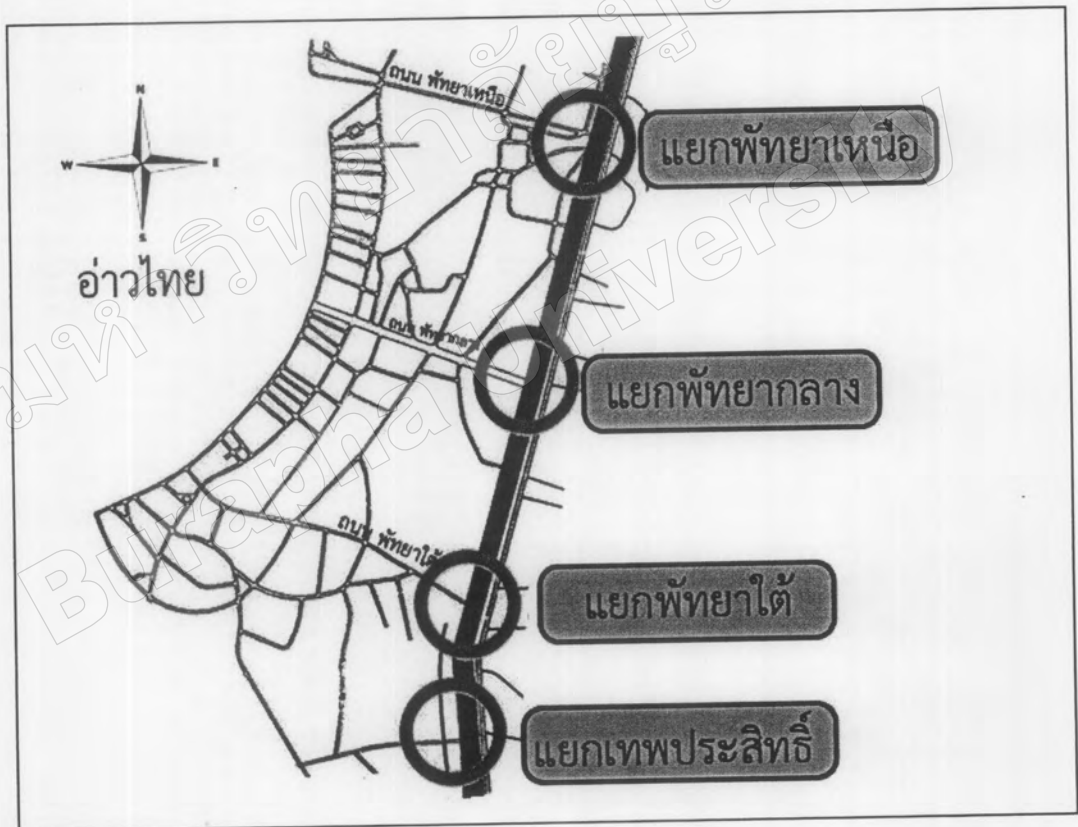
วิเคราะห์และสรุปผลการประเมินรูปแบบของทางเลือกทางแยกที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการบรรเทาปัญหาจราจร



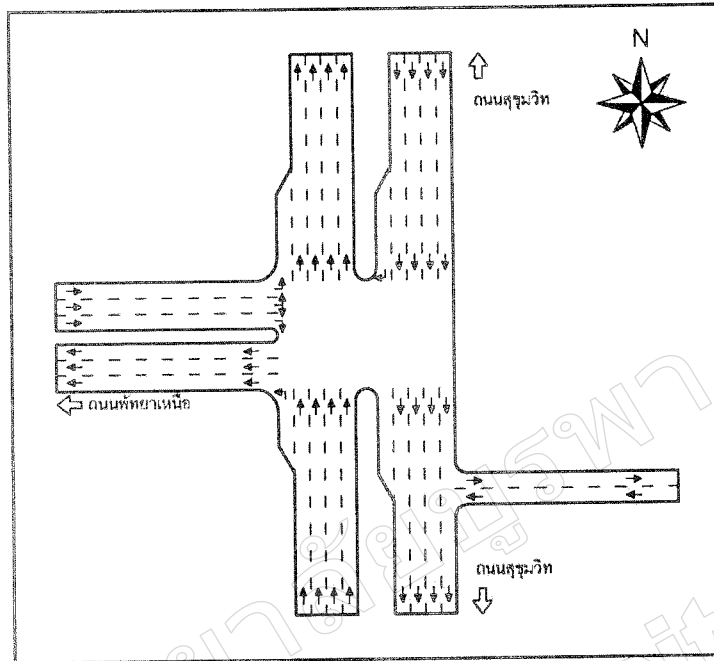
ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการจำลองและประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจร

3.2 พื้นที่ศึกษา

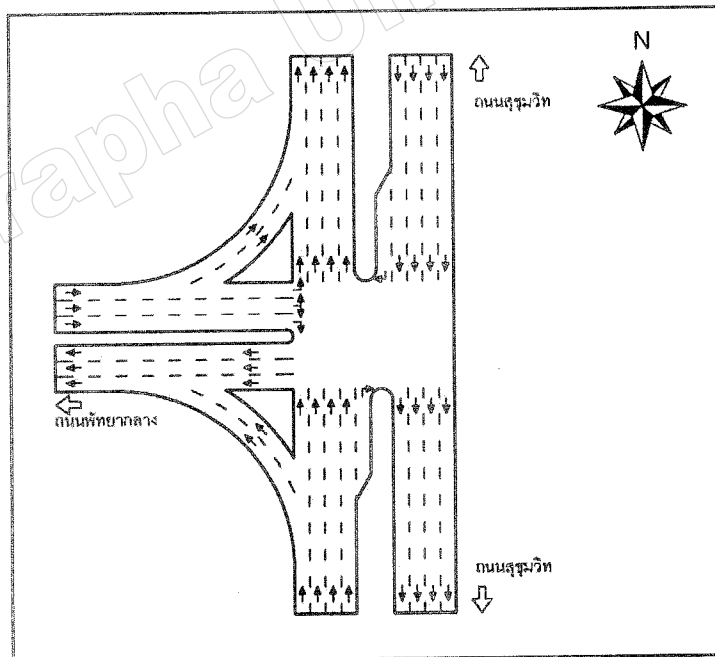
ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกพื้นที่ศึกษาบริเวณถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพัทยา จำนวน 4 ทางแยก ได้แก่ ทางแยกพัทยาเหนือ ทางแยกพัทยากลาง ทางแยกพัทยาใต้ และทางแยกเทพประสิทธิ์ เนื่องจากเป็นทางแยกทั้ง 4 เป็นทางแยกที่เกิดปัญหาการจราจรมากที่สุด สามารถแสดงตำแหน่งที่ตั้งพื้นที่ศึกษาดังภาพที่ 3.1 และรูปแสดงลักษณะทางกายภาพของแต่ละทางแยก ได้แก่ ภาพที่ 3.3 สภาพทางกายภาพของแยกพัทยาเหนือ ภาพที่ 3.4 สภาพทางกายภาพของแยกพัทยากลาง ภาพที่ 3.5 สภาพทางกายภาพของแยกพัทยาใต้ และภาพที่ 3.6 สภาพทางกายภาพของแยกเทพประสิทธิ์



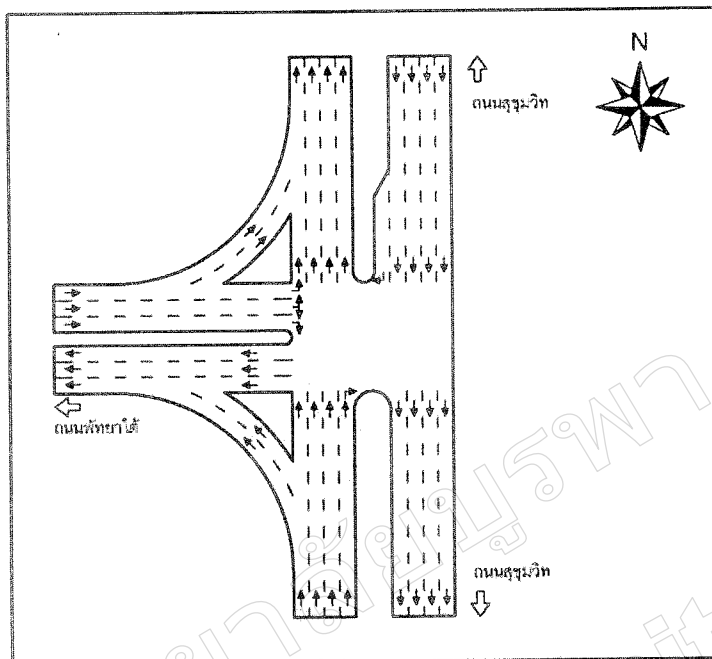
ภาพที่ 3.2 ตำแหน่งที่ตั้งพื้นที่ศึกษา



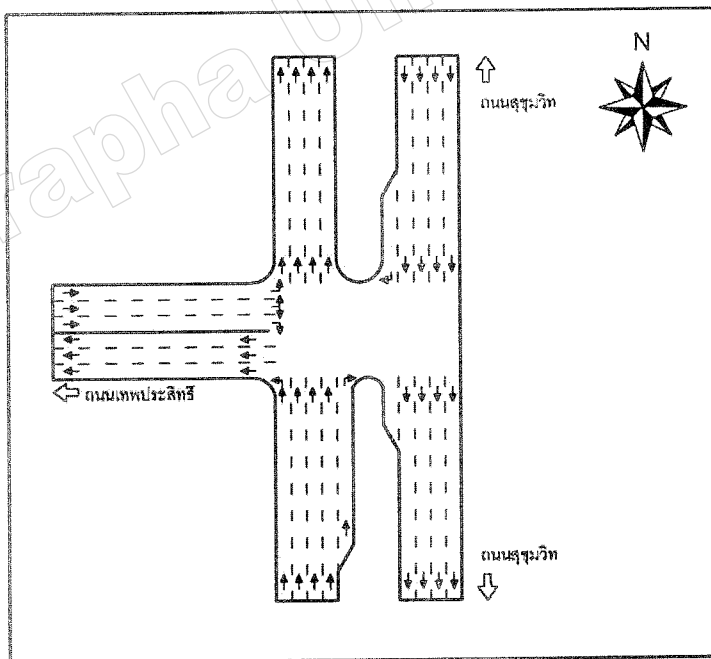
ภาพที่ 3.3 สภาพทางกายภาพของทางแยกพญาเหนือ



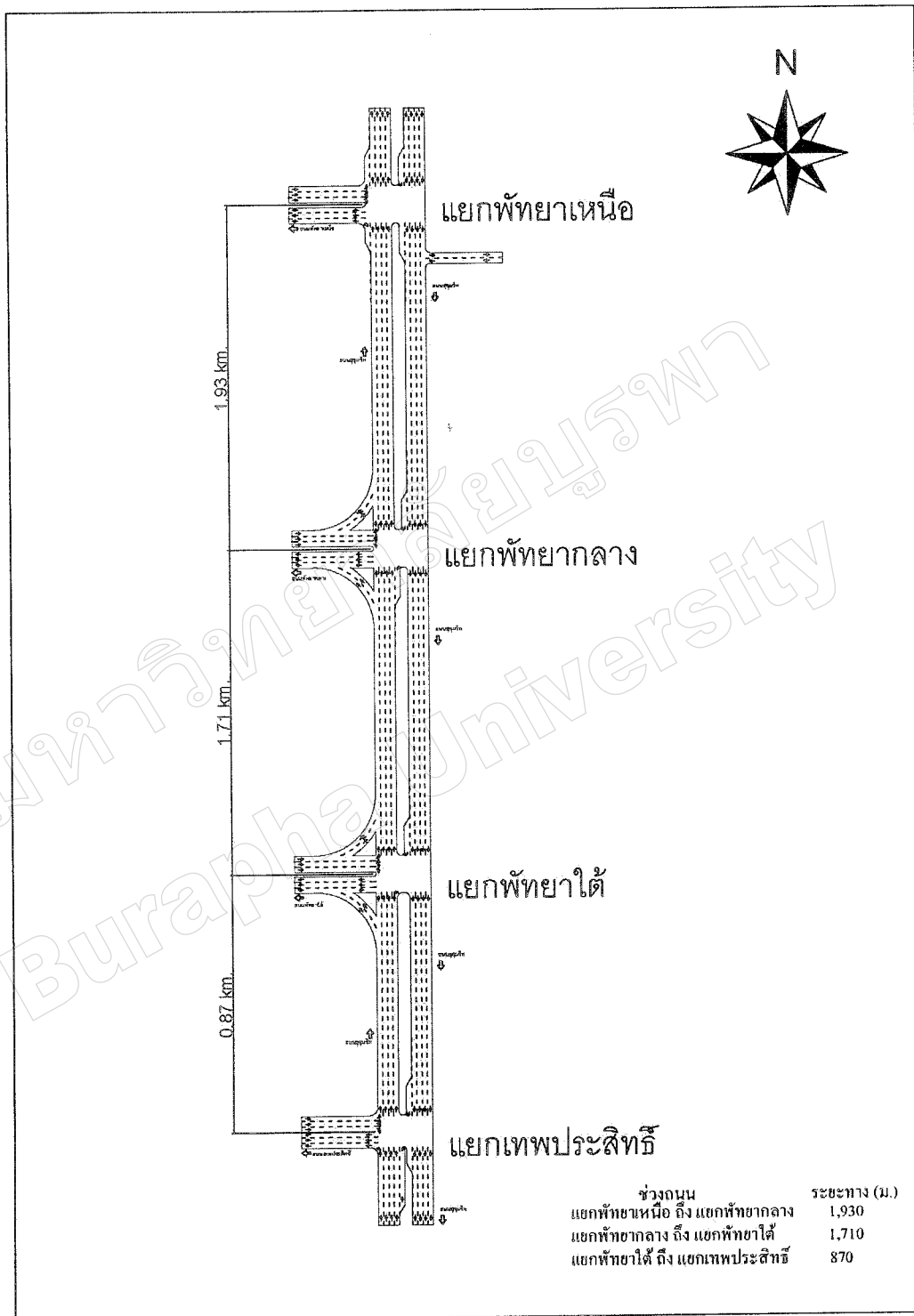
ภาพที่ 3.4 สภาพทางกายภาพของทางแยกพญากลาง



ภาพที่ 3.5 สภาพทางกายภาพของทางแยกพหลโยธิน



ภาพที่ 3.6 สภาพทางกายภาพของทางแยกเทพประสิทธิ์



ภาพที่ 3.7 ลักษณะการเชื่อมต่อของ โครงข่ายถนนที่ทำการศึกษา

ซึ่งระยะห่างระหว่างแยกต่างๆมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ระยะห่างระหว่างทางแยกบนถนนสุขุมวิทในเขตเมืองพัทยา

ช่วงถนน	ระยะทาง (เมตร)
แยกพัทยาเหนือ ถึง แยกพิทยากลาง	1,930
แยกพิทยากลาง ถึง แยกพิทยาใต้	1,710
แยกพิทยาใต้ ถึง แยกเทพประสิทธิ์	870

พื้นที่เมืองพัทยานับเป็นพื้นที่เศรษฐกิจที่สำคัญแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรีซึ่งมีการลงทุนค้าขายใกล้พื้นที่นิคมอุตสาหกรรม อีกทั้งยังเป็นพื้นที่สำคัญทางด้านเศรษฐกิจการท่องเที่ยวของภาคตะวันออก โดยมีสถิติจำนวนนักท่องเที่ยวประมาณ 5-6 ล้านคนต่อปี และมีรายได้จากการท่องเที่ยวโดยเฉลี่ย 5-6 หมื่นล้านบาทต่อปี (กองวิชาการและแผนงานเมืองพัทยา, 2554) จากการขยายตัวของเมืองพัทยาย่างต่อเนื่องและการเก็บสถิติปริมาณการจราจรที่สัญจรเข้าและออกเมืองพัทยามีจำนวนมากถึง 536,884 คันต่อวัน สภาพการจราจรในวันธรรมดามีความคับคั่งในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น และติดขัดในช่วงเทศกาลวันหยุดต่าง ๆ หรือ มีกิจกรรมพิเศษในเขตเมืองพัทยา (ฝ่ายวิศวกรรมจราจรและขนส่งเมืองพัทยา, 2554)

การศึกษาครั้งนี้จึงมีเป้าหมายที่จะทำการออกแบบรูปแบบทางลอดทางแยกที่เหมาะสมเพื่อเป็นข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานของเมืองพัทยาในการบรรเทาปัญหาจราจรในระยะยาวต่อไป

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สภาพปัญหาการจราจรของการศึกษาในครั้งนี้สามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 4 ขั้นตอนด้วยกัน คือ

1. การดำเนินการสำรวจและเก็บข้อมูลปริมาณการจราจรบนถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพัทยาคตามแผนงานจะดำเนินการตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม 2555
2. ดำเนินการสำรวจข้อมูลทางกายภาพของถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพัทยาทั้งหมด 4 จุด ได้แก่ บริเวณทางแยกพัทยาเหนือ ทางแยกพิทยากลาง ทางแยกพิทยาใต้ และทางแยกเทพประสิทธิ์ และสำรวจช่วงเวลาที่มียปริมาณจราจรสูงสุดเพื่อใช้ในการกำหนดช่วงเวลาเก็บข้อมูลปริมาณจราจร

3. ในการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษาจะเลือกช่วงเวลาที่มึจราจรสูงสุด (Peak Hour) โดยเลือกตัวอย่าง 2 ช่วงเวลาในหนึ่งวัน โดยช่วงเวลาจะพิจารณาจากข้อมูลที่ได้มาจากข้อที่ 2 โดยใช้เวลาในการสำรวจประมาณ 2 วัน

3.1 วันธรรมดา 1 วัน (วันพุธ)

3.1.1 ช่วงเวลาเช้า 07:00-10:00 น.

3.1.2 ช่วงเวลาเย็น 16:00-19:00 น.

3.2 วันหยุดสุดสัปดาห์ 1 วัน (วันเสาร์)

3.2.1 ช่วงเวลาเช้า 11:00-14:00 น.

3.2.2 ช่วงเวลาเย็น 15.00-18:00 น.

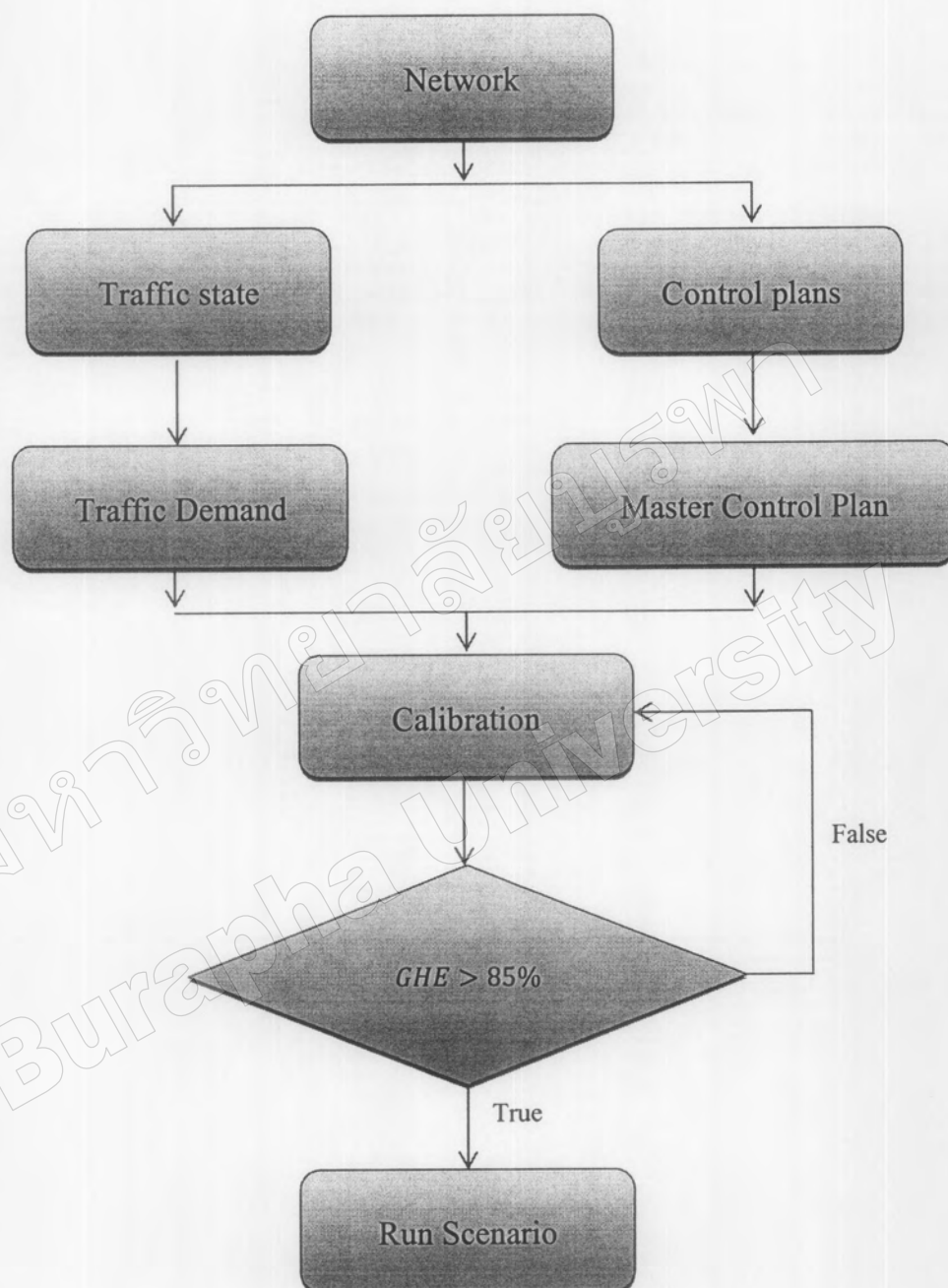
4. ทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมาวิเคราะห์ในโปรแกรมจำลองเสมือนเพื่อหารูปแบบทางลดทางแยกที่เหมาะสมเพื่อบรรเทาปัญหาจราจรที่เกิดขึ้น

3.4 แนวทางในการวิเคราะห์

ข้อมูลการจราจรที่ได้จากการสำรวจผู้วิจัยจะทำการประมวลผลแบบจำลองเสมือนระดับจุลภาค (Micro-simulation) โดยจะทำการประมวลผลแบบจำลองจำนวน 10 ครั้งต่อหนึ่งสถานการณ์ และทำการตรวจสอบจำนวนครั้งในการประมวลผลแบบจำลองว่าเพียงพอหรือไม่ โดยการคำนวณหาจำนวนครั้งในการประมวลผลแบบจำลองดังสมการที่ 3.1 และจำลองสภาพการจราจรตามช่วงเวลาที่สำรวจข้อมูล โดยพิจารณาตัวชี้วัด 3 ประเภท ได้แก่ ความล่าช้า (Delay) การเผาผลาญเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) และความยาวแถวคอยบริเวณทางแยก (Queue Data) ดังภาพที่ 3.8

$$N = \left\lceil t_{\alpha/2} \frac{\delta}{\mu \cdot \epsilon} \right\rceil \quad (3.1)$$

เมื่อ	N	= จำนวนครั้งในการประมวลผลแบบจำลอง
	δ	= ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าที่ต้องการวัดจากการประมวลผลแบบจำลอง
	ϵ	= ค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมรับให้เกิดขึ้นได้ (ในที่นี้ใช้ร้อยละ 5)
	$t_{\alpha/2}$	= ค่าทดสอบของการกระจายตัวแบบที่ที่ระดับความเชื่อมั่น $1-\alpha$ (ใช้ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)
	μ	= ค่าความคาดหมายของจำนวนครั้งในการประมวลผลแบบจำลอง



ภาพที่ 3.8 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5 การเปรียบเทียบผลการศึกษา

