

การพัฒนาระบบควบคุมการจราจรที่เหมาะสม กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา

นายศิวกิจ เสรีรัตนสกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2550

**THE DEVELOPMENT OF SUITABLE TRAFFIC
CONTROL PLAN: A CASE STUDY OF
NAKHON RATCHASIMA PROVINCE**

Siwakit Serirattanasakul

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Transportation Engineering**

Suranaree University of Technology

Academic Year 2007

การพัฒนาระบบควบคุมการจราจรที่เหมาะสม กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รศ. ดร. วัฒนวงศ์ รัตนวราห์)

ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. สมประสงค์ สัตย์มัลลี)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(อ. ดร. ธีรยุทธ ลิมานนท์)

กรรมการ

(รศ. ดร. เสาวณี รัตนพานิช)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รศ. น.อ. ดร. วรพจน์ จำพิศ)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ศิวกิจ เสรีรัตนสกุล : การพัฒนาระบบควบคุมการจราจรที่เหมาะสม กรณีศึกษาจังหวัด
นครราชสีมา (THE DEVELOPMENT OF SUITABLE TRAFFIC CONTROL
PLAN: A CASE STUDY OF NAKHON RATCHASIMA PROVINCE)

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมประสงค์ สัตยมัลลี, 203 หน้า.

การศึกษาและวิจัยการพัฒนาระบบควบคุมการจราจรที่เหมาะสมสำหรับโครงข่ายจราจร
ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเหมาะสมการนำอุปกรณ์ควบคุม
สัญญาณไฟนำมาใช้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดโดยการปรับปรุงความยาวรอบเวลาสัญญาณไฟให้
เหมาะสมกับสภาพการจราจร การวิจัยนี้ใช้ข้อมูลสำรวจในปี 2546 เนื่องจากมีความสมบูรณ์
ครบถ้วนที่สำรวจในโครงการศึกษาแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค จังหวัด
นครราชสีมา ข้อมูลรวบรวมประกอบด้วย ระบบสัญญาณไฟ, ปริมาณจราจรบนถนนและลักษณะ
ทางกายภาพ งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการศึกษาการปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรทางแยก 34
แห่ง โดยเปรียบเทียบความล่าช้า, การเผาผลาญเชื้อเพลิงและปริมาณมลพิษ ที่เกิดขึ้นทั้งโครงข่าย
จากการทดลองปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟ

การทดสอบการปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟที่เหมาะสมสำหรับช่วงเวลาเร่งด่วนตอน
เช้าและเย็นในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรมสองตัว ได้แก่ โปรแกรม aaSidra และ Synchro จากการ
ทดลองปรับปรุงรอบสัญญาณไฟด้วยโปรแกรม aaSidra พบการปรับปรุงรอบสัญญาณไฟจะส่งผล
ให้การเผาผลาญเชื้อเพลิง, ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์, ความล่าช้า ลดลงประมาณ 11.0%,
5.8%, 25.0% ตามลำดับ ส่วนความเร็วจราจรจะเพิ่มขึ้น 1.3% สำหรับการปรับปรุงสัญญาณไฟด้วย
โปรแกรม Synchro พบว่า มีการเผาผลาญเชื้อเพลิง, ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์, ความล่าช้า
, จำนวนการหยุดทั้งหมด, ระยะเวลาการเดินทาง ลดลงอย่างละ 13.6%, 13.6%, 30.4%, 6.1%,
20.8% ตามลำดับ และความเร็วเพิ่มขึ้น 22.3%

สาขาวิชา วิศวกรรมขนส่ง

ปีการศึกษา 2550

ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

SIWAKIT SERIRATTANASAKUL : THE DEVELOPMENT OF
SUITABLE TRAFFIC CONTROL PLAN: A CASE STUDY OF
NAKHON RATCHASIMA PROVINCE. THESIS ADVISOR :
ASST. PROF. SOMPRASONG SUTTAYAMULLY, Ph.D. 203 PP.

OPTIMIZED CYCLE TIME/EMISSION/TOTAL NUMBER OF STOPS/SPEED
FUEL CONSUMPTION/DELAY

The objective of this study is to evaluate the appropriateness of the current traffic signalized system on the Nakhon Ratchasima Municipality road network by optimizing the cycle timing plans to best accommodate the traffic patterns in the city. Data used in this study was collected in 2003 as part of the Traffic and transport Master Plan Study for Nakhon Ratchasima Municipality. The data set includes information of physical characteristics of the road Network, signal timing plans of the signalized intersections, and traffic volumes in the area. In this study, cycle times of 34 major signalized intersections were optimized, to estimate the reduction in the system delay, gasoline consumptions and air pollution from vehicular traffic.