หลังจากการสอบเทียบแบบจำลองผ่านแล้วนั้น ในการศึกษาจะเปรียบเทียบวิธีการบรรเทาปัญหาจราจรติดขัดบนถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพัทยา แบ่งเป็น 2 วิธีคือ การปรับรอบสัญญาณไฟ และการใช้อุโมงค์ทางลอด โดยการเปรียบเทียบจะเปรียบเทียบการบรรเทาปัญหาทั้งสองวิธีเทียบกับ สภาพการบริหารจัดการแบบเดิม โดยใช้ดัชนีประเมินประสิทธิภาพทางแยก 3 ค่า คือ ค่าความล่าช้า ระยะแถวคอย และการเผาผลาญเชื้อเพลิงในรูปของร้อยละ และระดับการให้บริการทางแยก

สำหรับรูปแบบทางอุโมงค์ทางลอดที่เหมาะสมจะทำการวิเคราะห์ผลความล่าช้าจากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองที่สร้างขึ้น โดยปริมาณจราจรที่ใช้จะใช้ในปัจุบันและปริมาณจราจรในอนาคตเป็นเวลา 20 ปี เพื่อประเมินค่าทางแยกใดมีระดับการให้บริการที่เกินกว่าจะรับได้ (ระดับ E) จะวิกฤตในปีใด เพื่อจะระบุว่า ณ ทางแยกแต่ละทางแยก ควรมีการก่อสร้างอุโมงค์ทางลอดในปีใด

การประเมินประสิทธิภาพทางแยกต่างบนถนนโครงข่ายที่ทำการศึกษาระยะจะเป็นระยะเวลาทั้งหมด 20 ปี โดยค่าที่ใช้ในการคำนวณปริมาณจราจรในอนาคตจะใช้ค่าที่ได้จากการศึกษาของเมืองพัทยา

3.6 สรุป

ในการศึกษานี้เป็นการพัฒนาแบบจำลองเสมือนจริงของสภาพการจราจร โดยใช้ทางลอดทางแยก พิจารณาทางแยกบนถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพัทยา ได้แก่ ทางแยกพัทยาเหนือ ทางแยกพัทยากลาง ทางแยกพัทยาใต้ และทางแยกเทพประสิทธิ์ โดยจะพิจารณา ความล่าช้าในการเดินทาง ความยาวแถวคอย และค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของพาหนะ ซึ่งในบทความนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางลอดแยกโดยใช้โปรแกรมจำลองเสมือน และนำเสนอรูปแบบทางแยกลอดทางแยกที่เหมาะสมเพื่อใช้บรรเทาปัญหาการจราจรในระยะยาวบริเวณทางแยกถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพัทยาต่อไป

บทที่ 4

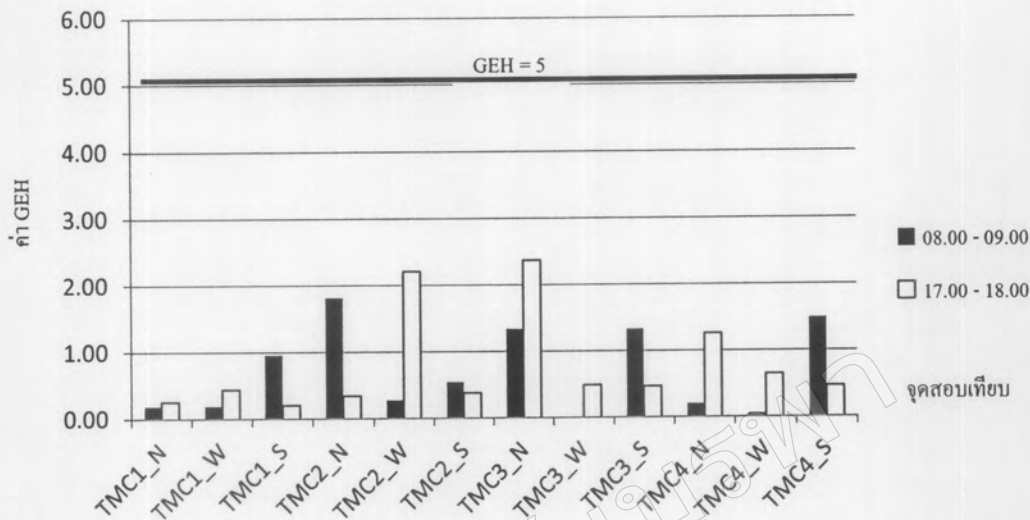
ผลการวิเคราะห์และอภิปรายผล

ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ข้อมูลและผลการศึกษาจากแบบจำลองสภาพการจราจรบนพื้นที่ศึกษา การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาการจราจรบริเวณถนนสุขุมวิท เพื่อศึกษาสาเหตุและแผนบริหารจัดการจราจรที่เหมาะสม จะแบ่งได้ 2 กรณี คือ ก่อนและหลังการวิเคราะห์สภาพการจราจรจากแบบจำลองเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การวิเคราะห์ก่อน คือ ข้อมูลจังหวะสัญญาณไฟจราจรและปริมาณจราจรบนพื้นที่ศึกษาที่สำรวจในเขตเมืองพัทยา ส่วนหลัง คือ การจำลองทางลอดทางแยกเปรียบเทียบก่อนและหลัง การก่อสร้างอุโมงค์ทางลอดที่มีความเหมาะสม และการปรับช่องจราจรบริเวณถนนสุขุมวิทเพื่อความเหมาะสมในระยะยาวจากการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำให้ความล่าช้า ระยะแถวคอย และปริมาณการเผาผลาญเชื้อเพลิงมีค่าที่ลดลง

4.1 ผลเปรียบเทียบแบบจำลองบริเวณเขตเมืองพัทยา

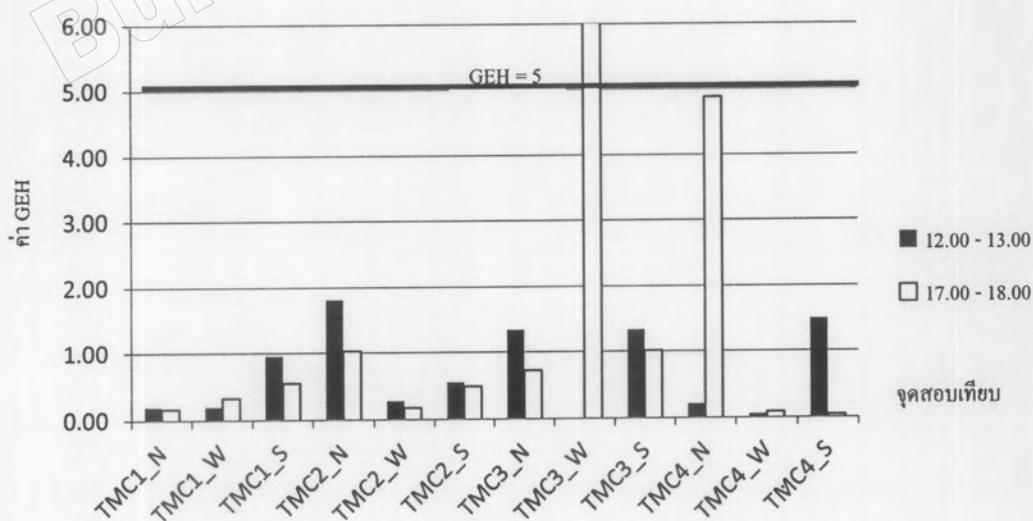
แบบจำลองจากการศึกษา คำนวณหาปริมาณจราจรในทางเลี้ยวต่างๆ จากข้อมูลภาคสนาม แล้วทำการปรับแก้ค่าพฤติกรรมของผู้ขับขี่ ลักษณะทางกายภาพของถนน เพื่อให้มีปริมาณจราจรบนโครงข่ายมีความใกล้เคียงกับปริมาณจราจรที่ได้จากการสำรวจเป็นค่าที่ยอมรับได้ เพื่อนำแบบจำลองที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลสำรวจไปใช้ในการวิเคราะห์หารูปแบบทางแยกที่มีความเหมาะสมในการบริหารจัดการจราจรบริเวณถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพัทยา

การศึกษานี้ได้ทำการเก็บข้อมูลปริมาณจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยวิธีการนับรถบนทางแยก เป็นเวลาทั้งสิ้น 15 ชั่วโมง ทั้งในวันธรรมดา (วันพุธ) และวันหยุด (วันเสาร์) เพื่อการหาปริมาณจราจรในช่วงเวลาเช้า และช่วงเวลายืน พบว่า ในวันธรรมดามีเวลาในช่วงเร่งด่วนเช้า คือ ช่วง 07:00-10:00 และเวลาเร่งด่วนช่วงเย็น คือ 16:00-19:00 น. และในวันหยุดมีเวลาในช่วงเร่งด่วนเช้า คือ ช่วง 11:00-14:00 และเวลาช่วงเร่งด่วนเย็น คือ 15:00-18:00 น. จากนั้นนำข้อมูลปริมาณจราจรมาทดสอบบนโครงข่ายแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (AIMSUN) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณจราจรจริงกับแบบจำลอง ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 4.1-4.2



ภาพที่ 4.1 ค่า GEH ที่จุดสอบเทียบ 12 จุดในช่วงเวลาเช้า และเย็น วันธรรมดา

ผลการทดสอบแบบจำลอง โดยการนำปริมาณจราจรจากการสำรวจจริงทั้งโครงข่ายถนนในพื้นที่ศึกษา นำมาเปรียบเทียบกับปริมาณจราจรในแบบจำลอง พบว่ามีผลที่ใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ โดยมีค่า GEH น้อยกว่า 5 ทั้งหมด 12 จุด จาก 12 จุด คิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดที่ ร้อยละ 85 ทั้งสองช่วงเวลา แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและข้อมูลจากแบบจำลองมีความเหมาะสมหรือสามารถยอมรับได้ในการนำแบบจำลองไปวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆต่อไป

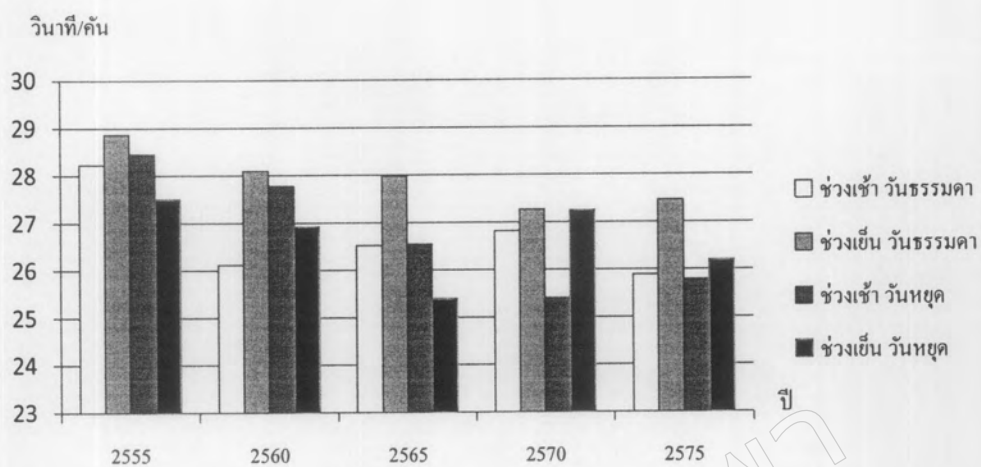


ภาพที่ 4.2 ค่า GEH ที่จุดสอบเทียบ 12 จุดในช่วงเวลาเช้า และเย็น วันหยุด

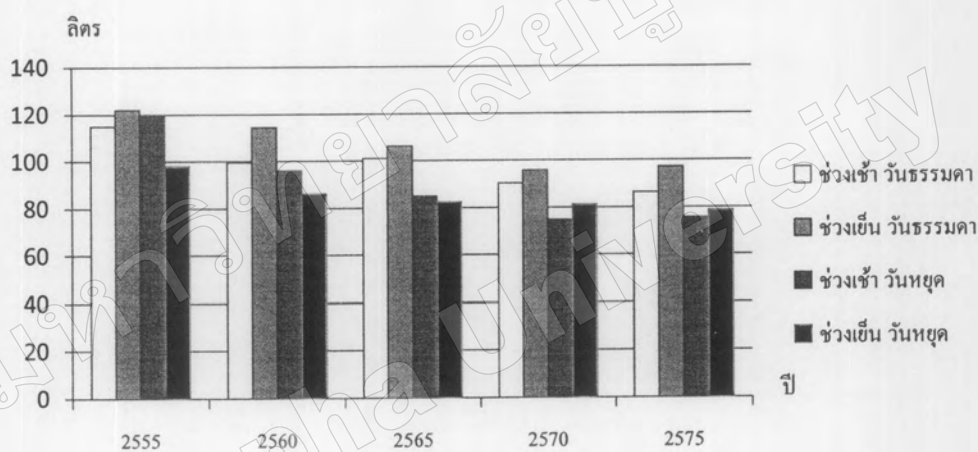
ผลการทดสอบแบบจำลอง โดยการนำปริมาณจราจรจากการสำรวจจริงทั้งโครงข่ายถนนในพื้นที่ศึกษา นำมาเปรียบเทียบกับปริมาณจราจรในแบบจำลอง พบว่ามีผลที่ใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ โดยมีค่า GEH น้อยกว่า 5 ทั้งหมด 12 จุด จาก 12 จุด คิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดที่ ร้อยละ 85 ในช่วงเวลาเช้า และมีค่า GEH น้อยกว่า 5 ทั้งหมด 11 จุด จาก 12 จุด คิดเป็นร้อยละ 91 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดที่ ร้อยละ 85 ในช่วงเวลาเย็น แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและข้อมูลจากแบบจำลองมีความเหมาะสมหรือสามารถยอมรับได้ในการนำแบบจำลองไปวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆต่อไป

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการจราจรตามการควบคุมแบบปัจจุบัน

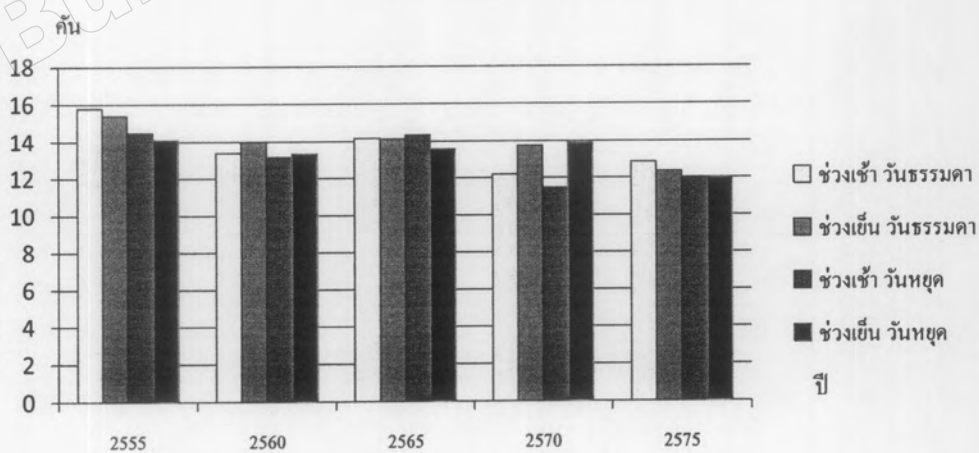
จากการศึกษาได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการจราจรของเมืองพัทยาในวันธรรมดา (วันพุธ) และวันหยุด (วันเสาร์) พบว่าปริมาณจราจรของทั้งสองวันมีความแตกต่างกัน ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วในวันหยุด จะมีปริมาณจราจรมากกว่าวันธรรมดา เนื่องจากเมืองพัทยาเป็นเมืองท่องเที่ยว ทำให้มีนักท่องเที่ยวเดินทางมาท่องเที่ยวในวันหยุดเป็นจำนวนมาก ทำให้ความสามารถในการให้บริการของทางแยกลดลงจากปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจากการใช้โปรแกรมในการจำลองพบว่า ความล่าช้า ความยาวแถวคอย และการเผผลาญเชื้อเพลิง ตามช่วงเวลาโดยใช้ข้อมูลสัญญาณไฟจราจรจริงจากเมืองพัทยา มีปริมาณมากในวันธรรมดาและวันหยุด หากมีการบริหารจัดการที่เหมาะสม จะทำให้ตัวเลขดัชนีชี้วัดดังกล่าวลดลง รวมไปถึงการลดการติดขัดของกระแสจราจร การปล่อยมลภาวะลดลง และส่งผลไปถึงสภาพจิตใจหรืออารมณ์ของผู้ใช้รถใช้ถนนในเขตเมืองพัทยาก็ด้วย โดยหลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นระยะเวลา 20 ปี มีค่าดัชนีที่เพิ่มขึ้นของแต่ละทางแยก ดังภาพที่ 4.3-4.6



(ก) ค่าความล่าช้า

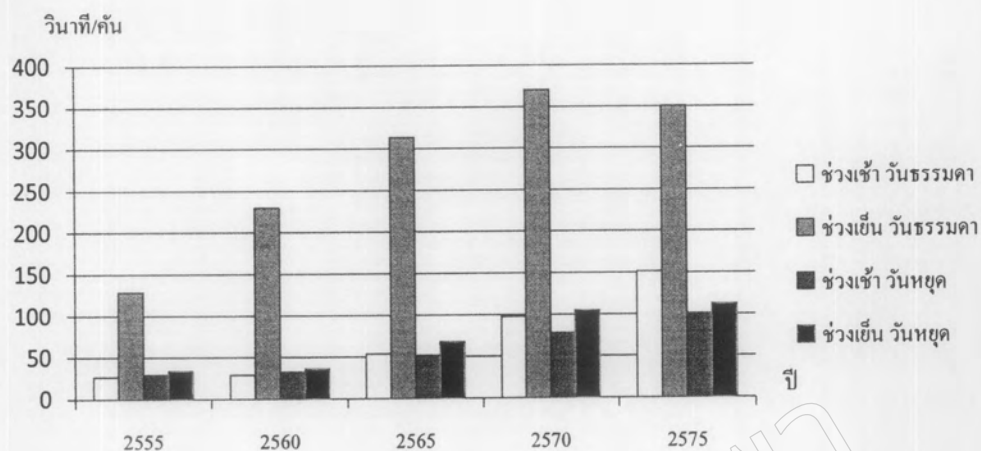


(ข) การเผาผลาญเชื้อเพลิง

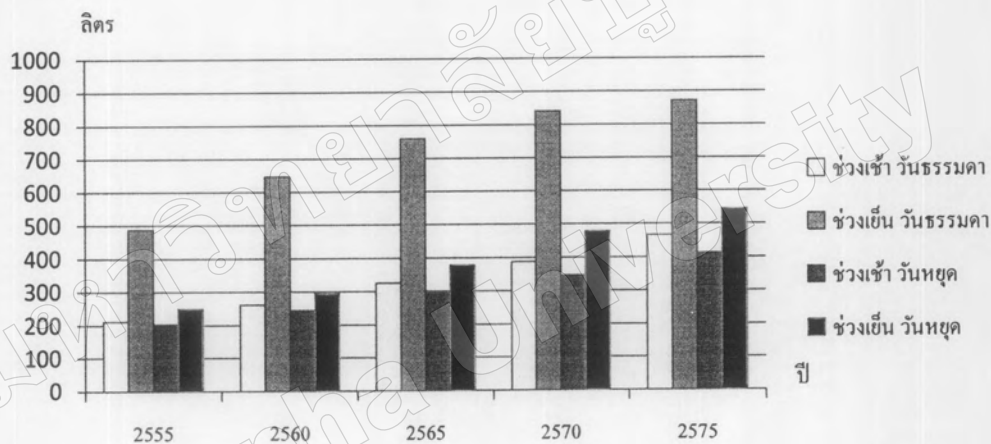


(ค) ระยะแถวคอย

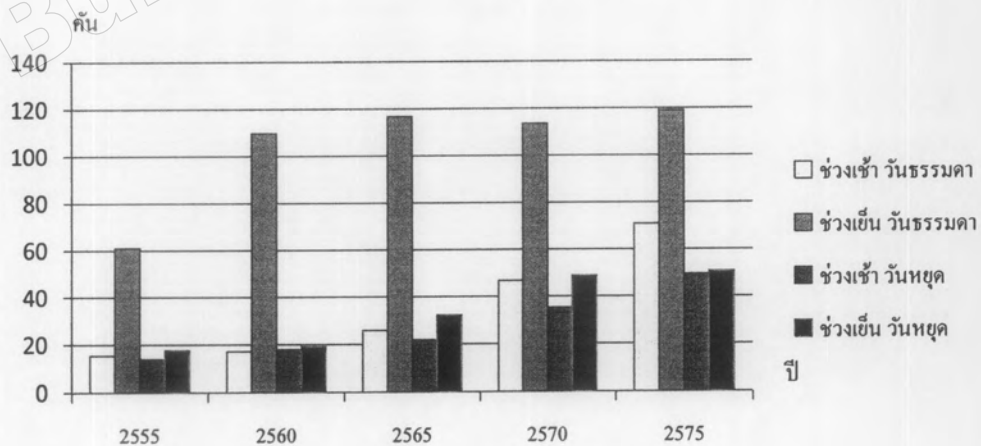
ภาพที่ 4.3 ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกพัทธยาเหนือ ในอีก 20 ปี



(ก) ค่าความล่าช้า

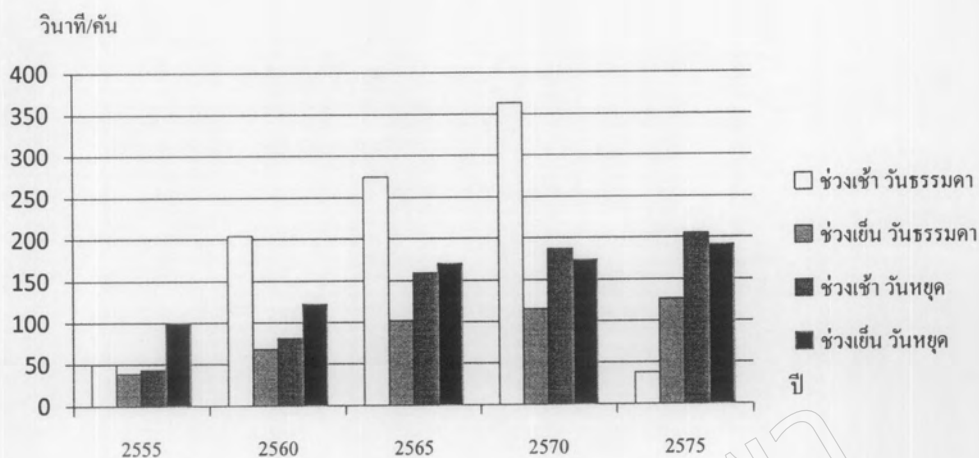


(ข) การเผาผลาญเชื้อเพลิง

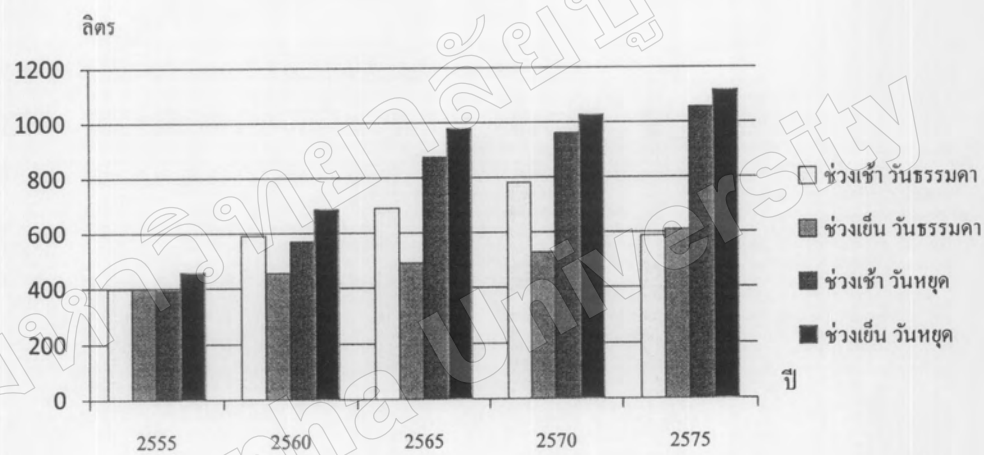


(ค) ระยะแถวคอย

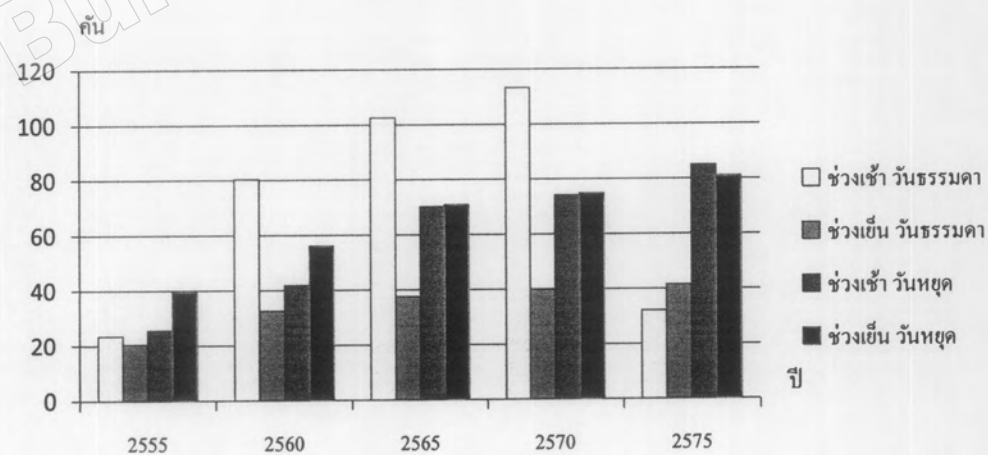
ภาพที่ 4.4 ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกพัทยากลาง ในอีก 20 ปี



(ก) ค่าความล่าช้า

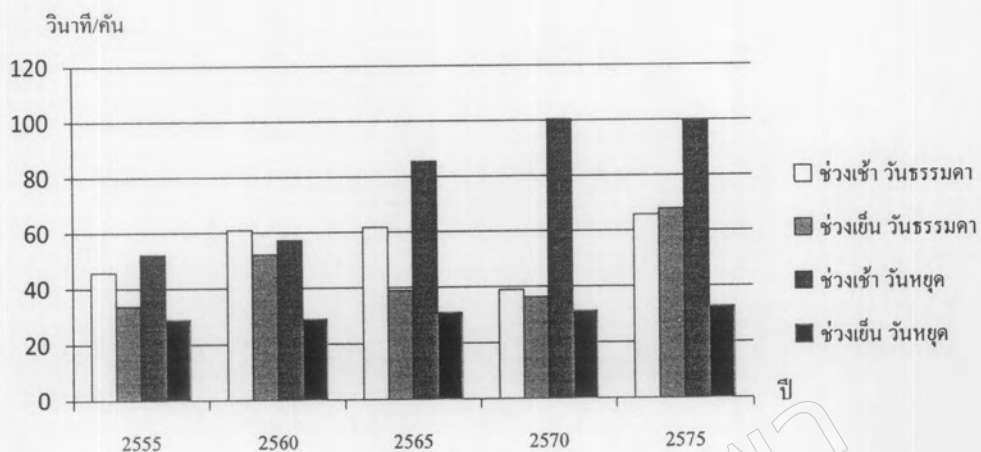


(ข) การเผาผลาญเชื้อเพลิง

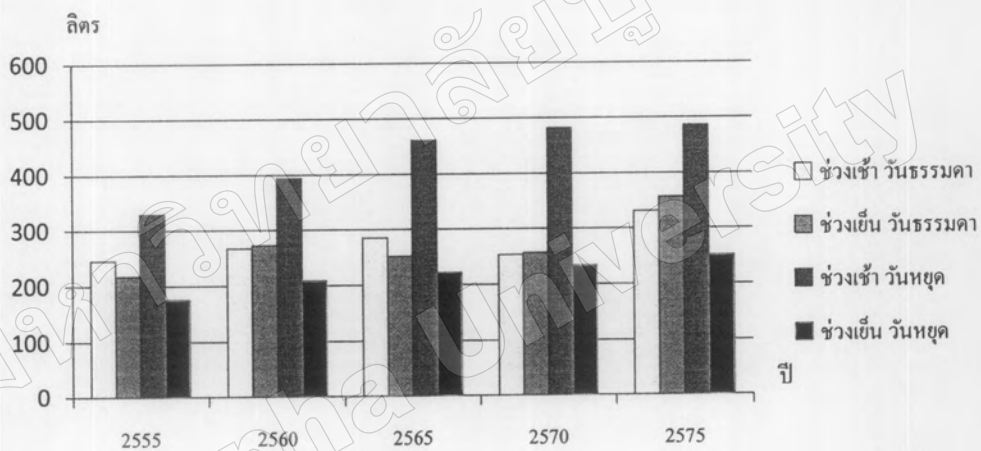


(ค) ระยะแถวคอย

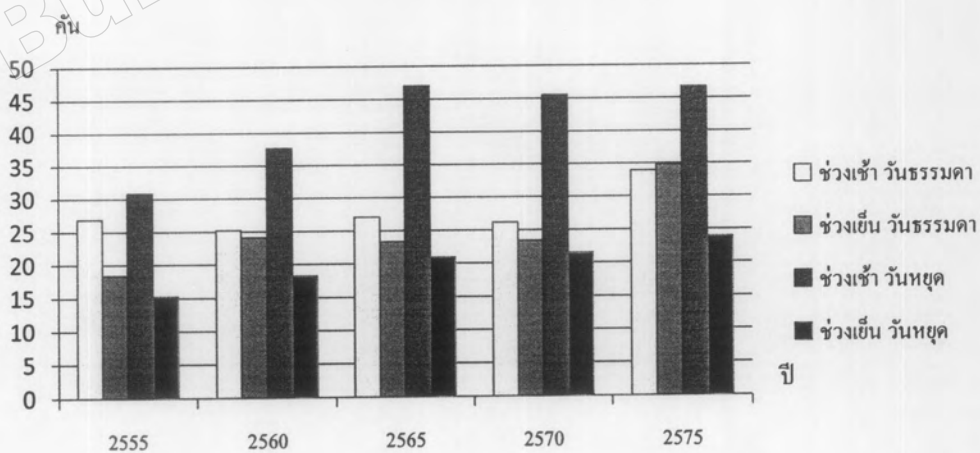
ภาพที่ 4.5 ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกพัทยาได้ในอีก 20 ปี



(ก) ค่าความล่าช้า



(ข) การเผาผลาญเชื้อเพลิง



ภาพที่ 4.6 ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกเทพประสิทธิ์ในอีก 20 ปี

4.3 การวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางการบรรเทาปัญหาการจราจรบริเวณเขตเมืองพัทยา

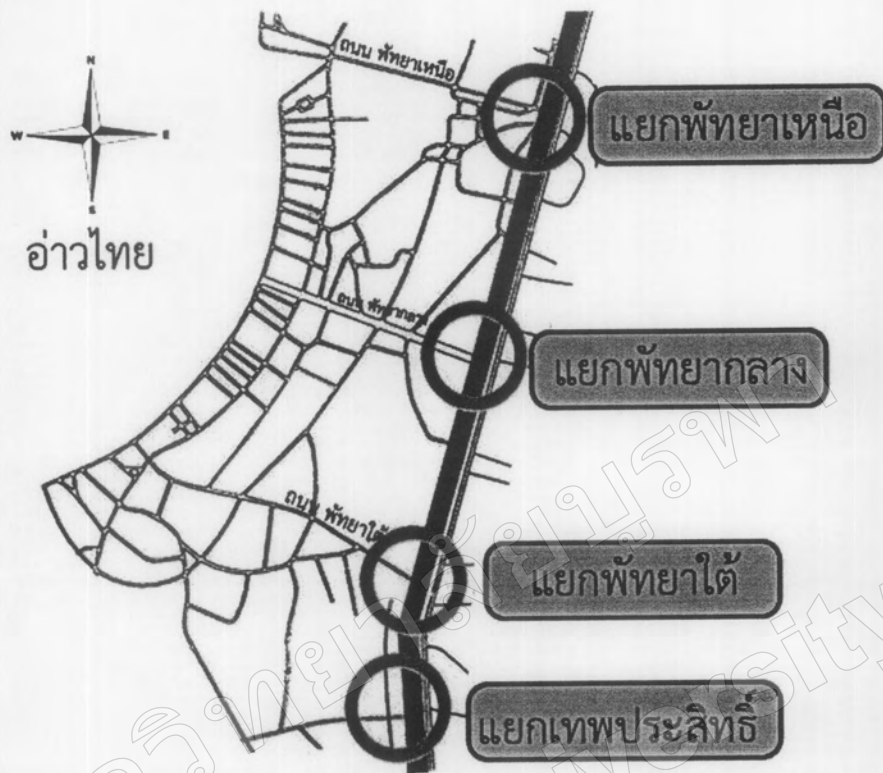
การวิเคราะห์แนวทางการบรรเทาปัญหาการจราจรบริเวณเขตเมืองพัทยา ได้จำลองสภาพการจราจรเสมือน โดยใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์ ประเมินหาวิธีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการบรรเทาปัญหาการจราจรที่เกิดขึ้น โดยการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดรูปแบบการการบรรเทาปัญหาการจราจรดังกล่าวไว้ 2 แนวทางคือแนวทางที่ 1 เป็นแผนระยะสั้น จะทำการปรับสัญญาณไฟจราจรของทางแยกบนถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพัทยา แนวทางที่ 2 เป็นแผนระยะยาว คือการก่อสร้างอุโมงค์ทางลอดทางแยกเพื่อบรรเทาปัญหาการจราจร

4.3.1 การปรับสัญญาณไฟจราจรของทางแยกบนถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพัทยา

การจำลองสภาพการจราจรของถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพัทยา โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ทำการจำลองการจราจรที่วันธรรมดา (วันพุธ) และวันหยุด (วันเสาร์) โดยใช้รอบสัญญาณไฟจากการศึกษาของ สมกพ วันดี (2555) โดยใช้ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพประกอบด้วย ความล่าช้า ความยาวแถวคอย และการเผาผลาญเชื้อเพลิงซึ่งได้จำลองทางแยกทั้งหมด 4 ทางแยก ดังแสดงในภาพที่ 4.3 กำหนดชื่อจุดสำรวจดังนี้

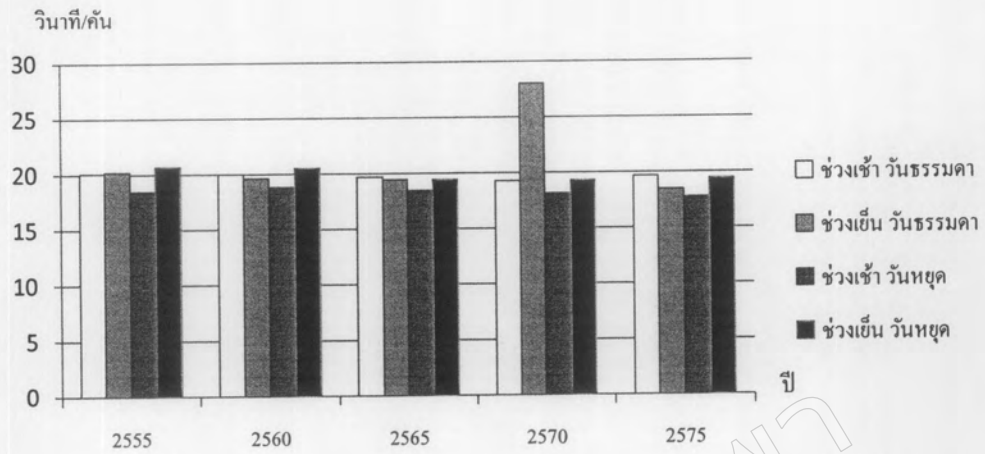
1. TMC1 คือ แยกพัทยาเหนือ (สุขุมวิท)
2. TMC2 คือ แยกพัทยากลาง (สุขุมวิท)
3. TMC3 คือ แยกพัทยาใต้ (สุขุมวิท)
4. TMC4 คือ แยกเทพประสิทธิ์ (สุขุมวิท)

ซึ่งในการจำลองสภาพการจราจรจะทำการจำลองสภาพจราจรในอนาคต เป็นเวลา 20 ปี

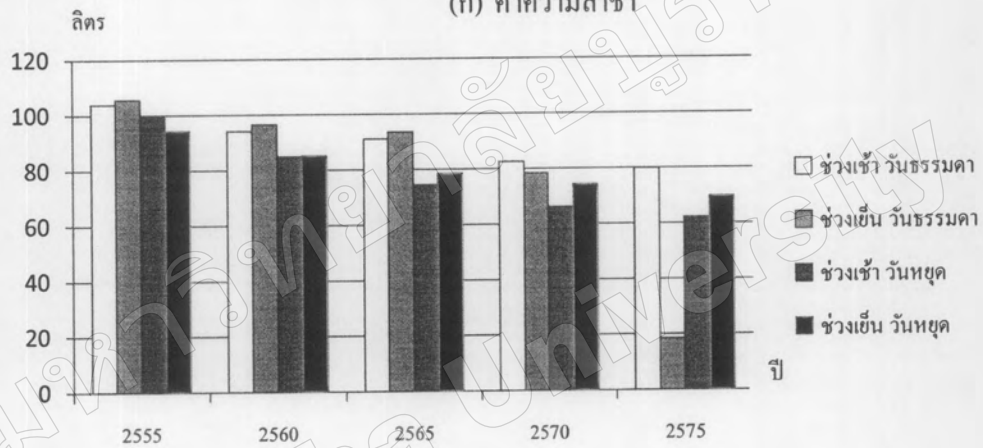


ภาพที่ 4.7 สัญลักษณ์ไฟจราจร 4 ทางแยก บนพื้นที่ศึกษา

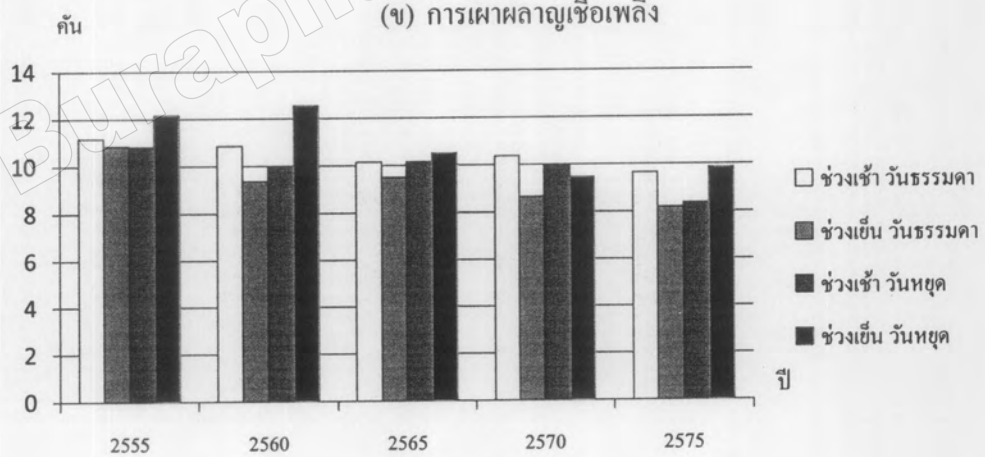
ผลการจำลองการบรรเทาปัญหาจราจรติดขัดด้วยวิธีการปรับสัญญาณไฟจราจร โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (AIMSUN) ได้ค่าดัชนีประสิทธิภาพทางแยกเป็นระยะเวลา 20 ปี ดังภาพที่ 4.8-4.11



(ก) ค่าความล่าช้า

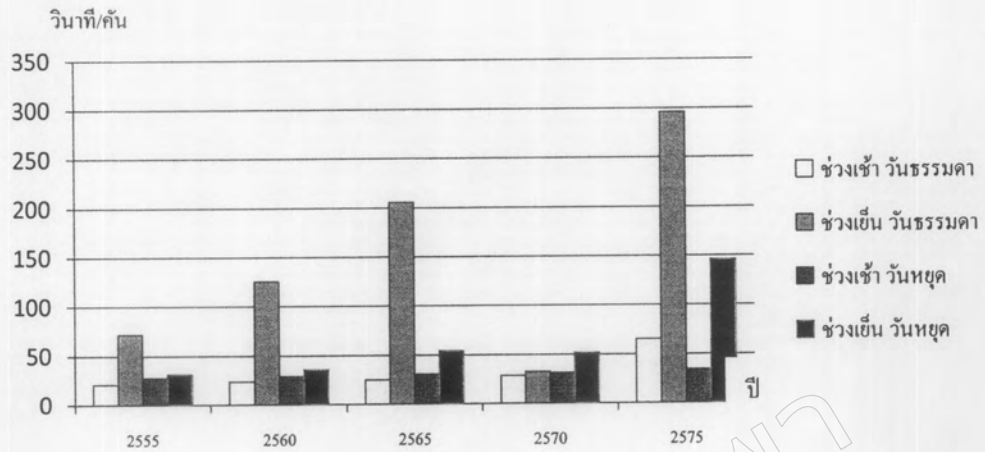


(ข) การเผาผลาญเชื้อเพลิง

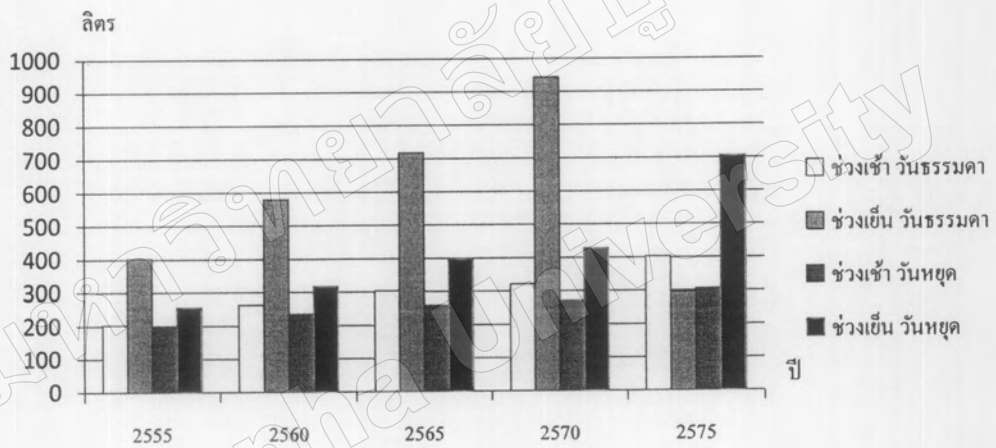


(ค) ระยะแถวคอย

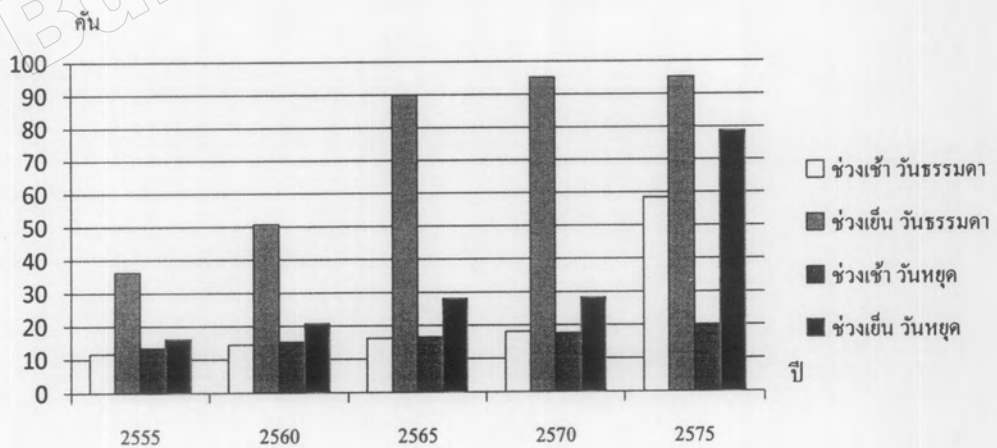
ภาพที่ 4.8 ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกพหุทางเหนือในอีก 20 ปี หลังปรับสัญญาณไฟจราจร



(ก) ค่าความล่าช้า

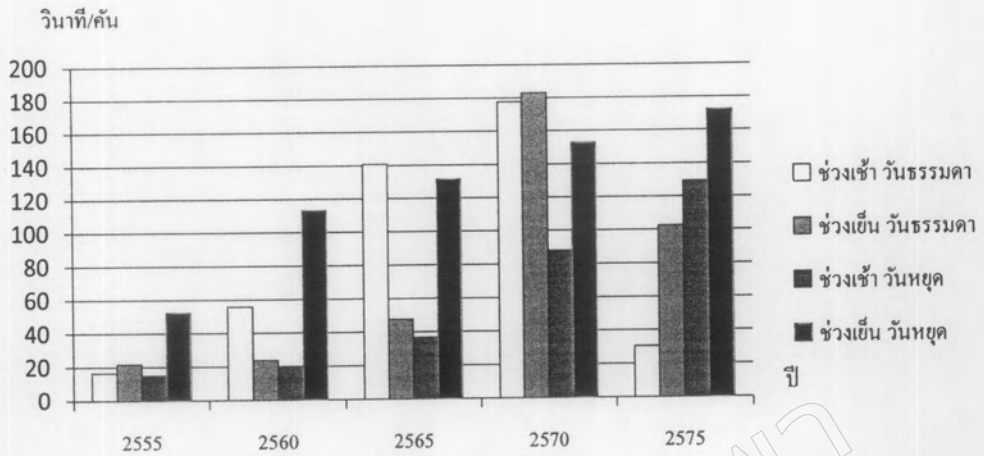


(ข) การเผาผลาญเชื้อเพลิง

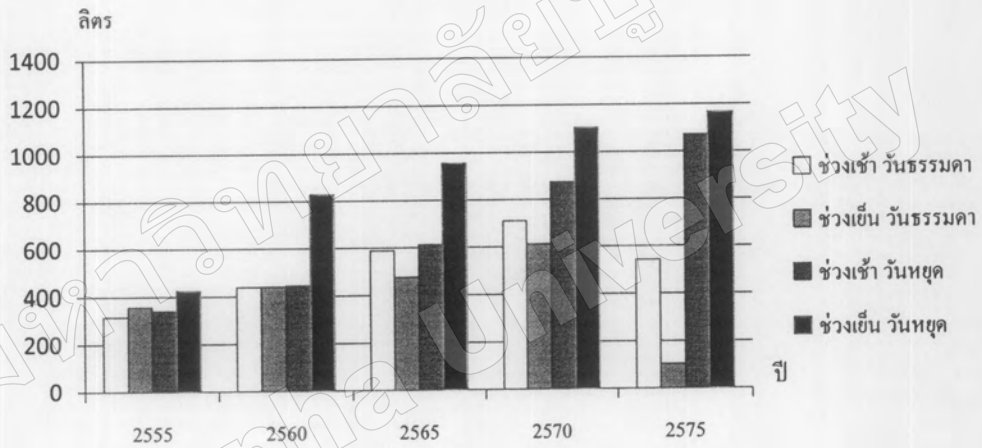


(ค) ระยะแถวคอย

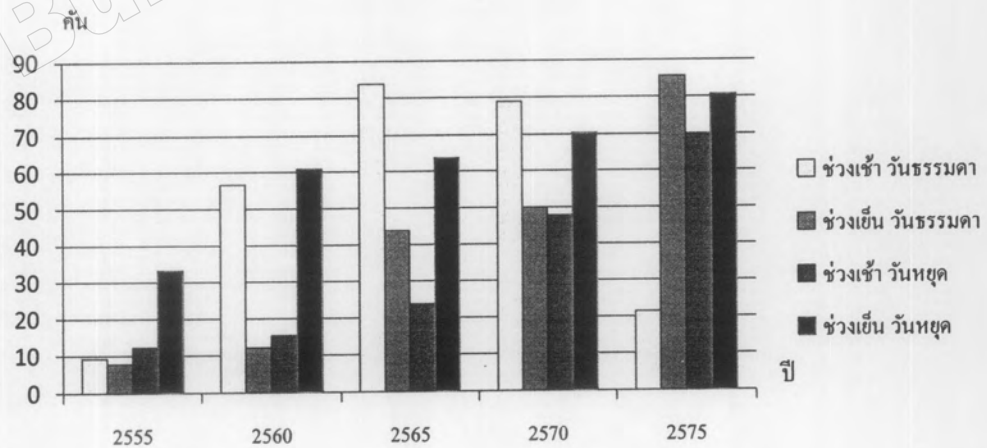
ภาพที่ 4.9 ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกพัทธากลางในอีก 20 ปี หลังปรับสัญญาณไฟจราจร