Cycle lengths and signal timing plans were optimized using two commonly used computer software, aaSidra and Synchro. The outputs of aaSidra indicate that the optimized cycle time plans will reduce overall gasoline consumption, total CO emission, and system delay on the municipality road network by 11.0%, 5.8% and 25.0%, respectively, while the average vehicle speed will increase by 1.3%. Using Synchro, the optimized cycle timing plans will reduce overall gasoline consumption, total CO emission, system delay, the total numbers of stops, and total travel time by

13.6%, 13.6%, 30.4%, 6.1%, 20.8%, respectively, while the average speed will improved by 22.3%.

School of Transportation Engineering

Academic Year 2006

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคล และกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย อาทิ เช่น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมประสงค์ สัตย์มัลลี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษา และแนะนำแนวทางในการทำวิจัยและเป็นที่ปรึกษาในการทำวิจัยตลอดมา

อาจารย์ ดร.ถิรยุทธ ลิมานนท์ ที่ให้คำปรึกษาด้านการทำวิจัย รวมทั้งให้คำปรึกษาเกี่ยวกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ทำการวิจัย และแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ รวมทั้งช่วยตรวจทาน แก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห, อาจารย์ ร้อยเอก สุทธิพงษ์ มีโย ที่ให้คำแนะนำ และให้ความรู้ทางด้านวิชาการอย่างดียิ่งมาโดยตลอด

คณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่งที่ให้คำปรึกษาทุกท่านที่ให้คำปรึกษา

คุณณัฐธิดา นิลจินดา คุณโกวิท รังสีสุริยะชัย รวมทั้งเพื่อนนักศึกษาระดับปริญญาโทที่ให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา และคำแนะนำมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ทุนสนับสนุนโครงการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท และคุณจรรยาพร ศรีวิไลลักษณ์ ที่ช่วยตรวจสอบรูปแบบการพิมพ์วิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้ออกมาเรียบร้อยและสวยงาม

ขอกราบขอบพระคุณครูบาอาจารย์ทั้งในอดีตและปัจจุบันที่ได้ให้การอบรม สั่งสอน ให้ความรู้แก่ผู้วิจัย ซึ่งส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถมาถึงจุดสำเร็จของชีวิตระดับหนึ่ง

ท้ายสุดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้ความรัก อบรมเลี้ยงดู ส่งเสริมการศึกษา และช่วยเหลือด้านต่าง ๆ จนประสบความสำเร็จเช่นวันนี้

ศิวกิจ เสรีรัตนสกุล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ณ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
2 ปรัชญ่วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 บทนำ.....	4
2.2 ปรัชญางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.3 ทฤษฎีการวิเคราะห์การออกแบบสัญญาณไฟจราจร.....	7
2.3.1 ความยาวรอบเวลาสัญญาณไฟที่เหมาะสม.....	7
2.3.2 เวลาสูญเสียทั้งหมด.....	8
2.4 การวิเคราะห์สภาพจราจรที่ทางแยกที่สัญญาณไฟ.....	9
2.4.1 อัตราการไหลอ้อมตัว.....	9
2.4.2 ความล่าช้าอันเนื่องมาจากอุปกรณ์ควบคุมการจราจร.....	10
2.4.3 ความล่าช้าสม่ำเสมอ.....	10
2.4.4 แฟกเตอร์การปรับแก้การเคลื่อนที่.....	11
2.4.5 ความล่าช้าที่เพิ่มขึ้น.....	11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5	ทฤษฎีการเผาผลาญเชื้อเพลิงและปลดปล่อยมลพิษของยานพาหนะ.....	12
2.5.1	การเผาผลาญเชื้อเพลิงและปลดปล่อยมลพิษของโปรแกรม aaSidra.....	12
2.5.1.1	ช่วงที่รถหยุด.....	14
2.5.1.2	ช่วงที่รถวิ่งปกติ.....	15
2.5.1.3	ช่วงที่รถเร่งความเร็ว.....	16
2.5.1.4	ช่วงที่รถชะลอความเร็ว.....	17
2.5.2	การเผาผลาญเชื้อเพลิงและปลดปล่อยมลพิษของโปรแกรม Synchro.....	22
2.5.2.1	การเผาผลาญเชื้อเพลิงของโปรแกรม Synchro.....	22
2.5.2.2	การปลดปล่อยมลพิษของโปรแกรม Synchro.....	22
3	วิธีการดำเนินการวิจัย.....	24
3.1	บทนำ.....	24
3.2	พื้นที่ศึกษา.....	24
3.3	วิธีการดำเนินการวิจัย.....	27
3.3.1	ระเบียบวิธีการวิจัย.....	27
3.3.2	ขั้นตอนวิธีการเก็บข้อมูล.....	27
3.3.3	ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล.....	28
3.4	สภาพการจราจรของโครงข่ายถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา.....	35
3.5	ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของโครงข่ายจราจร.....	45
3.6	ข้อสมมติฐาน.....	46
3.7	การวิเคราะห์สภาพจราจรของโปรแกรม aaSidra และ Synchro.....	47
3.8	การสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์สภาพการจราจรด้วยโปรแกรม aaSidra.....	48
3.9	การสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์สภาพการจราจรด้วยโปรแกรม Synchro.....	55
3.10	หน่วยค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล.....	60
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล.....	61
4.1	บทนำ.....	61