(ก) ค่าความล่าช้า

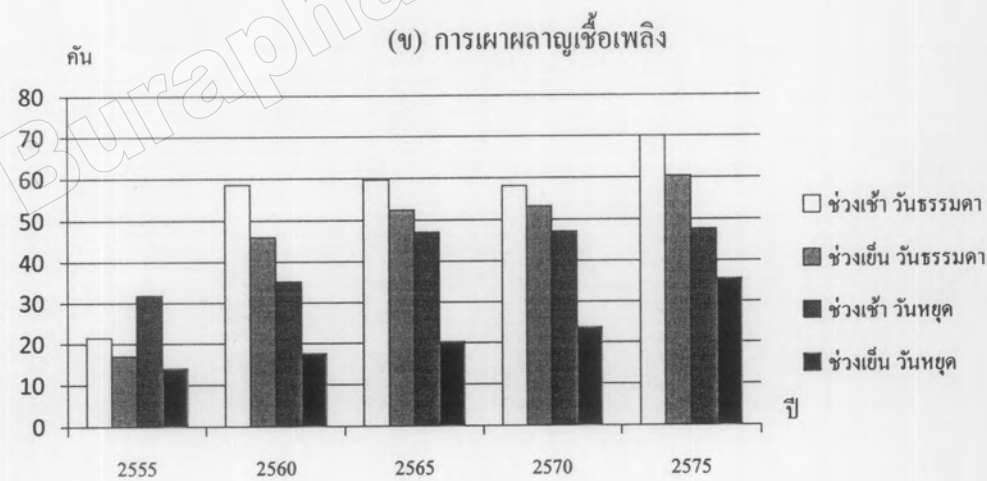
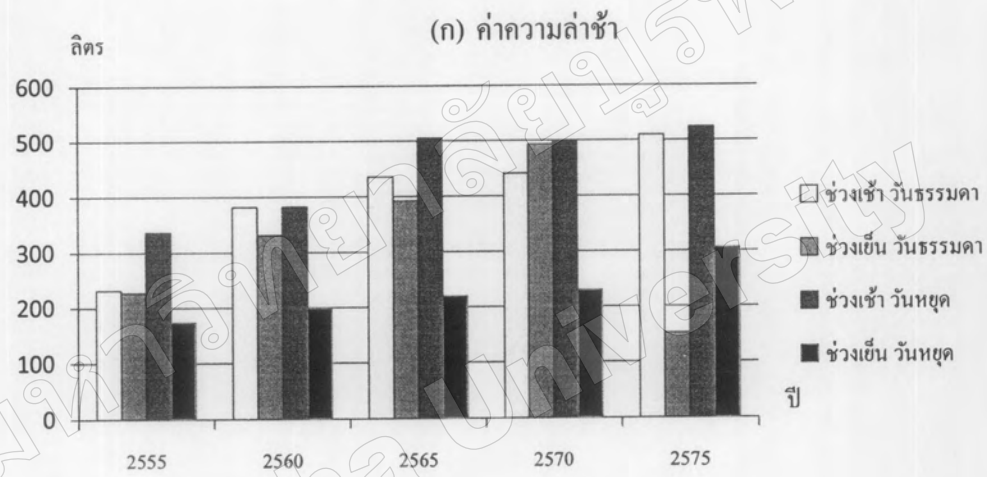
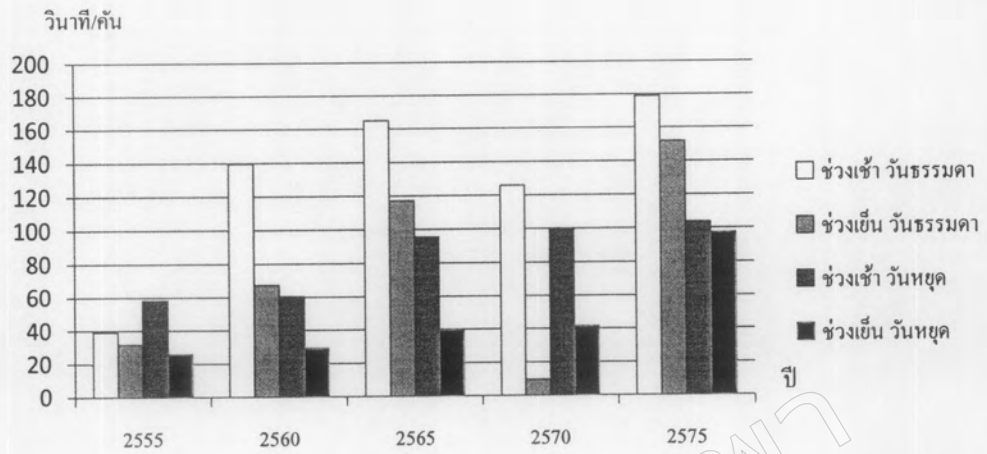


(ข) การเผาผลาญเชื้อเพลิง



(ค) ระยะแถวคอย

ภาพที่ 4.10 ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกพญาไทในอีก 20 ปี หลังปรับสัญญาณไฟจราจร



ระยะเวลาแถวคอย

ภาพที่ 4.11 ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกเทพประสิทธิ์ในอีก 20 ปี
หลังปรับสัญญาณไฟจราจร

4.3.2 การใช้ข้อมูลทางลดที่ทางแยกบนถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพัทยา

ในการวิเคราะห์การใช้ทางลดเพื่อบรรเทาปัญหาจราจรติดขัดบนถนนสุขุมวิท ช่วงเขตเมืองพัทยาจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (AIMSUN) ในการวิเคราะห์และในการประเมินประสิทธิภาพทางแยกจะใช้ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพประกอบด้วยความล่าช้า ความยาวแถวคอย และการเผาผลาญเชื้อเพลิงซึ่งได้จำลองทางแยกทั้งหมด 4 ทางแยก ดังแสดงในภาพที่ 4.3 กำหนดชื่อจุดสำรวจดังนี้

1. TMC1 คือ แยกพัทยาเหนือ (สุขุมวิท)
2. TMC2 คือ แยกพัทยากลาง (สุขุมวิท)
3. TMC3 คือ แยกพัทยาใต้ (สุขุมวิท)
4. TMC4 คือ แยกเทพประสิทธิ์ (สุขุมวิท)

ซึ่งในการจำลองสภาพการจราจรจะทำการจำลองสภาพจราจรในอนาคต เป็นเวลา 20 ปี และในการพิจารณาการก่อสร้างอุโมงค์ทางลดที่ทางแยกนั้น จะประเมินจากดัชนีค่าความล่าช้าที่เกิดขึ้น ณ ทางแยก ถ้าทางแยกมีดัชนีความล่าช้าเฉลี่ยของทางแยกมากกว่า 55 วินาที/คัน แสดงว่าทางแยกนั้นมีระดับการให้บริการ E ควรที่จะได้รับการก่อสร้างทางลดเพื่อบรรเทาปัญหาจราจรติดขัดที่เกิดขึ้น ซึ่งผลการทดลองดัชนีความล่าช้าของทางแยกด้วยปริมาณจราจรปัจจุบัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความล่าช้าเฉลี่ยในแต่ละทางแยกก่อนก่อสร้างอุโมงค์ทางลด

ทางแยก	วันธรรมดา		วันหยุด		เฉลี่ย (วินาที/ คัน)
	ช่วงเช้า	ช่วงเย็น	ช่วงเช้า	ช่วงเย็น	
ทางแยกพัทยาเหนือ	28.23	28.86	28.45	27.51	28.26
ทางแยกพัทยากลาง	26.71	128.69	29.53	34.11	54.76
ทางแยกพัทยาใต้	50.20	38.87	42.67	100.08	57.95
ทางแยกเทพประสิทธิ์	45.83	33.65	52.26	28.83	40.14

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองปรากฏว่า ใน 4 ช่วงเวลาที่ทำการจำลองสถานการณ์มี 1 ทางแยกที่มีค่าความล่าช้าเฉลี่ยของทั้งทางแยกเกินกว่า 55 วินาที (มีระดับการให้บริการที่ E) คือทางแยกพัทยาใต้ ดังนั้นในปัจจุบัน ควรมีการก่อสร้างทางลดในทางแยก คือทางแยกพัทยาใต้

หลังจากสร้างอุโมงค์ทางลอดที่ทางแยกพญาใต้ในแบบจำลองแล้ว ได้ทำการวิเคราะห์ดัชนีความล่าช้าของทางแยกอีกครั้งเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของทางแยก ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความล่าช้าเฉลี่ยในแต่ละทางแยกหลังก่อสร้างอุโมงค์ที่ทางแยกพญาใต้

ทางแยก	วันธรรมดา		วันหยุด		เฉลี่ย (วินาที/ คัน)
	ช่วงเช้า	ช่วงเย็น	ช่วงเช้า	ช่วงเย็น	
ทางแยกพญาเหนือ	28.01	28.44	27.9	28.39	28.19
ทางแยกพญากลาง	28.31	126.78	31.30	36.5	55.72
ทางแยกพญาใต้	4.98	6.48	4.78	14.70	7.74
ทางแยกเทพประสิทธิ์	66.20	33.98	52.72	27.88	45.19

จากการข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองปรากฏว่า ใน 4 ช่วงเวลาที่ทำการจำลองมี 1 ทางแยกที่มีค่าความล่าช้าเฉลี่ยของทั้งทางแยกเกินกว่า 55 วินาที (มีระดับการให้บริการที่ E) คือทางแยกพญากลาง ดังนั้นในปีปัจจุบัน ควรมีการก่อสร้างทางลอดเพิ่มอีก 1 ทางแยกคือทางแยกพญากลาง

หลังจากได้ปรับเปลี่ยนรูปแบบทางแยกบนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพญาใต้ทำการวิเคราะห์การจราจรอีกครั้ง และได้ค่าความล่าช้า ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความล่าช้าเฉลี่ยในแต่ละทางแยกหลังมีการก่อสร้างอุโมงค์ที่ทางแยกพญากลาง และทางแยกพญาใต้

ทางแยก	วันธรรมดา		วันหยุด		เฉลี่ย (วินาที/ คัน)
	ช่วงเช้า	ช่วงเย็น	ช่วงเช้า	ช่วงเย็น	
ทางแยกพญาเหนือ	20.06	27.85	27.67	26.82	25.6
ทางแยกพญากลาง	3.08	8.37	3.28	6.01	5.18
ทางแยกพญาใต้	4.47	6.79	11.56	44.65	16.86
ทางแยกเทพประสิทธิ์	64.93	41.12	52.41	33.28	47.93

จากการวิเคราะห์พบว่าในปริมาณจราจรในปัจจุบัน การก่อสร้างทางลอดที่ทางแยก พัทธากลาง และพญาไท ทุกแยกในโครงข่ายที่ทำการวิเคราะห์มีศักยภาพพอที่จะรองรับปริมาณ การจราจร ณ ปัจจุบันได้ ดังนั้นจึงมีการวิเคราะห์ปริมาณจราจรในอนาคตเพื่อพิจารณา ประสิทธิภาพทางแยกในอีก 5 ปีข้างหน้า หลังจากการวิเคราะห์ที่ได้ดัชนีความล่าช้าดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความล่าช้าเฉลี่ยในแต่ละทางแยกหลังมีการก่อสร้างอุโมงค์ที่ทางแยกพัทธากลาง และ ทางแยกพญาไท อีก 5 ปีข้างหน้า (2560)

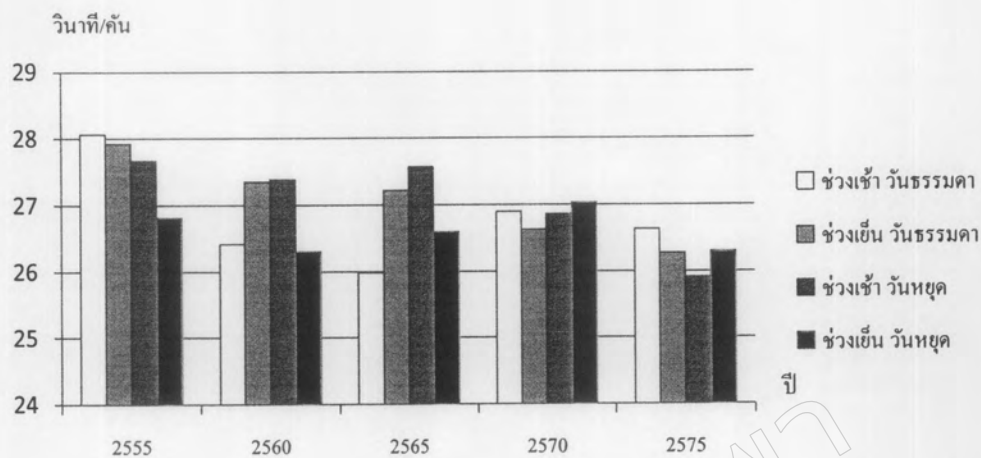
ทางแยก	วันธรรมดา		วันหยุด		เฉลี่ย (วินาที/คัน)
	ช่วงเช้า	ช่วงเย็น	ช่วงเช้า	ช่วงเย็น	
ทางแยกพญาเหนือ	27.16	27.85	26.24	26.62	26.96
ทางแยกพัทธากลาง	3.45	9.95	2.44	4.32	5.04
ทางแยกพญาไท	47.70	87.88	5.31	36.62	44.38
ทางแยกเทพประสิทธิ์	157.25	148.13	57.4	29.98	98.19

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าทางแยกเทพประสิทธิ์มีค่าความล่าช้าเกินกว่า 55 วินาที/คัน ทำให้เกิดกระแสจราจรที่ติดขัด และยังมีความยาวแถวคอยยาวไปถึงทางแยกพญาไทในบาง ช่วงเวลา ทำให้ทางแยกพญาไทมีค่าความล่าช้าที่สูงขึ้น ดังนั้นในอีก 5 ปีข้างหน้า (2560) ควรมีการก่อสร้างอุโมงค์ทางลอดที่ทางแยกเทพประสิทธิ์เพื่อบรรเทาปัญหาจราจรที่เกิดขึ้น จากแบบจำลองในการจำลองสภาพการจราจรในอีก 5 ปีข้างหน้า (2560) ได้ค่าความล่าช้าแต่ละ ทางแยกดังตารางที่ 4.5

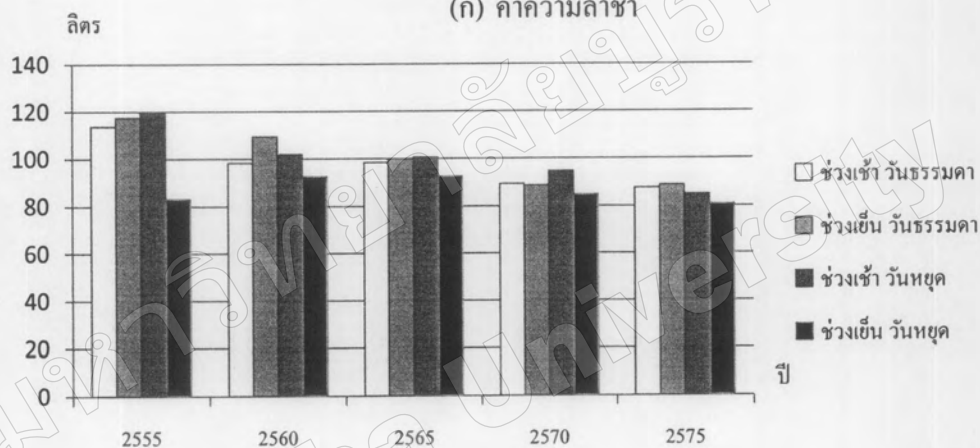
ตารางที่ 4.5 ความล่าช้าเฉลี่ยในแต่ละทางแยกหลังมีการก่อสร้างอุโมงค์ที่ทางแยกพิทยากลาง
ทางแยกพิทยาใต้ และทางแยกเทพประสิทธิ์ อีก 5 ปีข้างหน้า (2560)

ทางแยก	วันธรรมดา		วันหยุด		เฉลี่ย (วินาที/คัน)
	ช่วงเช้า	ช่วงเย็น	ช่วงเช้า	ช่วงเย็น	
ทางแยกพิทยาเหนือ	26.42	27.35	27.39	26.31	26.87
ทางแยกพิทยากลาง	3.05	10.05	3.07	4.14	5.08
ทางแยกพิทยาใต้	8.19	12.93	11.40	41.24	18.44
ทางแยกเทพประสิทธิ์	6.24	6.48	6.63	5.03	6.10

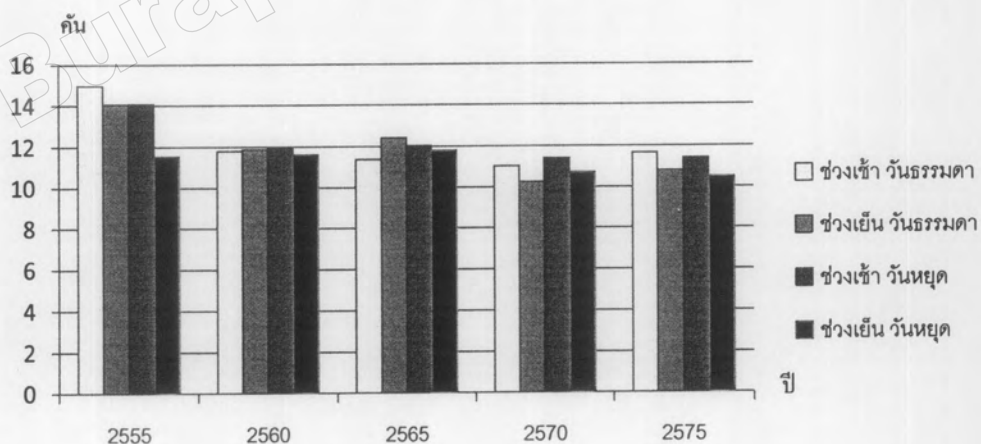
จากการวิเคราะห์พบว่าหลังจากที่มีการเพิ่มอุโมงค์ทางลอดที่ทางแยกเทพประสิทธิ์พบว่า
ทุกอย่างแยกมีดัชนีความล่าช้าที่อยู่ในเกณฑ์ ส่วนทางแยกพิทยาเหนือจากการศึกษาพบว่าทางแยก
พิทยาเหนือ หลังจากมีการเปิดใช้ทางเชื่อมต่อดถนนสุขุมวิทกับทางด่วนมอเตอร์เวย์ จะมีปริมาณ
จราจรลดลง ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องก่อสร้างอุโมงค์ทางลอดที่ทางแยกพิทยาเหนือ
เมื่อได้รูปแบบอุโมงค์ที่เหมาะสมแล้วจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อคำนวณดัชนีชี้วัด
ประสิทธิภาพทางแยกหลังจากการใช้อุโมงค์ทางลอดในการบรรเทาปัญหาจราจรติดขัดบนถนน
สุขุมวิท ช่วงเขตเมืองพิทยา ดังแสดงในภาพที่ 4.11-4.15



(ก) ค่าความล่าช้า

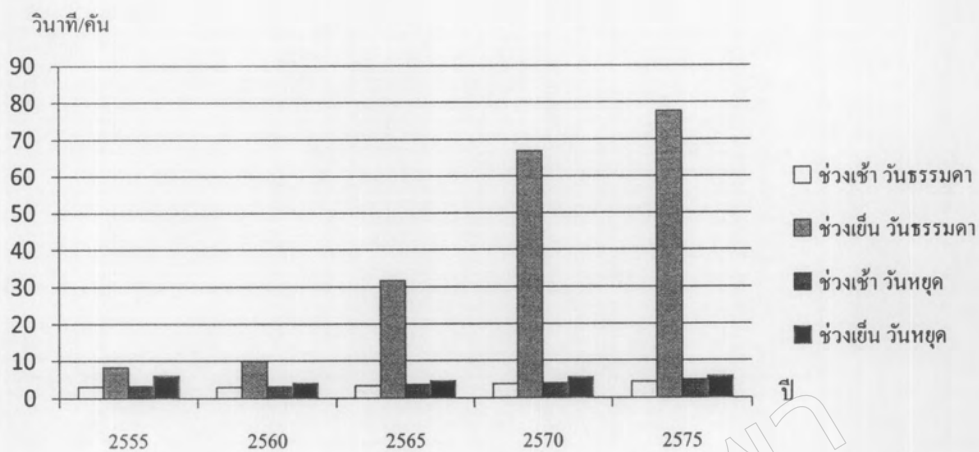


(ข) การเผาผลาญเชื้อเพลิง

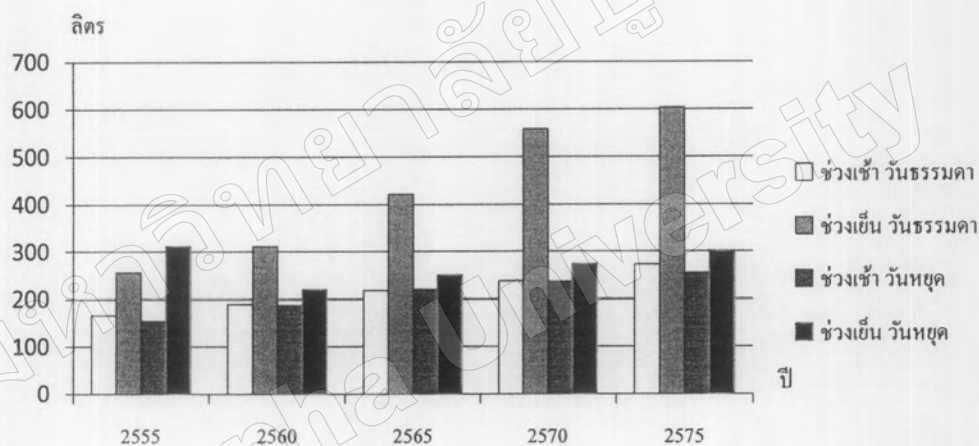


(ค) ระยะแถวคอย

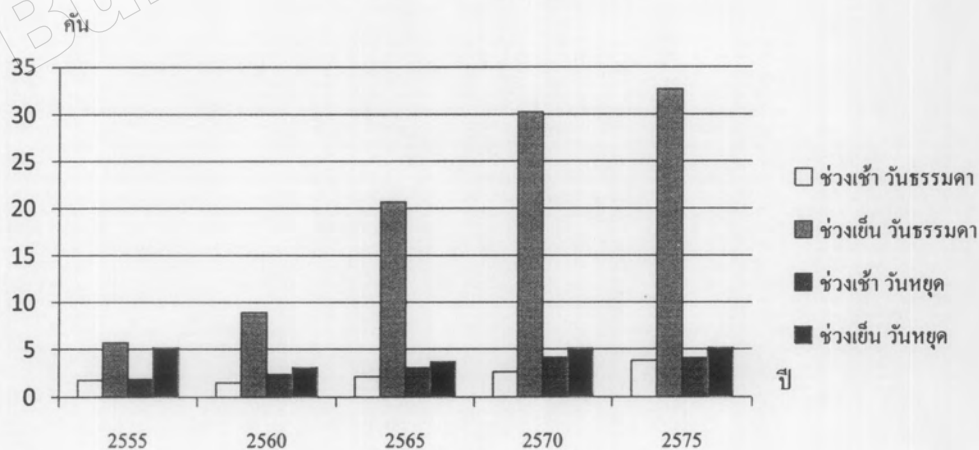
ภาพที่ 4.12 ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกพัทธยาเหนือ ในอีก 20 ปี หลังก่อสร้างอุโมงค์



(ก) ค่าความล่าช้า

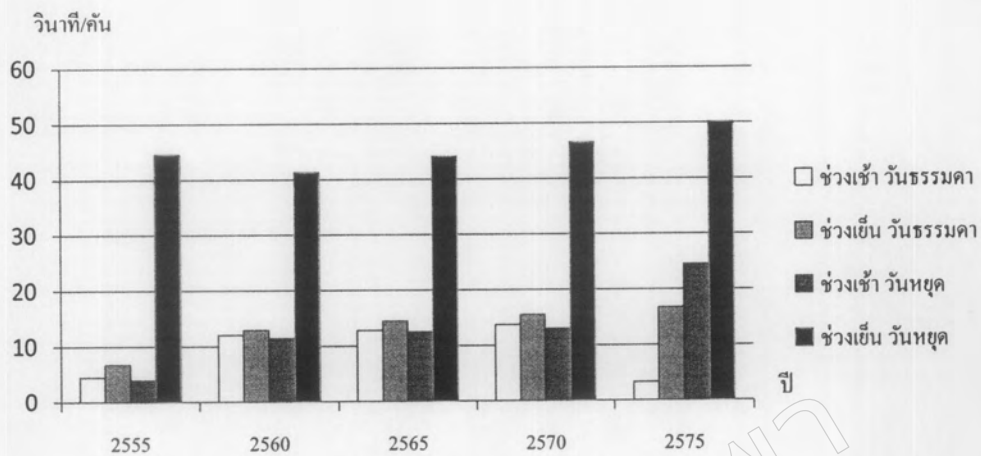


(ข) การเผาผลาญเชื้อเพลิง

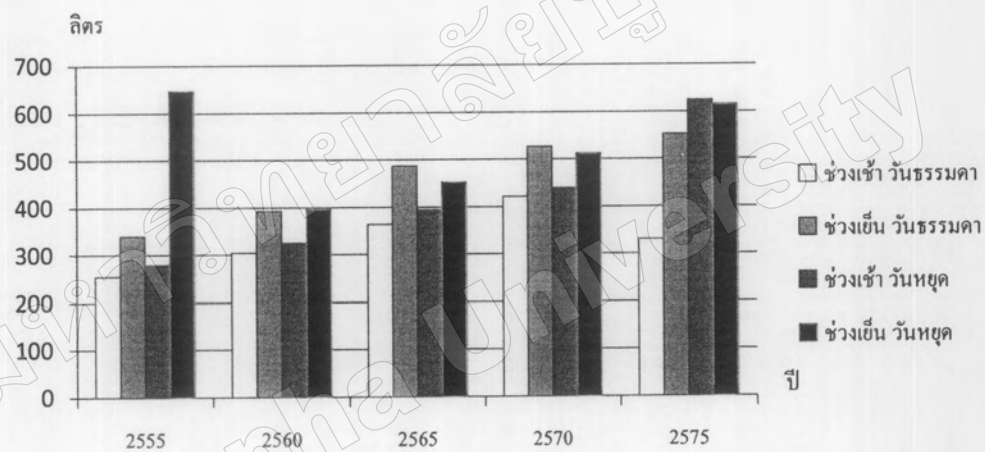


(ค) ระยะแถวคอย

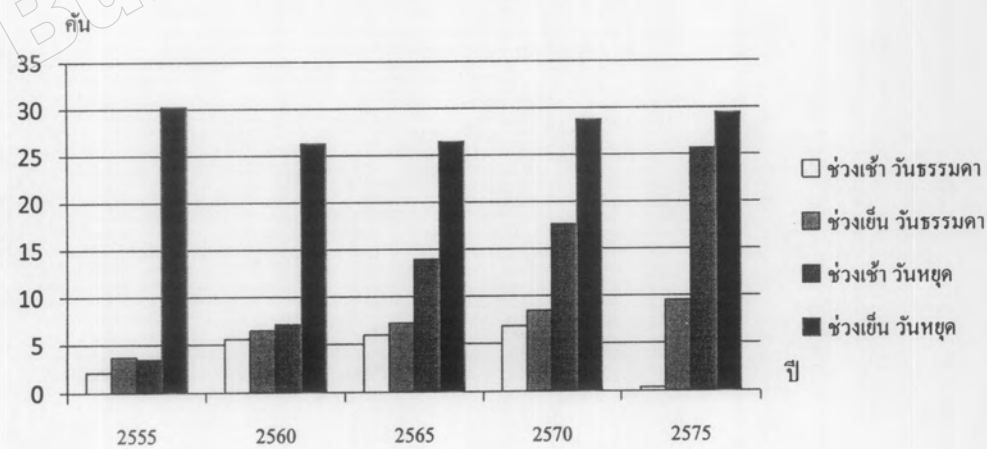
ภาพที่ 4.13 ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกพัทยากลาง ในอีก 20 ปี หลังใช้โมเดลทางลด



(ก) ค่าความล่าช้า

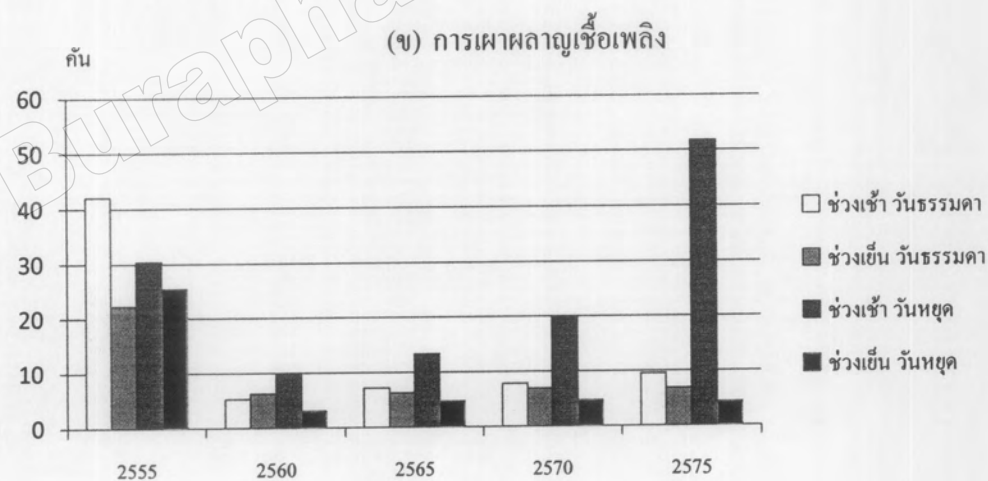
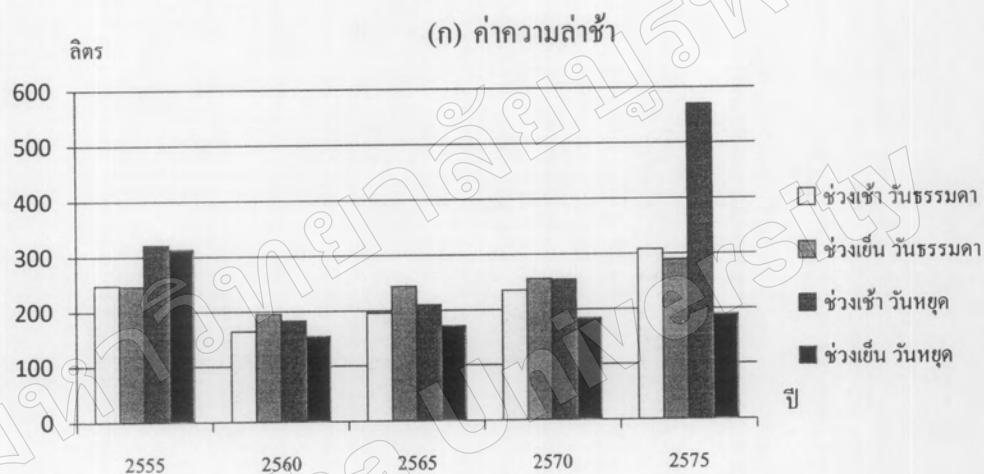
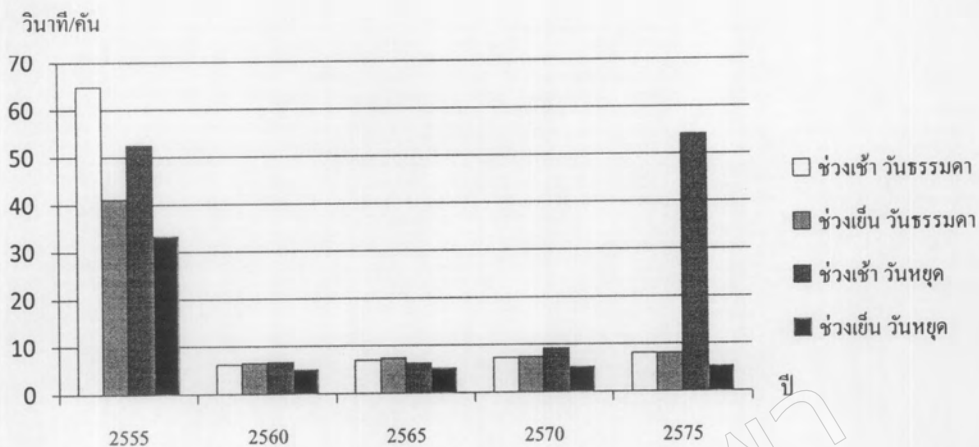


(ข) การเผาผลาญเชื้อเพลิง



(ค) ระยะแถวคอย

ภาพที่ 4.14 ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกพัทยาใต้ในอีก 20 ปี หลังใช้อุโมงค์ทางลอด



(ค) ระยะแถวคอย

ภาพที่ 4.15 ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกเทพประสิทธิ์ในอีก 20 ปี
หลังใช้โมเดลทางลด

4.4 เปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยกรูปแบบการบรรเทาปัญหาต่างๆ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งในรูปแบบที่ไม่มีการแก้ไข การปรับสัญญาณไฟจราจร และการใช้อุโมงค์ทางลอด ได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างรูปแบบการจัดการจราจรในปัจจุบัน กับรูปแบบการบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัดรูปแบบต่างๆ โดยการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของดัชนีประเมินประสิทธิภาพทางแยก ดังแสดงในตารางที่ 4.6-4.9

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยก ระหว่างไม่มีการปรับสัญญาณไฟกับมีการปรับสัญญาณไฟ (คิดเป็นร้อยละ)

ปี	ตัวชี้วัด	วันพุธ		วันเสาร์	
		เช้า	เย็น	เช้า	เย็น
2555	ความล่าช้า	36.08	36.77	22.49	31.68
	การเผาผลาญเชื้อเพลิง	11.58	10.85	6.41	3.37
	ความยาวแถวคอย	34.60	37.75	19.55	13.08
2560	ความล่าช้า	25.37	37.59	35.57	7.34
	การเผาผลาญเชื้อเพลิง	3.56	2.87	12.02	-11.97
	ความยาวแถวคอย	-3.19	34.59	31.71	-4.49
2565	ความล่าช้า	15.82	19.16	43.87	17.03
	การเผาผลาญเชื้อเพลิง	-1.09	-4.30	15.18	0.57
	ความยาวแถวคอย	-0.10	-1.86	36.59	11.04
2570	ความล่าช้า	33.30	53.87	39.42	21.37
	การเผาผลาญเชื้อเพลิง	-2.86	-5.56	8.40	-0.87
	ความยาวแถวคอย	16.70	-8.60	26.53	17.35
2575	ความล่าช้า	24.98	0.63	33.87	-20.14
	การเผาผลาญเชื้อเพลิง	-0.44	-9.82	3.32	-12.77
	ความยาวแถวคอย	-6.09	-19.93	24.51	-22.15

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพทางแยก ระหว่างรูปแบบการจัดการจราจรแบบ
ปัจจุบัน กับการใช้สัญญาณจราจร (คิดเป็นร้อยละ)

ปี	ตัวชี้วัด	วันพุธ		วันเสาร์	
		เช้า	เย็น	เช้า	เย็น
2555	ความล่าช้า	33.50	63.43	43.02	41.86
	การเผาผลาญเชื้อเพลิง	19.36	21.82	16.30	-38.13
	ความยาวแถวคอย	25.47	60.26	41.19	16.51
2560	ความล่าช้า	85.09	84.98	75.50	64.22
	การเผาผลาญเชื้อเพลิง	37.99	32.32	38.86	32.39
	ความยาวแถวคอย	82.24	81.41	71.88	58.72
2565	ความล่าช้า	88.23	83.26	84.51	72.66
	การเผาผลาญเชื้อเพลิง	37.62	22.26	46.10	41.83
	ความยาวแถวคอย	84.31	75.73	72.43	66.04
2570	ความล่าช้า	90.16	78.79	86.46	71.39
	การเผาผลาญเชื้อเพลิง	34.96	17.05	45.07	36.53
	ความยาวแถวคอย	85.77	70.70	68.10	64.19
2575	ความล่าช้า	91.14	77.50	74.63	75.89
	การเผาผลาญเชื้อเพลิง	27.74	20.76	24.46	40.43
	ความยาวแถวคอย	85.23	71.21	51.87	70.52

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบระยะเวลาการเดินทางระหว่างทางแยก ระหว่างรูปแบบการจัดการจราจร
 จรแบบปัจจุบัน กับการปรับรอบสัญญาณไฟจราจร (คิดเป็นร้อยละ)

เส้นทาง	2555	2560	2565	2570	2575
แยกพิทยากลาง เข้าถนนพญาเหนือ	9.48	9.08	8.17	8.39	9.34
แยกพญาเหนือ เข้าถนนพิทยากลาง	4.23	3.14	-2.79	-0.42	-12.91
แยกพญาใต้ เข้าถนนพิทยากลาง	-4.73	-4.00	-3.98	-3.15	-5.02
แยกพิทยากลาง เข้าถนนพญาใต้	4.88	5.84	5.10	0.06	1.29
แยกเทพประสิทธิ์ เข้าถนนพญาใต้	-4.43	-3.99	-4.79	-4.91	-6.42
แยกพญาใต้ เข้าถนนเทพประสิทธิ์	0.65	-10.01	-18.68	-13.97	-19.08

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบระยะเวลาการเดินทางระหว่างทางแยก ระหว่างรูปแบบการจัดการจราจร
 จรแบบปัจจุบัน กับการใช้อุโมงค์ทางลอด (คิดเป็นร้อยละ)

เส้นทาง	2555	2560	2565	2570	2575
แยกพิทยากลาง เข้าถนนพญาเหนือ	1.60	0.63	2.42	0.87	-1.86
แยกพญาเหนือ เข้าถนนพิทยากลาง	11.03	11.83	12.23	16.00	23.62
แยกพญาใต้ เข้าถนนพิทยากลาง	7.66	9.25	9.99	10.10	10.90
แยกพิทยากลาง เข้าถนนพญาใต้	15.98	35.70	40.06	43.97	43.43
แยกเทพประสิทธิ์ เข้าถนนพญาใต้	11.30	12.02	11.61	12.01	10.36
แยกพญาใต้ เข้าถนนเทพประสิทธิ์	-2.80	13.09	12.89	6.81	6.60

หลังจากทำการวิเคราะห์วิธีบรรเทาปัญหาจราจรติดขัดบนถนนสุขุมวิท ในเขตเมือง
 พญาด้วยแนวทางต่างๆที่ได้ทำการศึกษาพบว่า ทั้งสองแนวทางมีความเหมาะสมที่แตกต่างกัน
 แนวทางที่ 1 การบรรเทาปัญหาด้วยการปรับสัญญาณไฟจราจร เหมาะสำหรับการบรรเทาปัญหา
 ระยะสั้นเห็นได้จากในช่วงอีก 10-20 ปี ดัชนีประเมินประสิทธิภาพทางแยกที่ได้จากการคำนวณ
 การใช้สัญญาณไฟจราจรจะมีค่าที่ต่ำกว่ารอบสัญญาณไฟที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน แต่สำหรับแนวทางที่ 2
 การบรรเทาปัญหาด้วยการใช้อุโมงค์ทางลอด จะเหมาะกับการแก้ปัญหาในระยะยาว จะเห็นได้ว่า
 หลังจากมีการใช้อุโมงค์ทางลอดพบว่าดัชนีประเมินประสิทธิภาพทางแยกมีค่าที่ดีกว่า

การจัดการจราจรที่ให้อยู่ในปัจจุบัน และอีก 20 ปี อุโมงค์ก็ยังสามารถใช้งานได้และมี
ประสิทธิภาพ

และการใช้อุโมงค์ทางลอดนั้นจะส่งผลให้ระยะเวลาในการเดินทางระหว่างทางแยก ลด
น้อยลง ซึ่งจะส่งผลให้ประชาชนในเขตเมืองพัทยาสามารถสัญจรไปมาในตัวเมืองพัทยาได้อย่าง
รวดเร็วยิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาสภาพปัญหาการจราจรบริเวณเขตเมืองพัทยา ของวันทำงาน (วันพุธ) และวันหยุด (วันเสาร์) ในช่วงเวลาเช้าและเย็น โดยการสร้างแบบจำลองเสมือนด้วยโปรแกรม AIMSUN และทำการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง เพื่อหารูปแบบของอุโมงค์ทางลอดที่เหมาะสมสำหรับทางแยกบนถนนสุขุมวิทในเขตเมืองพัทยาพบว่า ปริมาณจราจรและสัญญาณไฟจราจรจากการสำรวจ เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลบนโครงข่ายจราจร โดยแยกการวิเคราะห์เป็น 2 กรณีดังนี้

1. ผลการจำลองแนวทางที่ 1 การปรับสัญญาณไฟแดงในทางแยกพื้นที่ศึกษา

จากผลการวิเคราะห์ดัชนีประเมินประสิทธิภาพทางแยกโดยใช้การบรรเทาปัญหาจราจรติดขัดด้วยวิธีการปรับสัญญาณไฟจราจรพบว่า วิธีการปรับสัญญาณไฟจราจรจะใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพในช่วงระยะสั้นเท่านั้น แต่สำหรับในระยะยาว การใช้รอบสัญญาณไฟเดิมจะมีประสิทธิภาพในการให้บริการจราจรมากกว่า

2. ผลการจำลองแนวทางที่ 2 การใช้อุโมงค์ทางลอดเพื่อ บรรเทาปัญหาจราจรติดขัดของถนนสุขุมวิท ช่วงเขตเมืองพัทยา

การใช้อุโมงค์ทางลอดเพื่อบรรเทาปัญหาจราจรติดขัดบนทางแยกทั้ง 4 ทางแยก ได้แก่ ทางแยกพญาเหนือ พญากลาง พญาใต้ และทางแยกเทพประสิทธิ์ จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยอ้างอิงจากตัวชี้วัดความล่าช้าที่เกิดขึ้นบริเวณทางแยก ได้ข้อสรุปว่า ควรมีการก่อสร้างอุโมงค์ทางลอด ณ ปัจจุบัน ที่ทางแยกพญากลางและพญาใต้ และในอีก 5 ปีข้างหน้า ควรมีการก่อสร้างอุโมงค์ทางลอดที่ทางแยกเทพประสิทธิ์ ซึ่งแนวทางนี้จะเป็นแนวทางบรรเทาปัญหาจราจรติดขัดที่เหมาะสม และการวิเคราะห์ดัชนีประสิทธิภาพทางแยกหลังจากการใช้อุโมงค์ทางลอดพบว่า การใช้

อุโมงค์ทางลอดจะทำให้ประสิทธิภาพการให้บริการทางแยกดีขึ้นอย่างมาก และการใช้อุโมงค์ทางลอด จะสามารถบรรเทาปัญหาจราจรติดขัดได้น้อยอีก 20 ปี

การเปรียบเทียบระดับการให้บริการ

จากการวิเคราะห์ผลจากโปรแกรมจำลองเสมือนสามารถสรุปแนวทางการแก้ไขในรูปแบบของระดับการให้บริการดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ระดับการให้บริการของทางแยกเมื่อได้รับการปรับปรุงตามแนวทางต่างๆ

ปี 2555			
	ไม่มีการปรับปรุง	ปรับสัญญาณไฟ	ใช้อุโมงค์ทางลอด
แยกพญาเหนือ	C	B	C
แยกพญากลาง	D	D	A
แยกพญาใต้	E	C	B
แยกเทพประสิทธิ์	D	D	D
ปี 2560			
	ไม่มีการปรับปรุง	ปรับสัญญาณไฟ	ใช้อุโมงค์ทางลอด
แยกพญาเหนือ	C	B	C
แยกพญากลาง	F	D	A
แยกพญาใต้	F	D	B
แยกเทพประสิทธิ์	D	E	A
ปี 2565			
	ไม่มีการปรับปรุง	ปรับสัญญาณไฟ	ใช้อุโมงค์ทางลอด
แยกพญาเหนือ	C	B	C
แยกพญากลาง	F	E	B
แยกพญาใต้	F	F	C
แยกเทพประสิทธิ์	D	F	A

ตารางที่ 5.1 ระดับการให้บริการของทางแยกเมื่อได้รับการปรับปรุงตามแนวทางต่างๆ (ต่อ)

ปี 2570			
	ไม่มีการปรับปรุง	ปรับสัญญาณไฟ	ใช้อุโมงค์ทางลอด
แยกพญาเหนือ	C	C	C
แยกพญากลาง	F	E	C
แยกพญาใต้	F	F	C
แยกเทพประสิทธิ์	D	E	A
ปี 2575			
	ไม่มีการปรับปรุง	ปรับสัญญาณไฟ	ใช้อุโมงค์ทางลอด
แยกพญาเหนือ	C	B	C
แยกพญากลาง	F	F	C
แยกพญาใต้	F	F	C
แยกเทพประสิทธิ์	E	F	B

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาการบรรเทาปัญหาจราจรในครั้งนี้ทำให้ทราบถึงสภาพปัญหาในพื้นที่ศึกษา โดยปัญหาที่มีความสำคัญที่ได้พบคือปัญหาการจราจรติดขัดในช่วงเวลาเร่งด่วน เช้า เย็น และในวันหยุด หรือช่วงเทศกาลทำให้มีจำนวนนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติเดินทางเข้ามาในเมืองพญาเป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดการติดขัดของกระแสจราจรบนถนนสุขุมวิทช่วงเมืองพญา หลังจากการวิเคราะห์ผลด้วยแบบจำลองเสมือนพบว่า ปัญหาจราจรติดขัดบนถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพญา มิได้เกิดจากปริมาณจราจรมีมากเกินไปกว่าความจุของถนน แต่เกิดจากทางแยกที่มีการบริหารจัดการที่ยังไม่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

จากประเด็นปัญหาดังกล่าวคณะผู้ทำการศึกษาเห็นว่าปัญหาจราจรติดขัดเป็นปัญหาสำคัญของทางเมืองพญา ซึ่งหากไม่ได้รับการแก้ไขอย่างต่อเนื่องและจริงจัง จะทำให้เกิดผลกระทบต่อด้านการท่องเที่ยว เศรษฐกิจ ภาพลักษณ์ ของเมืองพญาในอนาคตได้ คณะผู้ศึกษาจึงได้เสนอแนวทางการบรรเทาปัญหาจราจรติดขัดบนถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพญา ด้วยการก่อสร้าง

อุโมงค์ทางลอดบริเวณทางแยกบนถนนเมืองพัทยา ได้แก่ ทางแยกพญาเหนือ ทางแยกพญากลาง ทางแยกพญาใต้ และทางแยกเทพประสิทธิ์ โดยการก่อสร้างจะเป็นไปตามขั้นตอนดังนี้

1. การก่อสร้างในปีปัจจุบัน (2555)

ในปีปัจจุบันควรมีการก่อสร้างอุโมงค์ทางลอด ณ ทางแยกพญากลาง และพญาใต้ ซึ่งจะส่งผลให้ระดับการให้บริการของทางแยกพญากลางและทางแยกพญาใต้ดีขึ้น เนื่องจากเมื่อมีการก่อสร้างอุโมงค์ทางลอดบริเวณทางแยกดังกล่าว จะส่งผลให้รอบสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยกตลอดทาง จาก 3 จังหวะ เหลือเพียง 2 จังหวะ ทำให้เวลาในการรอสัญญาณไฟลดลง รถที่เข้าใช้บริการทางแยกจึงสามารถเคลื่อนตัวผ่านทางแยกได้โดยใช้เวลาน้อยลง แต่การก่อสร้างอุโมงค์ทางลอดที่ทางแยกพญากลางและพญาใต้จะส่งผลให้ทางแยกเทพประสิทธิ์ มีระดับการให้บริการที่ลดลง แต่ยังมีค่าที่รองรับได้ ดังนั้นควรมีการปรับรอบสัญญาณไฟที่ทางแยกเทพประสิทธิ์ให้เหมาะสมก็จะสามารถทำให้ทางแยกเทพประสิทธิ์ มีประสิทธิภาพในการให้บริการมากขึ้น