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2	ผลการทดสอบจำลองสภาพการจราจรของโครงข่ายจราจรในพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมา.....	61
4.2.1	ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าโดยโปรแกรม aaSidra.....	62
4.2.2	ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นโดยโปรแกรม aaSidra.....	69
4.2.3	ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าโดยโปรแกรม Synchro.....	76
4.2.4	ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นโดยโปรแกรม Synchro.....	83
4.3	ผลการวิเคราะห์การปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ aaSidra.....	90
4.4	ผลการวิเคราะห์การปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Synchro.....	90
5	สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	91
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	91
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	92
5.3	แนวทางการศึกษาต่อเนื่อง.....	93
	รายการอ้างอิง.....	94
	ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการคำนวณออกแบบรอบเวลาสัญญาณไฟจราจร.....	96
ภาคผนวก ข	ตัวอย่างผลลัพธ์ข้อมูลวิเคราะห์ก่อนปรับปรุงสัญญาณไฟจราจรระดับจุดภาคโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ aaSidra.....	104
ภาคผนวก ค	ตัวอย่างผลลัพธ์ข้อมูลวิเคราะห์หลังปรับปรุงสัญญาณไฟจราจรระดับจุดภาคโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ aaSidra.....	109

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ง	ตัวอย่างผลลัพธ์ข้อมูลวิเคราะห์ก่อนปรับปรุงสัญญาณไฟจราจร ระดับมหภาคโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Synchro.....	114
ภาคผนวก จ	ตัวอย่างผลลัพธ์ข้อมูลวิเคราะห์หลังปรับปรุงสัญญาณไฟจราจร ระดับมหภาคโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Synchro.....	118
ภาคผนวก ฉ	ผลการทดสอบก่อนและหลังปรับปรุงความเหมาะสมความยาว รอบสัญญาณไฟจราจรจากโปรแกรม aaSidra ในช่วงเวลาเร่งด่วน เช้าและเย็น	122
ภาคผนวก ช	ผลการทดสอบก่อนและหลังปรับปรุงความเหมาะสมความยาว รอบสัญญาณไฟจราจรจากโปรแกรม Synchro ในช่วงเวลาเร่งด่วน เช้าและเย็น	157
ภาคผนวก ซ	ขั้นตอนการปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรของโปรแกรม aaSidra และ Synchro.....	192
ประวัติผู้เขียน.....		203