2. การก่อสร้างในปีอนาคต

เนื่องจากในปีอนาคตปริมาณจราจรในเขตเมืองพัทยาช่วงถนนตั้งแต่ทางแยกพญาเหนือถึงทางแยกเชื่อมถนนมอเตอร์เวย์มีแนวโน้มลดลง หลังจากเปิดทางเชื่อมดังกล่าวเนื่องจาก เส้นทางเดินทางมาจากกรุงเทพฯ จะไม่ต้องผ่านทางแยกพญาเหนือซึ่งทำให้ในปีอนาคต ทางแยกพญาเหนือสามารถรองรับปริมาณจราจรได้ แต่ช่วงถนนตั้งแต่ทางแยกเชื่อมถนนมอเตอร์เวย์จนถึงทางแยกเทพประสิทธิ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทำให้ทางแยกเทพประสิทธิ์ที่ยังไม่มีการก่อสร้างอุโมงค์ จะมีระดับการให้บริการต่ำกว่าเกณฑ์ที่รับได้ (ระดับ E) ดังนั้น ในอีก 5 ปีจึงควรมีการก่อสร้างอุโมงค์ทางลอดบริเวณทางแยกเทพประสิทธิ์ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพทางแยก และเมื่อมีการก่อสร้างอุโมงค์ทางลอดครบทั้ง 3 อุโมงค์แล้ว จะส่งผลให้การจราจรบนถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพัทยามีความคล่องตัวมากขึ้น และอุโมงค์ดังกล่าวจะสามารถใช้งานได้โดยมีประสิทธิภาพไปอีกอย่างน้อย 20 ปี

จากปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเมืองพัทยาเป็นเมืองท่องเที่ยว ดังนั้น ในช่วงวันหยุดหรือช่วงเทศกาล จะมีปริมาณจราจรสูงขึ้นอย่างมาก หลังจากการก่อสร้างอุโมงค์ทางลอดแล้ว จึงควรมีการบริหารการจัดการบริเวณทางแยกตามสถานการณ์ เพื่อให้เกิดความเหมาะสม

การปรับสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกหลังมีการก่อสร้างอุโมงค์ทางลอด ก็เป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้ทางแยกมีประสิทธิภาพในการให้บริการมากขึ้น

สำหรับการพิจารณาก่อสร้างอุโมงค์ทางลอดมีความจำเป็นอย่างไรที่จะต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าทางวิศวกรรม เศรษฐกิจ ความเห็นของประชาชนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น แต่เนื่องด้วยการศึกษานี้มีระยะเวลาค่อนข้างจำกัดและมีข้อมูลค่อนข้างมาก คณะผู้วิจัยจึงได้นำเสนอเพียงความคุ้มค่าทางด้านวิศวกรรมเท่านั้น หากมีสาระสำคัญหรือสิ่งใดขาดตกบกพร่องไป คณะผู้วิจัยขอกราบขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

บรรณานุกรม

- กนกวรรณ เต๋นพรภูวกล, ณรงค์เดช เทียนแก้ว, ศิวาพร คำทุ่งหงษ์, อภิรมย์ ศรีบุรี.
(2547). การประยุกต์ใช้โปรแกรม PARAMICS ในการจัดการระบบจราจร
บริเวณสี่แยกสามเหลี่ยม จังหวัดขอนแก่น. รายงานโครงการหมายเลข CE2003-29.
ขอนแก่น, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- กรกมล จุกสีดา, สิริลักษณ์ สุทธิโสภ. (2553). การสร้างแบบจำลองจราจรเมืองพัทยาด้วยโปรแกรม
วิศวกรรมจราจร, สาขาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมโยธา: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- กองวิชาการและแผนงาน เมืองพัทยา. (2554). แผนพัฒนาเมืองพัทยา 3 ปี (พ.ศ.2555-2557). ชลบุรี:
ศาลาว่าการเมืองพัทยา.
- เกษม ชูจารุกุลม. (2548). กรณีในการวัดการจราจรติดขัดในประเทศไทยในมุมมองของผู้ปฏิบัติ.
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- คงฤษดิ์ ปัญญาแก้ว. (2541). การศึกษาการออกแบบทางด่วนพิเศษระหว่างเมืองในประเทศไทย.
กรุงเทพฯ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เจษฎา คำพอง, เอกพล คนสอน, สุรัตน์ วรรณทอง. (2554). การจัดการระบบจราจรบริเวณห้าแยก
กิ่งศาลา มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุดภาค,
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ทวี วิชัยเมธาวิ. (2546). การพัฒนาวิธีควบคุมสัญญาณไฟจราจรในสภาพอ้อมตัว.
- ทศพล ชัยพิทักษ์โรจน์. (2545). การพัฒนาตารางการเดินทางจากการนับปริมาณจราจร. วิทยานิพนธ์
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมโยธา (การขนส่ง),
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ทางหลวง, กรม. (2546). ไดอารี่กรมทางหลวง: กรุงเทพฯ.
- ทางหลวง, กรม. (2554). รายงานวิเคราะห์ค่านวนดัชนีการจราจรติดขัดและความหนาแน่น
การจราจรประจำปี 2553. สำนักอำนาจความปลอดภัย: กรุงเทพฯ.
- ทางหลวง, กรม. (2555). รายงานวิเคราะห์ค่านวนดัชนีการจราจรติดขัดและความหนาแน่น
การจราจรประจำปี 2554. สำนักอำนาจความปลอดภัย: กรุงเทพฯ.
- นราธิปต์ ปัญญาวัฒน์. (2552). การศึกษาปริมาณการจราจรและพฤติกรรมการใช้ยานพาหนะบริเวณ
ถนนสุขุมวิทและถนนกานทรรัตน์, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, โรงเรียนนายเรืออากาศ.
- ประสิทธิ์ จึงสงวนพรสุข. การออกแบบทางเรขาคณิตของถนนเพื่อความปลอดภัย, ภาควิชา
วิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- ปิติ โรจน์วรรณสินธุ์. (2549). ผลกระทบด้านการจราจรของการจำกัดช่องจราจรสำหรับรถยนต์
บรรทุกบนทางหลวง, สาขาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมโยธา, จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เผ่าพงษ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี. (2543). วิศวกรรมทาง. คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี: สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตเทเวศน์.
- ฝ่ายวิศวกรรมจราจรและขนส่ง เมืองพัทยา. (2552). โครงการศึกษาความเหมาะสมการแก้ไขปัญหา
จราจรบริเวณ 4 ทางแยก บนถนนสุขุมวิท เมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี. ชลบุรี: ศาลาว่าการเมืองพัทยา.
- ฝ่ายวิศวกรรมจราจรและขนส่ง เมืองพัทยา. (2554). การพัฒนาโครงข่ายถนนของเมืองพัทยา.
ชลบุรี: ศาลาว่าการเมืองพัทยา.
- รวิทย์ เทวธีระรัตน์, ทินกฤต ชัยสุวรรณ. (2552). บทสรุปโครงการสร้างอุโมงค์ทางลอดบริเวณแยก
นครราชสีมา (สามแยกอุดร). การสำรวจความคิดเห็นของประชาชนในเขตเทศบาลนคร
นครราชสีมาต่อโครงการสร้างอุโมงค์ทางลอดบริเวณแยกนครราชสีมา (สามแยกอุดร),
นครราชสีมา: เทศบาลนครราชสีมา.
- วรสักดิ์ วงษ์รอด. (2547). การศึกษารูปแบบทางแยกต่างระดับที่เหมาะสม กรณีศึกษาสี่แยกคลอง
หาวะ, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- วุฒิไกร ไชยปัญหา. (2553). การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบการจัดการจราจร ณ บริเวณห้าแยก
(ศาลเจ้าพ่อหลักเมือง) จังหวัดขอนแก่น โดยใช้โปรแกรม PARAMICS,
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- ศิวกิจ เสรีรัตนสกุล. (2550). การพัฒนาระบบควบคุมการจราจรที่เหมาะสม กรณีศึกษาจังหวัด
นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สมภพ วันดี. (2555). การบรรเทาปัญหาการจราจรด้วยเทคนิคการบริหารจัดการการจราจรกรณีศึกษา
ถนนสุขุมวิทช่วงเขตเมืองพัทยา, สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม, กลุ่มวิชาเทคโนโลยีการ
จัดการงานก่อสร้าง, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2551). วิศวกรรมขนส่ง (Transportation Engineering), ภาควิชาการ
วิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2553). การควบคุมความต้องการเดินทางและการจัดการจราจร. หน้า 314–
323, ภาควิชาการวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข). (2546). คู่มือและมาตรฐานเครื่องหมายจราจร. กระทรวงคมนาคม: กรุงเทพฯ.

สำนักนายกรัฐมนตรี, กระทรวง. (2552). โครงการรับฟังความคิดเห็นของประชาชน กรณี กรมทางหลวงจะดำเนินการก่อสร้างอุโมงค์ทางลอดบนทางหลวงหมายเลข 2 บริเวณสามแยกนครราชสีมา เป็นจุดตัดระหว่างทางหลวงหมายเลข 2 และทางหลวงหมายเลข 224 : กรุงเทพฯ.

AASHTO. (1994). Standard Specifications For Structural Supports for Highway Signs Luminaires and Traffic Signals: Washington D.C., AASHTO.

Sorawit Narupiti, Saksith Chalermpong, Berlian Kushari, Surames Piriyawat. (2004). A REVIEW OF TRAVEL DEMAND MANAGEMENT AS AN INTEGRATED STRATEGY IN URBAN TRANSPORTATION PLANNING IN SELECTED ASEAN CITIES, Japan International Cooperation Agency

A Case Study of Singapore, Bangkok, Manila, Kuala Lumpur, Jakarta, and Surabaya

Federal Highway Administrations (FHWA). (1980). Procedure for estimating highway user costs, fuel consumption, and air pollution. Washington. D.C: U.S. Department of Transportation.

Highway Capacity Manual (HCM). (2000)

Meyer, M. (1999). Demand Management as an Element of Transportation Policy: Using Carrots and sticks to Influence Travel Behavior. Transportation Research Record A, 33 (7/8), 575-599.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport Kinki Reginal Development Bureau, (2003). Urban Traffic Management, Vol 24 No.3 PP.13-15.

Newman P. & Kenworthy, J. R. 1999, Sustainability and Cities: overcoming automobile dependence, Island Press, Washington DC.

TSS-Transport Simulation Systems. (2009). Aimsun 6 The integrated transport modelling software.

Vicroads. (1998). Road Design Guideline Part 5 Interchanges. Kew, Victoria.

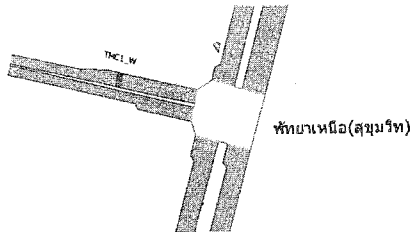
มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สรุปผลการสำรวจปริมาณจราจรบนถนนสุขุมวิทและ โครงการข้ายถนนหลัก

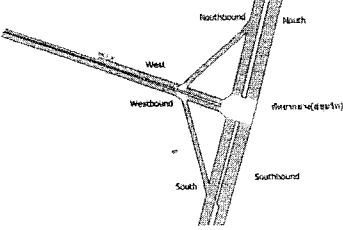
จุดสำรวจ : TMC1 (North Pattaya)



Time	N-S	N-W	W-N	W-S	S-W	S-N	total
07.00 - 07.15	302	112	80	88	151	470	1203
07.15 - 07.30	368	98	106	182	198	401	1353
07.30 - 07.45	502	94	118	167	198	481	1560
07.45 - 08.00	601	108	134	293	175	447	1758
08.00 - 08.15	495	119	137	168	160	388	1467
08.15 - 08.30	507	177	126	143	199	483	1635
08.30 - 08.45	465	201	138	166	169	261	1400
08.45 - 09.00	625	153	185	241	160	343	1707
09.00 - 09.15	632	126	100	236	174	382	1650
09.15 - 09.30	665	126	104	102	156	297	1450
09.30 - 09.45	548	225	113	106	180	379	1551
09.45 - 10.00	545	171	83	87	153	635	1674
10.00 - 10.15	486	109	139	247	188	273	1442
10.15 - 10.30	547	102	86	62	155	347	1299
10.30 - 10.45	540	116	90	33	137	389	1305
10.45 - 11.00	415	108	145	72	177	261	1178
11.00 - 11.15	402	98	115	119	155	309	1198
11.15 - 11.30	546	128	133	200	185	407	1599
11.30 - 11.45	402	79	121	66	169	319	1156
11.45 - 12.00	375	85	120	116	178	187	1061
12.00 - 12.15	450	120	106	283	155	362	1476
12.15 - 12.30	530	126	137	112	154	308	1367
12.30 - 12.45	437	86	91	115	144	272	1145
12.45 - 13.00	384	180	142	340	149	314	1509
13.00 - 13.15	411	75	126	140	144	293	1189
13.15 - 13.30	419	179	120	143	210	313	1384
13.30 - 13.45	396	97	99	263	172	303	1330
13.45 - 14.00	369	77	96	124	178	321	1165

14.00 - 14.15	385	183	97	129	203	335	1332
14.15 - 14.30	388	85	103	145	94	371	1186
14.30 - 14.45	390	68	108	144	138	361	1209
14.45 - 15.00	723	181	114	257	153	347	1775
15.00 - 15.15	574	70	170	187	146	458	1605
15.15 - 15.30	473	141	128	156	144	287	1329
15.30 - 15.45	488	89	116	231	181	349	1454
15.45 - 16.00	469	128	95	157	177	318	1344
16.00 - 16.15	469	121	110	269	142	571	1682
16.15 - 16.30	477	116	157	119	220	361	1450
16.30 - 16.45	437	184	128	168	165	309	1391
16.45 - 17.00	529	175	256	118	183	363	1624
17.00 - 17.15	466	86	147	154	170	491	1514
17.15 - 17.30	626	102	215	235	138	484	1800
17.30 - 17.45	635	112	96	226	165	409	1643
17.45 - 18.00	424	121	126	145	173	365	1354
18.00 - 18.15	380	110	105	112	180	329	1216
18.15 - 18.30	620	144	112	115	191	267	1449
18.30 - 18.45	411	95	119	241	187	407	1460
18.45 - 19.00	386	73	137	144	213	347	1300
19.00 - 19.15	334	85	207	205	141	342	1314
19.15 - 19.30	369	87	107	107	190	471	1331
19.30 - 19.45	329	65	135	203	162	314	1208
19.45 - 20.00	323	79	119	104	143	501	1269
20.00 - 20.15	283	67	108	145	159	430	1192
20.15 - 20.30	317	90	116	108	186	236	1053
20.30 - 20.45	271	113	175	131	166	405	1261
20.45 - 21.00	243	133	141	123	160	296	1096
21.00 - 21.15	252	103	136	91	154	271	1007
21.15 - 21.30	273	53	77	213	166	243	1025
21.30 - 21.45	220	64	152	172	138	212	958
21.45 - 22.00	223	71	70	169	126	342	1001
total	26551	6869	7472	9637	9977	21537	82043

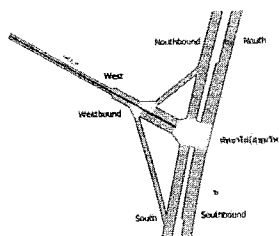
จุดสำรวจ : TMC2 (Central Pattaya)



Time	N-S	N-W	W-N	W-S	S-W	S-N	total
07.00 - 07.15	248	104	113	91	35	251	842
07.15 - 07.30	275	92	127	223	39	283	1039
07.30 - 07.45	331	232	135	216	48	478	1440
07.45 - 08.00	372	54	199	197	56	526	1404
08.00 - 08.15	332	112	120	269	58	395	1286
08.15 - 08.30	338	123	121	286	67	398	1333
08.30 - 08.45	619	115	137	244	77	320	1512
08.45 - 09.00	495	126	106	191	88	341	1347
09.00 - 09.15	415	132	100	214	88	299	1248
09.15 - 09.30	410	106	93	145	78	301	1133
09.30 - 09.45	406	98	102	346	66	465	1483
09.45 - 10.00	383	114	94	228	69	286	1174
10.00 - 10.15	447	108	105	200	73	262	1195
10.15 - 10.30	412	120	110	192	64	365	1263
10.30 - 10.45	307	25	109	137	56	215	849
10.45 - 11.00	344	18	103	208	70	242	985
11.00 - 11.15	311	52	94	106	64	354	981
11.15 - 11.30	282	69	111	187	82	249	980
11.30 - 11.45	299	81	118	246	73	197	1014
11.45 - 12.00	296	89	116	201	75	363	1140
12.00 - 12.15	342	203	106	112	98	219	1080
12.15 - 12.30	396	66	126	115	84	223	1010
12.30 - 12.45	232	166	118	158	86	323	1083
12.45 - 13.00	285	238	123	162	93	259	1160
13.00 - 13.15	342	189	130	257	90	231	1239
13.15 - 13.30	393	220	141	166	65	264	1249
13.30 - 13.45	343	282	118	160	50	399	1352

13.45 - 14.00	450	114	132	184	87	236	1203
14.00 - 14.15	310	84	155	193	68	246	1056
14.15 - 14.30	383	82	183	387	69	250	1354
14.30 - 14.45	265	51	166	464	75	278	1299
14.45 - 15.00	295	62	168	357	82	252	1216
15.00 - 15.15	251	66	214	338	79	278	1226
15.15 - 15.30	348	239	179	237	64	265	1332
15.30 - 15.45	288	210	134	194	83	468	1377
15.45 - 16.00	419	434	180	159	76	266	1534
16.00 - 16.15	267	260	168	226	65	280	1266
16.15 - 16.30	450	348	280	411	55	595	2139
16.30 - 16.45	425	320	298	437	59	600	2139
16.45 - 17.00	450	315	287	445	63	582	2142
17.00 - 17.15	444	321	265	481	60	603	2174
17.15 - 17.30	456	268	232	473	95	550	2074
17.30 - 17.45	480	303	256	505	80	541	2165
17.45 - 18.00	513	298	247	499	75	501	2133
18.00 - 18.15	497	221	236	505	77	504	2040
18.15 - 18.30	491	340	321	661	73	672	2558
18.30 - 18.45	494	520	530	1053	86	1059	3742
18.45 - 19.00	243	117	171	219	84	412	1246
19.00 - 19.15	313	123	143	270	102	406	1357
19.15 - 19.30	344	195	173	308	95	304	1419
19.30 - 19.45	405	71	192	250	99	326	1343
19.45 - 20.00	402	121	156	204	85	238	1206
20.00 - 20.15	328	84	150	258	79	259	1158
20.15 - 20.30	403	125	179	188	75	238	1208
20.30 - 20.45	266	26	144	223	86	240	985
20.45 - 21.00	427	33	169	191	82	236	1138
21.00 - 21.15	312	75	250	357	70	198	1262
21.15 - 21.30	229	9	155	229	73	214	909
21.30 - 21.45	226	21	162	301	75	247	1032
21.45 - 22.00	238	1	130	217	56	305	947
total	21767	9191	9980	16681	4424	21157	83200

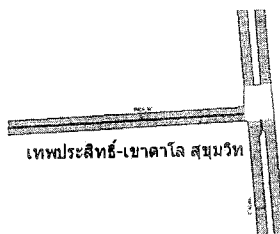
จุดสำรวจ : TMC3 (South Pattaya)



Time	N-S	N-W	W-N	W-S	S-W	S-N	total
07.00 - 07.15	335	176	75	122	106	373	1187
07.15 - 07.30	393	338	76	75	205	624	1711
07.30 - 07.45	402	418	58	162	228	499	1767
07.45 - 08.00	452	210	78	245	181	553	1719
08.00 - 08.15	451	306	67	181	152	351	1508
08.15 - 08.30	570	282	71	275	202	483	1883
08.30 - 08.45	813	209	57	108	157	375	1719
08.45 - 09.00	952	297	68	121	118	392	1948
09.00 - 09.15	738	315	64	122	136	583	1958
09.15 - 09.30	1017	349	69	195	120	190	1940
09.30 - 09.45	1175	285	70	364	128	595	2617
09.45 - 10.00	737	297	94	261	171	333	1893
10.00 - 10.15	582	253	185	427	175	963	2585
10.15 - 10.30	756	231	95	202	168	428	1880
10.30 - 10.45	673	215	75	89	162	458	1672
10.45 - 11.00	655	437	63	117	135	315	1722
11.00 - 11.15	575	204	46	118	130	451	1524
11.15 - 11.30	838	549	112	257	122	433	2311
11.30 - 11.45	807	221	55	173	187	476	1919
11.45 - 12.00	788	207	72	121	159	384	1731
12.00 - 12.15	786	174	84	397	218	393	2052
12.15 - 12.30	758	320	73	138	258	335	1882
12.30 - 12.45	546	224	80	203	321	389	1763
12.45 - 13.00	852	280	94	166	358	140	1890
13.00 - 13.15	59	176	70	168	261	164	898
13.15 - 13.30	714	369	80	179	201	396	1939
13.30 - 13.45	1034	306	48	478	168	376	2410
13.45 - 14.00	921	216	92	789	217	638	2873

14.00 - 14.15	797	354	77	333	166	322	2049
14.15 - 14.30	783	295	95	314	246	360	2093
14.30 - 14.45	761	324	75	132	270	376	1938
14.45 - 15.00	677	246	64	111	194	344	1636
15.00 - 15.15	649	273	78	115	365	477	1957
15.15 - 15.30	652	170	67	167	187	358	1601
15.30 - 15.45	828	313	73	187	250	529	2180
15.45 - 16.00	803	562	98	249	351	478	2541
16.00 - 16.15	818	210	135	195	250	532	2140
16.15 - 16.30	710	222	70	225	220	516	1963
16.30 - 16.45	576	246	83	180	222	481	1788
16.45 - 17.00	906	258	70	220	232	402	2088
17.00 - 17.15	718	272	49	196	271	382	1888
17.15 - 17.30	742	246	78	62	165	341	1634
17.30 - 17.45	760	214	57	177	356	465	2029
17.45 - 18.00	844	228	54	395	305	376	2202
18.00 - 18.15	732	204	55	172	190	362	1715
18.15 - 18.30	809	251	59	226	357	398	2100
18.30 - 18.45	791	357	83	306	171	489	2197
18.45 - 19.00	792	422	60	285	239	394	2192
19.00 - 19.15	635	483	95	268	202	476	2159
19.15 - 19.30	741	472	63	266	229	501	2272
19.30 - 19.45	839	390	68	176	143	517	2133
19.45 - 20.00	589	306	58	238	188	380	1759
20.00 - 20.15	576	181	58	378	171	353	1717
20.15 - 20.30	639	245	49	211	329	362	1835
20.30 - 20.45	574	415	50	188	128	284	1639
20.45 - 21.00	546	245	62	248	239	303	1643
21.00 - 21.15	511	181	47	293	120	260	1412
21.15 - 21.30	469	258	53	204	236	306	1526
21.30 - 21.45	598	268	47	410	153	330	1806
21.45 - 22.00	411	196	68	118	107	322	1222
total	41655	17171	4369	13498	12396	24866	113955

จุดสำรวจ : TMC4 (Thepprasit)



Time	N-S	N-W	W-N	W-S	S-W	S-N	total
07.00 - 07.15	210	45	64	69	65	338	791
07.15 - 07.30	223	58	45	80	54	339	799
07.30 - 07.45	486	46	64	54	107	402	1159
07.45 - 08.00	943	105	229	109	175	417	1978
08.00 - 08.15	630	163	351	120	165	440	1869
08.15 - 08.30	495	201	239	102	128	377	1542
08.30 - 08.45	625	244	278	242	115	368	1872
08.45 - 09.00	659	323	337	132	133	551	2135
09.00 - 09.15	557	312	246	113	156	382	1766
09.15 - 09.30	572	157	405	107	196	798	2235
09.30 - 09.45	966	150	290	122	248	837	2613
09.45 - 10.00	728	108	192	269	181	763	2241
10.00 - 10.15	634	112	486	288	158	398	2076
10.15 - 10.30	648	200	43	43	121	343	1398
10.30 - 10.45	711	107	100	82	188	642	1830
10.45 - 11.00	631	75	107	142	132	330	1417
11.00 - 11.15	455	79	194	435	126	483	1772
11.15 - 11.30	539	71	30	46	154	530	1370
11.30 - 11.45	500	217	177	76	162	359	1491
11.45 - 12.00	600	85	407	74	171	675	2012
12.00 - 12.15	732	75	370	102	203	611	2093
12.15 - 12.30	607	64	205	296	183	498	1853
12.30 - 12.45	479	83	126	203	261	643	1795
12.45 - 13.00	775	97	37	86	219	620	1834
13.00 - 13.15	697	93	128	66	201	722	1907
13.15 - 13.30	772	95	33	60	191	698	1849
13.30 - 13.45	662	83	48	77	286	830	1986
13.45 - 14.00	524	49	86	118	170	461	1408
14.00 - 14.15	517	254	385	112	240	608	2116

14.15 - 14.30	811	263	263	106	322	416	2181
14.30 - 14.45	489	100	403	147	156	453	1748
14.45 - 15.00	569	78	252	439	158	570	2066
15.00 - 15.15	484	272	318	103	140	382	1699
15.15 - 15.30	556	171	222	200	163	626	1938
15.30 - 15.45	522	183	375	90	173	409	1752
15.45 - 16.00	615	314	289	147	209	485	2059
16.00 - 16.15	683	154	396	186	190	568	2177
16.15 - 16.30	660	164	278	296	452	361	2211
16.30 - 16.45	727	103	361	301	241	390	2123
16.45 - 17.00	516	168	252	283	260	437	1916
17.00 - 17.15	846	305	258	127	161	640	2337
17.15 - 17.30	559	265	187	116	146	328	1601
17.30 - 17.45	645	135	158	97	183	378	1596
17.45 - 18.00	647	172	226	331	186	457	2019
18.00 - 18.15	512	73	312	262	136	410	1705
18.15 - 18.30	560	95	284	72	248	922	2181
18.30 - 18.45	710	155	224	98	228	682	2097
18.45 - 19.00	528	154	282	95	209	461	1729
19.00 - 19.15	538	152	275	252	249	530	1996
19.15 - 19.30	532	200	181	155	161	482	1711
19.30 - 19.45	511	392	169	93	175	359	1699
19.45 - 20.00	532	128	135	188	273	459	1715
20.00 - 20.15	499	128	137	117	137	457	1475
20.15 - 20.30	557	156	204	87	125	577	1706
20.30 - 20.45	404	212	204	73	126	340	1359
20.45 - 21.00	492	266	142	81	114	367	1462
21.00 - 21.15	429	370	142	77	125	494	1637
21.15 - 21.30	299	203	140	174	128	325	1269
21.30 - 21.45	484	274	129	102	139	644	1772
21.45 - 22.00	358	186	86	81	164	860	1735
total	34851	9742	12986	8801	10766	30732	

ภาคผนวก ข

ตารางค่าความแตกต่างของปริมาณจราจรจริงกับแบบจำลอง

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ตารางที่ ง-1 ความแตกต่างโดยเฉลี่ยของปริมาณจราจรจริงกับแบบจำลองของวันพุธเช้า 07:00-10:00น.

จุดสำรวจ	ปริมาณจราจรจริง(คัน)	ปริมาณจราจรจากแบบจำลอง (คัน)	ค่าความแตกต่าง	ค่า GEH
TMC1_N	2,742.00	2,763	-21	0.4
TMC1_W	1,304.00	1,320	-16	0.4
TMC1_S	2,163.00	2,210	-47	1.0
TMC2_N	2,344.00	2,344	-84	1.8
TMC2_W	1,474.00	1,479	-5	0.1
TMC2_S	1,744.00	1,839	-95	2.2
TMC3_N	3,880.00	3,951	-71	1.1
TMC3_W	948.00	951	-3	0.1
TMC3_S	2,230.00	2,268	-38	0.8
TMC4_N	3,340.00	3,405	-65	1.1
TMC4_W	1,801.00	1,800	1	0.0
TMC4_S	2277.00	2,316	-39	0.8

ตารางที่ ง-2 ความแตกต่างโดยเฉลี่ยของปริมาณจราจรจริงกับแบบจำลองของวันพุธบ่าย 16:00 - 19:00น.

จุดสำรวจ	ปริมาณจราจรจริง(คัน)	ปริมาณจราจรจากแบบจำลอง (คัน)	ค่าความแตกต่าง	ค่า GEH
TMC1_N	2,572	2,559	13	0.3
TMC1_W	1,344	1,328	16	0.4
TMC1_S	2,395	2,385	10	0.2
TMC2_N	3,038	3,064	19	0.3
TMC2_W	2,958	2,839	119	2.2
TMC2_S	2,958	2,486	19	0.4
TMC3_N	4,024	3,875	149	2.4
TMC3_W	1,068	1,084	-16	0.5
TMC3_S	2,661	2,685	-24	0.5
TMC4_N	3,574	3,499	75	1.3
TMC4_W	1,500	1,475	25	0.6
TMC4_S	2,456	2,456	23	0.5

ตารางที่ ง-3 ความแตกต่างโดยเฉลี่ยของปริมาณจราจรจริงกับแบบจำลอง ของวันเสาร์เช้า 11:00-14:00 น.

จุดสำรวจ	ปริมาณจราจรจริง(คัน)	ปริมาณจราจรจากแบบจำลอง (คัน)	ค่าความแตกต่าง	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (%)
TMC1_N	2,173	2,164	9	0.2
TMC1_W	1,277	1,270	7	0.2
TMC1_S	2,474	2,522	-48	1.0
TMC2_N	2,030	1,949	81	1.8
TMC2_W	1,587	1,598	-11	0.3
TMC2_S	1,765	1,742	23	0.5
TMC3_N	4,445	4,356	89	1.3
TMC3_W	1,171	1,171	0	0.0
TMC3_W	2,946	2,874	72	1.3
TMC4_N	2,808	2,819	-3	0.1
TMC4_W	3,188	3,191	-3	103
TMC4_S	4,767	4,664	103	1.5

ตารางที่ ง-4 ความแตกต่างโดยเฉลี่ยของปริมาณจราจรจริงกับแบบจำลอง ของวันเสาร์เย็น 15:00-18:00 น.

จุดสำรวจ	ปริมาณจราจรจริง(คัน)	ปริมาณจราจรจากแบบจำลอง (คัน)	ค่าความแตกต่าง	ค่า GEH
TMC1_N	2,474	2,482	-8	0.2
TMC1_W	1,173	1,162	11	0.5
TMC1_S	2,256	2,282	-26	0.5
TMC2_N	2,447	2,498	-51	1.0
TMC2_W	1,677	1,684	-7	0.2
TMC2_S	2,196	2,219	-23	0.5
TMC3_N	5,119	5,171	-52	0.7
TMC3_W	2,267	1,905	362	7.9
TMC3_W	3,004	3,004	-55	1.0
TMC4_N	2,769	2,518	251	4.9
TMC4_W	1,370	1,373	-3	0.1
TMC4_S	2,439	2,347	2	0.0

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์การบรรเทาปัญหาจราจรด้วยรูปแบบต่างๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประเมินประสิทธิภาพทางแยก ปี 2555 วันธรรมดา ช่วงเช้า

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/ คัน)			การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			ความยาวแถวคอย (คัน)		
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
TMC1_W	30.78	24.82	30.94	50.13	46.90	50.42	14.33	11.33	14.33
TMC1_S	33.37	18.70	32.73	179.73	162.34	175.58	20.00	12.40	17.60
TMC1_N	20.54	16.73	20.53	115.23	102.83	115.28	13.00	9.80	13.00
TMC2_N	27.94	26.73	6.13	291.70	277.23	241.92	18.80	14.80	5.00
TMC2_W	26.01	13.06	0.95	78.34	67.13	53.60	12.67	8.00	0.33
TMC2_S	26.63	23.46	2.28	265.97	266.30	203.80	14.90	12.15	0.00
TMC3_W	14.48	0.27	0.43	24.64	12.47	12.78	13.00	0.00	1.00
TMC3_N	102.14	22.82	9.81	862.65	626.07	498.89	35.50	11.67	5.33
TMC3_S	33.97	25.98	3.18	307.07	318.81	253.87	22.40	15.75	0.00
TMC4_W	20.98	18.31	20.97	64.68	63.82	64.70	15.67	12.00	15.67
TMC4_N	76.65	53.67	133.70	538.14	484.16	543.05	47.25	34.00	92.80
TMC4_S	39.85	45.21	39.84	136.08	148.89	136.15	17.75	18.50	17.75

ตารางที่ ค.2 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประเมินประสิทธิภาพทางแยก ปี 2555 วันธรรมดา ช่วงเย็น

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/คัน)			การเผผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			ความยาวแถวคอย (คัน)		
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
TMC1_W	30.79	26.39	30.56	50.19	50.79	50.23	14.00	12.33	13.00
TMC1_S	38.13	20.26	35.48	212.08	173.40	197.84	20.60	11.20	17.60
TMC1_N	17.66	13.97	17.74	104.20	92.76	104.32	11.60	9.00	11.60
TMC2_N	111.76	29.45	16.18	578.66	433.63	386.77	39.40	17.80	9.80
TMC2_W	234.50	153.92	6.04	496.21	391.48	122.09	117.67	75.67	7.33
TMC2_S	40.45	32.19	2.89	388.86	383.38	260.85	26.00	15.65	0.00
TMC3_W	27.41	0.48	1.32	37.04	14.64	16.53	18.00	1.00	3.00
TMC3_N	50.69	20.13	12.53	794.62	702.30	684.09	22.50	11.17	7.83
TMC3_S	38.51	44.29	6.53	368.46	362.35	319.35	20.85	11.00	0.40
TMC4_W	24.40	13.40	24.40	52.92	50.15	52.96	11.33	6.33	11.00
TMC4_N	39.24	64.82	61.65	452.81	514.66	536.86	25.60	36.25	37.60
TMC4_S	37.32	17.50	37.32	149.11	115.85	149.11	18.25	8.50	18.25

ตารางที่ ค.3 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประสิทธิภาพทางแยก ปี 2555 วันหยุดช่วงเช้า

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/คัน)			การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			ความยาวแถวคอย (คัน)		
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
TMC1_W	29.48	23.57	29.37	46.26	43.65	46.30	12.67	10.67	12.67
TMC1_S	36.80	17.48	34.57	228.75	183.68	230.75	20.40	14.00	19.20
TMC1_N	19.06	14.28	19.06	82.52	72.54	82.49	10.40	7.80	10.40
TMC2_N	30.64	29.70	6.96	215.92	223.38	177.63	14.60	15.80	5.20
TMC2_W	25.72	13.50	0.95	91.27	73.87	57.59	13.00	9.33	0.33
TMC2_S	32.24	39.51	1.95	302.36	298.07	226.40	14.15	15.00	0.00
TMC3_W	49.30	0.42	2.23	52.35	15.58	19.61	26.00	1.50	4.50
TMC3_N	43.07	16.98	6.76	647.57	558.42	428.85	23.67	13.33	5.83
TMC3_S	36.23	27.24	2.57	474.88	452.93	386.43	26.70	21.80	0.00
TMC4_W	26.81	23.55	26.87	128.93	132.11	129.09	27.33	29.00	27.33
TMC4_N	25.13	26.76	25.57	320.77	350.10	295.88	17.20	18.20	16.00
TMC4_S	104.84	123.03	104.84	539.93	526.44	539.97	48.00	48.00	48.00

ตารางที่ ค.4 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประเมินประสิทธิภาพทางแยก ปี 2555 วันหยุดช่วงเย็น

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/คัน)			การผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			ความยาวแถวคอย (คัน)		
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
TMC1_W	30.72	26.53	29.28	42.26	43.28	35.30	11.33	9.67	10.67
TMC1_S	31.08	18.19	30.69	153.93	151.08	137.51	18.60	17.20	13.80
TMC1_N	20.73	17.44	20.49	97.81	88.54	76.57	12.40	9.60	10.20
TMC2_N	39.10	37.24	8.70	313.99	293.52	393.24	22.00	18.20	7.80
TMC2_W	23.53	14.22	6.63	94.88	81.43	120.25	14.00	8.67	7.67
TMC2_S	39.69	42.18	2.71	341.68	392.07	422.03	17.50	21.20	0.00
TMC3_W	221.01	106.39	114.76	243.61	244.69	280.59	62.50	61.50	63.00
TMC3_N	42.19	24.58	13.06	803.22	714.77	1,176.16	31.00	18.33	18.17
TMC3_S	37.03	26.05	6.14	328.55	313.59	485.69	25.25	20.05	9.60
TMC4_W	23.60	37.49	26.74	46.33	55.96	85.31	11.00	14.00	23.33
TMC4_N	24.71	14.72	26.82	334.75	354.50	546.62	17.60	12.20	22.20
TMC4_S	38.19	25.46	46.28	144.13	112.37	308.74	17.25	15.75	31.00

ตารางที่ ค.5 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประสิทธิภาพทางแยก ปี 2560 วันธรรมดา ช่วงเช้า

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/คัน)				การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)				ความยาวแถวคอย (คัน)					
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ ปรุง	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ ปรุง	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ ปรุง	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ ปรุง	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ ปรุง	อุโมงค์
	ปรับปรุง	สัญญาณไฟ		ปรับปรุง	สัญญาณไฟ		ปรับปรุง	สัญญาณไฟ	ปรับปรุง	สัญญาณไฟ		ปรับปรุง	สัญญาณไฟ	
TMC1_W	27.64	25.40	28.11	42.59	44.37	43.00	12.33	10.33	12.33	10.33	43.00	12.33	10.33	13.00
TMC1_S	30.31	18.38	30.74	154.04	145.36	149.04	16.60	12.60	16.60	12.60	149.04	16.60	12.60	11.20
TMC1_N	20.41	16.12	20.41	102.49	92.99	102.48	11.20	9.60	11.20	9.60	102.48	11.20	9.60	11.20
TMC2_N	28.66	28.46	6.38	354.46	358.13	286.81	20.00	18.20	20.00	18.20	286.81	20.00	18.20	4.20
TMC2_W	30.60	18.66	1.31	99.74	88.36	63.50	14.00	10.67	14.00	10.67	63.50	14.00	10.67	0.33
TMC2_S	27.85	23.56	1.47	332.98	343.02	220.51	17.35	14.25	17.35	14.25	220.51	17.35	14.25	0.00
TMC3_W	27.77	2.91	21.79	38.40	17.31	41.72	16.00	12.50	16.00	12.50	41.72	16.00	12.50	7.50
TMC3_N	547.36	136.92	11.68	1,343.85	894.04	656.37	199.90	138.63	199.90	138.63	656.37	199.90	138.63	9.27
TMC3_S	37.06	27.85	2.59	392.75	403.69	215.74	25.10	18.75	25.10	18.75	215.74	25.10	18.75	0.00
TMC4_W	22.37	18.76	8.32	83.50	77.73	66.68	16.67	13.33	16.67	13.33	66.68	16.67	13.33	8.00
TMC4_N	118.48	349.75	10.19	543.30	869.47	372.46	37.80	140.10	37.80	140.10	372.46	37.80	140.10	7.80
TMC4_S	42.25	50.29	0.22	175.81	198.87	53.65	21.25	22.25	21.25	22.25	53.65	21.25	22.25	0.00

ตารางที่ ค.6 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประเมินประสิทธิภาพทางแยก ปี 2560 วันธรรมดา ช่วงเย็น

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/คัน)				การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)				ความยาวแถวคอย (คัน)			
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
TMC1_W	31.11	26.29	31.25	47.77	47.34	48.03	12.33	10.67	12.67			
TMC1_S	35.93	19.61	33.66	201.44	158.63	186.55	19.00	10.00	12.40			
TMC1_N	17.24	12.91	17.15	94.09	83.77	93.90	10.60	7.40	10.60			
TMC2_N	384.93	112.71	17.64	839.41	708.00	460.13	178.80	51.40	12.00			
TMC2_W	260.47	229.49	10.13	562.07	553.80	160.99	114.00	84.00	14.67			
TMC2_S	44.95	34.18	2.37	541.97	476.54	312.10	37.40	17.00	0.20			
TMC3_W	119.59	0.95	21.41	115.70	18.72	59.44	50.00	3.00	9.50			
TMC3_N	43.22	24.94	14.45	742.46	825.77	909.44	22.67	19.17	10.00			
TMC3_S	40.55	45.43	2.93	506.35	474.03	209.46	25.00	14.00	0.00			
TMC4_W	26.25	12.80	9.95	69.04	60.02	54.66	17.33	8.67	12.33			
TMC4_N	88.92	170.88	9.25	546.41	788.28	471.68	33.00	118.80	6.40			
TMC4_S	41.40	17.90	0.25	201.51	145.14	57.89	22.00	10.50	0.00			

ตารางที่ ค.7 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประเมินประสิทธิภาพทางแยกปี 2560 วันหยุด ช่วงเช้า

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/คัน)			การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			ความยาวแถวคอย (คัน)		
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	ดูโม่จค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	ดูโม่จค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	ดูโม่จค์
TMC1_W	28.89	25.33	29.21	42.34	42.66	42.79	11.00	10.33	11.33
TMC1_S	36.09	17.55	34.60	171.77	144.82	189.12	18.60	12.60	14.60
TMC1_N	18.35	13.62	18.35	74.05	67.43	74.06	9.80	6.80	9.80
TMC2_N	29.69	31.38	5.71	270.59	285.96	217.88	17.80	18.00	4.80
TMC2_W	36.92	17.22	1.90	133.25	99.44	70.78	20.00	11.00	2.33
TMC2_S	31.24	38.39	1.59	329.06	320.25	272.73	16.50	16.60	0.00
TMC3_W	132.39	1.34	23.95	142.99	21.49	59.57	56.50	3.50	14.33
TMC3_N	71.52	29.72	7.43	1,019.78	811.41	560.58	37.17	22.00	7.00
TMC3_S	37.10	27.14	2.83	546.45	498.55	355.18	32.10	20.60	0.00
TMC4_W	34.59	26.61	12.90	200.97	178.78	138.68	40.00	37.33	23.33
TMC4_N	29.09	29.22	6.66	428.65	443.68	303.03	24.90	20.40	6.00
TMC4_S	107.89	125.03	0.34	550.14	525.54	106.28	48.25	48.00	0.00

ตารางที่ ค.8 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประสิทธิภาพทางแยก ปี 2560 วันหยุด ช่วงเย็น

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/คัน)			การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			ความยาวแถวคอย (คัน)		
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
TMC1_W	27.37	25.99	27.34	36.30	39.00	36.37	11.00	10.00	10.67
TMC1_S	32.55	18.02	30.71	135.31	133.46	154.32	17.60	18.80	12.80
TMC1_N	20.86	17.50	20.87	86.92	83.16	86.91	11.40	8.80	11.40
TMC2_N	37.91	45.42	7.52	357.79	379.90	273.62	22.80	22.80	6.20
TMC2_W	31.54	20.24	3.02	131.10	112.98	75.93	16.67	13.33	3.00
TMC2_S	39.15	40.88	1.88	387.65	457.67	309.82	17.95	25.80	0.00
TMC3_W	223.21	127.64	113.40	250.07	287.59	296.15	64.50	63.00	70.00
TMC3_N	102.62	185.24	7.77	1,413.40	1,812.28	662.51	74.50	95.50	9.00
TMC3_S	41.16	27.39	2.55	400.74	383.61	228.43	29.20	24.20	0.00
TMC4_W	25.21	46.72	9.77	58.71	75.78	46.71	15.67	22.00	6.00
TMC4_N	22.15	13.99	5.21	384.37	374.95	363.59	17.60	12.80	3.20
TMC4_S	39.54	27.01	0.10	184.01	144.09	52.64	21.50	17.75	0.00

ตารางที่ ค.9 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประเมิณประสิทธิภาพทางแยก ปี 2565 วันธรรมดา ช่วงเช้า

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/คัน)			การเผผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			ความยาวแถวคอย (คัน)		
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
TMC1_W	27.55	24.34	27.49	41.41	42.99	41.54	11.33	9.67	11.33
TMC1_S	31.21	18.31	29.68	160.62	139.89	152.69	19.60	11.60	11.20
TMC1_N	20.80	16.40	20.79	101.40	90.69	101.40	11.60	9.20	11.60
TMC2_N	29.35	28.22	6.33	390.90	405.39	318.17	20.20	18.20	4.80
TMC2_W	100.65	22.15	1.92	185.41	106.15	72.23	38.67	13.67	1.67
TMC2_S	31.25	25.26	1.78	398.69	395.39	261.45	18.80	16.80	0.00
TMC3_W	108.21	2.10	22.67	104.70	20.82	56.64	40.50	6.00	10.17
TMC3_N	680.97	389.50	12.92	1,517.07	1,281.15	784.77	242.87	224.90	7.67
TMC3_S	34.95	31.26	2.79	453.56	463.45	250.68	24.65	20.85	0.00
TMC4_W	23.34	19.35	9.06	99.08	95.50	78.94	19.00	16.67	12.67
TMC4_N	113.68	420.08	11.45	536.52	978.81	447.47	37.20	136.85	8.80
TMC4_S	48.53	55.73	0.26	218.92	234.02	59.32	25.00	25.50	0.00

ตารางที่ ค.10 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประเมินประสิทธิภาพทางแยก ปี 2565 วันธรรมดา ช่วงเย็น

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/คัน)				การผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)				ความยาวแถวคอย (คัน)			
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
TMC1_W	31.85	25.53	31.55	46.14	45.76	46.01	14.00	10.67	13.67			
TMC1_S	34.65	19.27	32.70	181.17	153.27	161.38	17.80	10.00	13.00			
TMC1_N	17.41	13.55	17.41	91.81	81.90	92.32	10.60	7.80	10.60			
TMC2_N	621.21	331.89	20.05	1,059.03	983.36	553.18	192.60	160.00	14.20			
TMC2_W	272.55	250.95	72.70	612.54	608.37	360.98	120.00	89.67	47.67			
TMC2_S	48.09	34.81	2.51	611.07	563.78	349.65	38.00	19.55	0.20			
TMC3_W	223.12	36.10	23.07	187.48	51.82	71.43	60.50	54.00	11.67			
TMC3_N	39.07	58.60	17.40	709.10	825.25	1,155.43	22.83	60.67	10.00			
TMC3_S	43.14	47.88	3.06	577.03	550.70	234.61	29.50	16.85	0.00			
TMC4_W	28.48	14.80	10.76	80.38	72.14	63.38	18.67	11.33	11.33			
TMC4_N	47.25	318.17	10.89	445.12	929.81	602.77	27.00	134.65	7.40			
TMC4_S	41.22	19.05	0.31	230.11	172.68	64.68	24.25	11.25	0.00			

ตารางที่ ค.11 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประเมินประสิทธิภาพทางแยก ปี 2565 วันหยุด ช่วงเช้า

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/ คัน)			การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			ความยาวแถวคอย (คัน)		
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
TMC1_W	28.54	24.39	28.91	41.05	40.10	41.47	12.00	9.67	11.33
TMC1_S	33.22	17.08	35.92	142.41	117.54	188.77	21.60	13.40	15.40
TMC1_N	17.89	13.86	17.89	71.61	65.94	71.64	9.40	7.40	9.40
TMC2_N	31.56	30.48	6.21	317.28	325.36	250.95	19.00	18.00	4.80
TMC2_W	92.20	22.31	2.78	234.33	126.06	81.29	34.67	15.67	4.33
TMC2_S	30.88	38.75	1.83	327.52	325.55	326.51	11.95	15.70	0.00
TMC3_W	206.60	3.67	25.41	205.50	30.85	70.70	62.50	5.50	14.67
TMC3_N	234.12	78.99	8.18	1,901.69	1,335.53	652.62	115.10	44.17	6.50
TMC3_S	37.02	27.26	4.03	515.63	475.49	458.75	32.90	21.25	20.60
TMC4_W	117.08	131.49	12.30	397.36	453.16	159.76	70.00	69.67	25.67
TMC4_N	30.35	30.61	5.92	428.31	538.58	345.81	22.80	22.85	5.40
TMC4_S	108.94	124.66	0.59	557.26	525.67	122.40	48.25	48.50	8.75

ตารางที่ ค.12 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประเมินประสิทธิภาพทางแยก ปี 2565 วันหยุด ช่วงเย็น

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/คัน)			การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			ความยาวแถวคอย (คัน)		
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
TMC1_W	26.96	25.00	27.21	35.11	37.98	35.36	10.67	8.33	11.00
TMC1_S	29.10	16.63	32.48	126.71	118.61	157.25	18.40	14.60	12.80
TMC1_N	20.12	16.60	20.11	85.17	78.81	85.22	11.60	8.60	11.60
TMC2_N	37.90	97.58	8.05	410.84	570.44	310.81	21.80	42.40	6.80
TMC2_W	121.56	22.88	3.91	282.28	134.65	87.92	57.00	15.33	4.33
TMC2_S	43.49	41.37	1.94	442.95	485.08	350.77	18.00	26.20	0.00
TMC3_W	231.26	138.42	121.11	261.72	294.34	321.55	63.50	63.00	70.50
TMC3_N	238.02	227.54	8.72	2,204.06	2,133.34	775.31	111.83	103.30	9.00
TMC3_S	41.93	28.38	2.70	468.79	444.59	261.13	37.30	24.60	0.00
TMC4_W	26.63	77.23	9.72	67.70	110.88	52.14	19.00	30.00	9.00
TMC4_N	25.61	14.80	5.46	384.18	380.32	403.01	19.60	11.00	5.20
TMC4_S	40.86	26.57	0.14	215.17	167.25	59.15	24.25	20.00	0.00

ตารางที่ ค.13 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประสิทธิภาพทางแยก ปี 2570 วันธรรมดา ช่วงเช้า

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/คัน)			การเผชิญเหตุเพลิง (ลิตร)			ความยาวแถวคอย (คัน)		
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
TMC1_W	30.73	23.00	30.90	42.05	38.07	42.25	11.33	10.33	10.67
TMC1_S	29.23	17.95	29.31	138.03	126.24	134.51	13.40	11.80	10.60
TMC1_N	20.49	16.80	20.49	91.14	83.45	91.13	11.80	9.00	11.80
TMC2_N	37.83	28.27	6.96	434.97	420.02	350.31	26.80	19.60	5.20
TMC2_W	223.75	32.08	2.81	295.30	133.82	81.54	95.33	18.67	2.67
TMC2_S	31.84	25.60	1.85	432.80	410.35	281.29	18.80	16.00	0.00
TMC3_W	214.21	0.97	23.03	171.34	20.62	64.15	61.50	3.50	10.17
TMC3_N	839.23	502.16	15.36	1,676.70	1,607.24	932.35	250.60	210.13	10.23
TMC3_S	36.18	29.57	2.88	496.32	503.94	268.94	27.85	23.15	0.00
TMC4_W	25.76	20.34	9.96	120.19	112.57	91.90	26.00	18.00	14.67
TMC4_N	39.11	230.58	11.58	389.08	825.51	548.59	24.80	108.25	8.80
TMC4_S	52.24	126.96	0.33	250.22	386.06	64.79	27.75	48.00	0.00

ตารางที่ ค.14 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประเมินประสิทธิภาพทางแยก ปี 2570 วันธรรมดา ช่วงเย็น

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/คัน)			การเผละยาสูบเพลิง (ลิตร)			ความยาวแถวคอย (คัน)		
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
TMC1_W	30.85	4.36	30.80	43.12	42.17	43.15	13.00	10.33	12.00
TMC1_S	33.86	17.18	32.01	161.38	127.71	139.53	18.80	8.20	9.40
TMC1_N	17.10	62.48	17.07	82.73	74.59	83.44	9.40	7.40	9.40
TMC2_N	770.70	13.26	21.66	1,181.67	1,205.75	616.93	186.60	175.40	14.20
TMC2_W	289.73	10.03	176.19	627.65	630.41	653.88	116.67	89.00	76.33
TMC2_S	49.78	74.57	2.80	715.23	647.20	403.13	38.00	21.20	0.20
TMC3_W	261.62	0.40	24.15	204.99	61.41	81.01	62.50	52.50	15.17
TMC3_N	40.22	516.70	19.27	702.40	822.00	1,233.78	23.50	75.83	10.17
TMC3_S	43.38	31.85	3.18	677.74	641.13	264.62	33.25	21.65	0.00
TMC4_W	26.99	1.37	10.73	89.49	82.41	70.70	19.67	12.33	10.67
TMC4_N	36.97	25.75	11.03	408.77	913.03	624.79	22.20	134.15	10.00
TMC4_S	45.19	1.52	0.33	271.33	206.13	70.75	28.25	13.00	0.00

ตารางที่ ค.15 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประสิทธิผลทางแยก ปี 2570 วันหยุด ช่วงเช้า

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/คัน)			การเผผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			ความยาวแถวคอย (คัน)		
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
TMC1_W	27.48	24.06	28.42	37.81	36.66	38.64	10.33	9.00	11.00
TMC1_S	31.36	16.90	34.81	120.46	102.98	179.16	14.80	13.80	14.00
TMC1_N	17.36	13.40	17.36	66.18	59.10	66.16	9.20	7.00	9.20
TMC2_N	31.15	29.89	6.70	345.66	345.51	273.96	19.00	20.20	8.00
TMC2_W	172.83	25.85	3.41	369.71	148.39	89.70	74.00	16.00	4.33
TMC2_S	30.02	38.08	1.83	321.57	314.37	344.23	13.30	16.70	0.00
TMC3_W	250.02	35.38	26.02	231.96	83.41	79.74	63.50	24.50	15.17
TMC3_N	273.50	201.46	8.48	2,151.47	2,073.15	743.29	128.43	97.93	9.00
TMC3_S	37.41	27.36	4.35	501.26	463.35	495.65	30.75	21.00	28.70
TMC4_W	166.81	141.66	19.28	465.93	463.75	233.95	69.00	71.00	31.67
TMC4_N	28.89	30.71	7.25	419.99	510.89	393.08	19.00	21.60	7.60
TMC4_S	105.35	125.39	0.80	561.57	521.89	134.92	48.50	48.50	20.75

ตารางที่ ค.16 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประเมินประสิทธิภาพทางแยก ปี 2570 วันหยุด ช่วงเย็น

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/คัน)			การเผผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			ความยาวแถวคอย (คัน)		
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
	ปรับปรุง	สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ปรับปรุง	สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ปรับปรุง	สัญญาณไฟ	อุโมงค์
TMC1_W	28.91	25.10	28.73	34.70	34.88	34.74	12.00	8.00	10.33
TMC1_S	31.81	16.17	31.36	127.88	114.39	138.47	19.40	12.40	11.60
TMC1_N	21.02	16.60	21.02	80.75	73.64	80.77	10.20	8.00	10.20
TMC2_N	43.73	89.51	8.94	484.15	606.47	342.86	26.00	40.00	8.20
TMC2_W	223.19	25.09	5.59	463.98	154.84	103.32	99.67	16.67	7.00
TMC2_S	47.33	41.23	1.96	490.28	523.87	376.48	21.20	27.85	0.00
TMC3_W	225.57	137.26	126.21	255.95	290.95	324.74	63.00	63.50	70.33
TMC3_N	252.08	290.07	10.58	2,278.96	2,509.28	922.73	120.23	119.43	16.00
TMC3_S	45.36	31.05	2.78	547.44	514.07	289.83	41.25	27.90	0.00
TMC4_W	25.27	83.70	9.76	73.51	131.51	57.75	18.00	39.00	9.00
TMC4_N	24.44	13.09	5.72	372.83	368.89	427.83	19.00	10.60	5.20
TMC4_S	44.38	27.76	0.14	254.73	189.73	64.31	27.50	21.25	0.00

ตารางที่ ต.17 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประเมินประสิทธิภาพทางแยก ปี 2575 วันธรรมดา ช่วงเช้า

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/คัน)			การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			ความยาวแถวคอย (คัน)		
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
TMC1_W	28.12	24.79	28.30	39.60	39.50	39.74	11.33	8.33	12.00
TMC1_S	29.16	17.61	31.22	127.25	118.35	130.48	14.80	12.20	10.60
TMC1_N	20.37	16.50	20.37	92.07	81.90	92.08	12.40	8.40	12.40
TMC2_N	74.02	48.71	6.79	535.43	504.39	399.34	68.00	50.80	7.20
TMC2_W	343.26	118.34	4.25	362.72	229.99	95.37	124.33	104.33	4.33
TMC2_S	36.72	29.19	2.11	500.29	474.70	324.25	20.00	20.35	0.00
TMC3_W	252.28	16.32	23.55	197.27	43.08	76.02	62.00	52.50	11.67
TMC3_N	924.60	620.00	27.86	1,801.72	1,697.26	1,374.82	251.20	252.17	16.03
TMC3_S	38.04	30.25	3.32	588.30	542.43	330.27	32.20	21.35	0.40
TMC4_W	27.34	23.40	9.69	154.12	146.70	111.48	21.67	22.00	13.67
TMC4_N	62.90	372.25	14.32	439.27	967.64	738.63	31.60	139.85	14.80
TMC4_S	106.90	140.80	0.39	401.86	417.11	73.95	48.50	48.25	0.00

ตารางที่ ค.18 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประเมินประสิทธิภาพแยก ปี 2575 วันธรรมดา ช่วงเย็น

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/คัน)				การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)				ความยาวแถวคอย (คัน)					
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
TMC1_W	29.45	25.44	28.99	40.87	41.65	40.56	13.00	9.33	13.00	9.33	40.56	13.00	9.33	12.00
TMC1_S	35.94	17.04	32.83	164.64	117.71	139.75	14.40	8.60	14.40	8.60	139.75	14.40	8.60	10.80
TMC1_N	17.00	12.84	17.00	85.83	75.60	85.89	9.60	6.60	9.60	6.60	85.89	9.60	6.60	9.60
TMC2_N	685.38	560.02	19.49	1,147.33	1,342.71	609.87	187.80	167.20	187.80	167.20	609.87	187.80	167.20	13.80
TMC2_W	313.19	276.85	210.16	645.86	663.36	725.50	123.33	91.00	123.33	91.00	725.50	123.33	91.00	84.00
TMC2_S	52.41	50.44	3.32	823.94	823.18	475.22	46.20	27.40	46.20	27.40	475.22	46.20	27.40	0.20
TMC3_W	270.22	92.93	26.92	206.54	128.43	98.30	62.50	61.00	62.50	61.00	98.30	62.50	61.00	17.67
TMC3_N	62.59	122.59	19.78	800.50	836.52	1,248.24	27.50	144.20	27.50	144.20	1,248.24	27.50	144.20	10.50
TMC3_S	47.24	92.61	3.64	824.75	871.90	312.37	34.70	51.40	34.70	51.40	312.37	34.70	51.40	0.40
TMC4_W	29.50	15.06	11.76	108.49	96.18	84.76	21.33	11.33	21.33	11.33	84.76	21.33	11.33	11.67
TMC4_N	92.83	368.35	11.96	543.84	949.79	703.89	36.00	135.30	36.00	135.30	703.89	36.00	135.30	8.80
TMC4_S	81.45	72.26	0.44	417.89	433.91	80.13	47.00	34.25	47.00	34.25	80.13	47.00	34.25	0.00

ตารางที่ ค.19 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประเมินประสิทธิภาพทางแยก ปี 2575 วันหยุด ช่วงเช้า

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/คัน)			การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			ความยาวแถวคอย (คัน)		
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
	ปรับปรุง	สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ปรับปรุง	สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ปรับปรุง	สัญญาณไฟ	อุโมงค์
TMC1_W	27.54	23.01	27.77	36.60	35.62	36.91	10.67	8.67	11.00
TMC1_S	32.48	15.76	32.62	124.48	91.68	151.94	16.40	9.20	14.60
TMC1_N	17.34	14.41	17.34	65.73	59.62	65.73	8.60	7.20	8.60
TMC2_N	32.71	33.03	6.88	397.50	400.69	310.23	20.80	22.40	5.80
TMC2_W	239.80	31.40	5.84	523.94	190.25	113.50	109.33	21.00	6.33
TMC2_S	31.30	38.24	1.98	318.60	324.30	341.17	18.20	15.90	0.00
TMC3_W	235.86	138.47	41.91	237.41	250.10	114.70	62.50	62.50	26.67
TMC3_N	341.49	222.59	9.83	2,421.08	2,499.57	909.11	160.63	127.10	12.17
TMC3_S	38.16	27.40	21.84	507.86	464.45	849.14	31.75	20.40	38.20
TMC4_W	156.49	157.20	82.41	465.24	466.18	522.28	71.00	70.00	70.00
TMC4_N	32.00	32.94	7.75	432.22	578.05	471.33	21.00	24.40	9.00
TMC4_S	109.00	121.34	72.16	560.59	528.45	715.55	48.00	48.25	76.25

ตารางที่ ค.20 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประเมินประสิทธิภาพทางแยก ปี 2575 วันหยุด ช่วงเย็น

จุดสำรวจ	ความล่าช้า (วินาที/คัน)			การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			ความยาวแถวคอย (คัน)		
	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์	ก่อน ปรับปรุง	ปรับ สัญญาณไฟ	อุโมงค์
TMC1_W	29.18	25.67	29.12	35.28	35.28	35.17	10.33	8.33	10.33
TMC1_S	28.90	15.41	29.29	124.37	100.28	130.76	15.40	12.80	11.00
TMC1_N	20.50	17.17	20.49	76.56	73.48	76.57	10.20	8.40	10.20
TMC2_N	42.47	332.81	8.70	551.63	1,266.52	393.24	25.60	158.40	7.80
TMC2_W	245.08	62.66	6.63	556.34	274.53	120.25	105.00	45.00	7.67
TMC2_S	49.00	43.33	1.91	528.86	574.26	388.46	21.80	32.85	0.00
TMC3_W	237.14	137.02	134.30	252.70	287.23	330.67	63.00	63.00	69.50
TMC3_N	288.99	342.05	13.07	2,436.44	2,591.23	1,176.27	134.23	143.40	18.83
TMC3_S	48.39	37.98	3.07	659.02	618.39	338.93	45.90	35.60	0.00
TMC4_W	26.74	247.72	10.34	85.32	319.25	67.08	23.33	69.33	9.00
TMC4_N	25.00	16.10	5.18	359.47	369.59	427.65	17.40	12.80	4.00
TMC4_S	46.28	28.79	0.19	308.78	227.65	73.83	31.00	24.75	0.00

ภาคผนวก ง

ระยะเวลาในการเดินทางระหว่างทางแยก

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ตารางที่ ง.1 ระยะเวลาการเดินทางระหว่างทางแยก ในอีก 20 ปี ไม่มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการจราจร (วินาที)

เส้นทาง	ช่วงเช้า วันธรรมดา					ช่วงเย็น วันธรรมดา				
	2555	2560	2565	2570	2575	2555	2560	2565	2570	2575
แยกพิทยากลาง เข้าถนนพิทยานเหนือ	136.47	137.43	134.09	136.43	133.53	148.88	146.61	142.33	141.33	144.90
แยกพิทยานเหนือ เข้าถนนพิทยากลาง	118.39	116.54	116.88	120.76	120.85	138.97	182.56	201.81	220.26	215.35
แยกพิทยานใต้ เข้าถนนพิทยากลาง	98.63	98.59	99.71	100.93	101.11	105.44	107.04	108.51	113.29	111.26
แยกพิทยากลาง เข้าถนนพิทยานใต้	102.86	113.12	126.34	128.46	139.75	105.96	104.99	103.80	103.73	108.50
แยกเทพประสิทธิ์ เข้าถนนพิทยานใต้	58.48	59.06	59.30	59.96	60.63	61.00	62.39	63.19	63.64	65.88
แยกพิทยานใต้ เข้าถนนเทพประสิทธิ์	56.65	56.16	57.00	56.66	56.66	59.38	61.49	60.00	59.01	61.97
เส้นทาง	ช่วงเช้า วันหยุด					ช่วงเย็น วันหยุด				
	2555	2560	2565	2570	2575	2555	2560	2565	2570	2575
แยกพิทยากลาง เข้าถนนพิทยานเหนือ	143.42	141.98	137.64	135.37	137.48	136.47	137.43	134.09	136.43	133.53
แยกพิทยานเหนือ เข้าถนนพิทยากลาง	110.71	109.87	111.54	111.08	111.90	118.39	116.54	116.88	120.76	120.85
แยกพิทยานใต้ เข้าถนนพิทยากลาง	97.03	97.46	96.97	97.02	97.21	98.63	98.59	99.71	100.93	101.11
แยกพิทยากลาง เข้าถนนพิทยานใต้	101.63	107.38	122.61	130.82	146.67	102.86	113.12	126.34	128.46	139.75
แยกเทพประสิทธิ์ เข้าถนนพิทยานใต้	58.57	59.44	58.84	59.27	59.52	58.48	59.06	59.30	59.96	60.63
แยกพิทยานใต้ เข้าถนนเทพประสิทธิ์	56.72	58.12	58.58	57.98	58.79	56.65	56.16	57.00	56.66	56.66

ตารางที่ ง.2 ระยะเวลาการเดินทางระหว่างทางแยก ในอีก 20 ปี มีการปรับเปลี่ยนรอบสัญญาณไฟจราจร (วินาที)

เส้นทาง	ช่วงเช้า วันธรรมดา					ช่วงเย็น วันธรรมดา				
	2555	2560	2565	2570	2575	2555	2560	2565	2570	2575
แยกพิทยากลาง เข้าถนนพิทยานี้อ	126.53	126.26	124.39	123.45	122.88	132.44	130.49	129.75	127.14	126.16
แยกพิทยานี้อ เข้าถนนพิทยากลาง	116.55	120.47	137.56	136.47	186.47	116.92	147.72	185.79	202.62	220.27
แยกพิทยานี้อเข้าถนนพิทยากลาง	104.53	103.40	104.38	104.83	105.19	108.68	110.12	111.19	112.81	119.44
แยกพิทยากลาง เข้าถนนพิทยานี้อ	100.56	119.99	126.80	143.88	153.43	101.40	103.84	107.25	108.72	111.50
แยกเทพประสิทธิ์ เข้าถนนพิทยานี้อ	60.10	60.57	61.13	61.79	63.70	65.27	66.63	67.53	68.91	74.96
แยกพิทยานี้อเข้าถนนเทพประสิทธิ์	53.95	54.05	54.11	53.78	54.37	60.25	69.24	79.91	80.11	84.79
เส้นทาง	ช่วงเช้า วันหยุด					ช่วงเย็น วันหยุด				
	2555	2560	2565	2570	2575	2555	2560	2565	2570	2575
แยกพิทยากลาง เข้าถนนพิทยานี้อ	127.41	126.96	125.41	124.21	123.21	126.53	126.26	124.39	123.45	122.88
แยกพิทยานี้อ เข้าถนนพิทยากลาง	110.92	112.57	112.40	112.25	114.19	116.55	120.47	137.56	136.47	186.47
แยกพิทยานี้อเข้าถนนพิทยากลาง	103.33	102.92	103.06	103.54	103.19	104.53	103.40	104.38	104.83	105.19
แยกพิทยากลาง เข้าถนนพิทยานี้อ	97.61	102.59	112.72	122.94	137.02	100.56	119.99	126.80	143.88	153.43
แยกเทพประสิทธิ์ เข้าถนนพิทยานี้อ	60.80	61.14	61.04	61.20	61.11	60.10	60.57	61.13	61.79	63.70
แยกพิทยานี้อเข้าถนนเทพประสิทธิ์	57.59	58.44	59.31	59.08	59.65	53.95	54.05	54.11	53.78	54.37

ตารางที่ 3.3 ระยะเวลาการเดินทางระหว่างทางแยก ในอีก 20 ปี มีการใช้โมดัลทางลอด (วินาที)

เส้นทาง	ช่วงเช้า วันธรรมดา				ช่วงเย็น วันธรรมดา					
	2555	2560	2565	2570	2575	2555	2560	2565	2570	2575
แยกพิทยากลาง เข้าถนนพิทยะเหนือ	141.00	138.40	137.70	135.79	138.99	143.50	142.74	140.75	138.95	140.64
แยกพิทยะเหนือ เข้าถนนพิทยากลาง	98.09	98.26	98.29	99.10	99.66	105.55	106.85	109.11	110.04	108.42
แยกพิทยะใต้ เข้าถนนพิทยากลาง	89.30	88.56	88.84	88.88	89.78	90.52	90.44	90.69	90.99	91.47
แยกพิทยากลาง เข้าถนนพิทยะใต้	94.42	95.90	97.01	98.59	104.20	96.28	98.23	100.29	101.34	101.97
แยกเทพประสิทธิ์ เข้าถนนพิทยะใต้	52.30	52.74	52.94	53.01	54.69	53.74	53.26	53.30	53.45	53.92
แยกพิทยะใต้ เข้าถนนเทพประสิทธิ์	63.41	54.13	54.95	55.57	57.16	61.01	54.52	55.76	55.69	56.42
เส้นทาง	ช่วงเช้า วันหยุด									
	2555	2560	2565	2570	2575	2555	2560	2565	2570	2575
แยกพิทยากลาง เข้าถนนพิทยะเหนือ	141.57	141.07	141.81	142.12	139.13	136.13	136.92	138.26	135.81	134.12
แยกพิทยะเหนือ เข้าถนนพิทยากลาง	97.98	97.14	97.62	98.02	98.21	99.28	98.74	99.16	100.06	100.13
แยกพิทยะใต้ เข้าถนนพิทยากลาง	89.05	88.69	88.92	89.10	89.10	89.19	88.91	89.05	88.94	89.03
แยกพิทยากลาง เข้าถนนพิทยะใต้	91.70	92.17	92.88	93.28	94.07	92.46	92.76	93.45	94.64	96.08
แยกเทพประสิทธิ์ เข้าถนนพิทยะใต้	51.63	52.49	52.71	53.05	55.25	51.83	52.52	52.73	52.79	52.98
แยกพิทยะใต้ เข้าถนนเทพประสิทธิ์	56.31	51.89	51.76	52.23	53.47	56.04	51.78	51.85	52.07	51.85
	ช่วงเย็น วันหยุด									
	2555	2560	2565	2570	2575	2555	2560	2565	2570	2575
แยกพิทยากลาง เข้าถนนพิทยะเหนือ	141.57	141.07	141.81	142.12	139.13	136.13	136.92	138.26	135.81	134.12
แยกพิทยะเหนือ เข้าถนนพิทยากลาง	97.98	97.14	97.62	98.02	98.21	99.28	98.74	99.16	100.06	100.13
แยกพิทยะใต้ เข้าถนนพิทยากลาง	89.05	88.69	88.92	89.10	89.10	89.19	88.91	89.05	88.94	89.03
แยกพิทยากลาง เข้าถนนพิทยะใต้	91.70	92.17	92.88	93.28	94.07	92.46	92.76	93.45	94.64	96.08
แยกเทพประสิทธิ์ เข้าถนนพิทยะใต้	51.63	52.49	52.71	53.05	55.25	51.83	52.52	52.73	52.79	52.98
แยกพิทยะใต้ เข้าถนนเทพประสิทธิ์	56.31	51.89	51.76	52.23	53.47	56.04	51.78	51.85	52.07	51.85

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ – นามสกุล	ศักดิ์จุฬา นามจันทร์
วัน เดือน ปี เกิด	เมื่อวันที่ 7 มกราคม 2534
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 66 หมู่ 1 ต.ทับมา อ.เมือง จ.ระยอง 21000
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2552	กำลังศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
พ.ศ. 2546	หลักสูตรมัธยมศึกษา โรงเรียนระยองวิทยาคม
.....	
ชื่อ – นามสกุล	ศุภชัย เชื้อเกตุ
วัน เดือน ปี เกิด	เมื่อวันที่ 4 ตุลาคม 2533
สถานที่เกิด	อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 78/4 หมู่ 8 ต.บ่อทอง อ.หนองม่วง จ.ลพบุรี 15170
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2552	กำลังศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
พ.ศ. 2546	หลักสูตรมัธยมศึกษา โรงเรียนหนองม่วงวิทยา