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 พารามิเตอร์สำหรับวัฏจักรจำลองการขับเคลื่อนของยานพาหนะสำหรับประมาณช่วง เผาผลาญเชื้อเพลิงและปริมาณมลพิษ.....	19
2.1 พารามิเตอร์สำหรับวัฏจักรจำลองการขับเคลื่อนของยานพาหนะสำหรับประมาณช่วง เผาผลาญเชื้อเพลิงและปริมาณมลพิษ (ต่อ).....	20
2.1 พารามิเตอร์สำหรับวัฏจักรจำลองการขับเคลื่อนของยานพาหนะสำหรับประมาณช่วง เผาผลาญเชื้อเพลิงและปริมาณมลพิษ (ต่อ).....	21
3.1 ตัวอย่างเปรียบเทียบความยาวแถวคอยสูงสุดจากการจำลองสภาพจราจรกับข้อมูล สำรวจจริง.....	38
3.1 ตัวอย่างเปรียบเทียบความยาวแถวคอยสูงสุดจากการจำลองสภาพจราจรกับข้อมูล สำรวจจริง (ต่อ).....	39
3.2 ระดับการให้บริการของทางแยกระดับ A ถึง F ภายในโครงข่ายจราจร ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา.....	40
3.3 เปรียบเทียบความแตกต่างของโปรแกรม aaSidra และ Synchro.....	47
4.1 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟ จราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าโดยโปรแกรม aaSidra.....	63
4.1 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟ จราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าโดยโปรแกรม aaSidra (ต่อ).....	64
4.1 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟ จราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าโดยโปรแกรม aaSidra (ต่อ).....	65
4.2 สรุปผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังการปรับปรุงรอบสัญญาณไฟ จราจร โดยโปรแกรม aaSidra ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า.....	66
4.3 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟ จราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นโดยโปรแกรม aaSidra.....	70
4.3 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟ จราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นโดยโปรแกรม aaSidra (ต่อ).....	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.3 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นโดยโปรแกรม aaSidra (ต่อ).....	72
4.4 สรุปผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังการปรับปรุงรอบสัญญาณไฟจราจร โดยโปรแกรม aaSidra ในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น.....	73
4.5 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าโดยโปรแกรม Synchro.....	77
4.5 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าโดยโปรแกรม Synchro (ต่อ).....	78
4.5 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าโดยโปรแกรม Synchro (ต่อ).....	79
4.6 สรุปผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังการปรับปรุงรอบสัญญาณไฟจราจร โดยโปรแกรม Synchro ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า.....	80
4.7 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น โดยโปรแกรม Synchro.....	84
4.7 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น โดยโปรแกรม Synchro (ต่อ).....	85
4.7 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น โดยโปรแกรม Synchro (ต่อ).....	86
4.8 สรุปผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังการปรับปรุงรอบสัญญาณไฟจราจร โดยโปรแกรม Synchro ในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น.....	87
ก.1 จำแนกรายละเอียดโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในระดับต่าง ๆ.....	99
ก.2 ลักษณะเฉพาะและความสามารถในการนำไปประยุกต์ใช้งานโดยโปรแกรม aaSidra.....	100
ก.2 ลักษณะเฉพาะและความสามารถในการนำไปประยุกต์ใช้งานโดยโปรแกรม aaSidra (ต่อ).....	101
ก.3 ลักษณะเฉพาะและความสามารถในการนำไปประยุกต์ใช้งานโดยโปรแกรม Synchro.....	102

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.3 ลักษณะเฉพาะและความสามารถการนำไปประยุกต์ใช้งานโดยโปรแกรม Synchro (ต่อ).....	103
ฉ.1 ผลการทดสอบก่อนและหลังปรับปรุงความเหมาะสมรอบสัญญาณไฟจราจร โดยโปรแกรม aaSidra ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า (7.30-8.30น.).....	123
ฉ.2 ผลการทดสอบก่อนและหลังปรับปรุงความเหมาะสม รอบสัญญาณไฟจราจร โดยโปรแกรม aaSidra ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น (17.00-18.00น.).....	140
ช.1 ผลการทดสอบก่อนและหลังปรับปรุงความเหมาะสมรอบสัญญาณไฟจราจร โดยโปรแกรม Synchro ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า (7.30-8.30น.).....	158
ช.2 ผลการทดสอบก่อนและหลังปรับปรุงความเหมาะสม รอบสัญญาณไฟจราจร โดยโปรแกรม Synchro ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น (17.00-18.00น.).....	175
ช.1 สรุปประเภทและรายละเอียดของขั้นตอนการปรับปรุงหาความเหมาะสม สัญญาณไฟจราจร (Husch, D., Albeck, J., 2003).....	195
ช.1 สรุปประเภทและรายละเอียดของขั้นตอนการปรับปรุงหาความเหมาะสม สัญญาณไฟจราจร (ต่อ) (Husch, D., Albeck, J., 2003).....	196
ช.2 ค่าความยาวรอบสัญญาณไฟที่เหมาะสมของทางแยกสัมพันธ์กับค่าจราจร วิกฤตในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ไทล์.....	198
ช.3 รายละเอียดระดับทางเลือกของการหาค่าสัญญาณไฟเขียวและลำดับ สัญญาณไฟ (Husch, D., Albeck, J., 2003).....	201
ช.3 รายละเอียดระดับทางเลือกของการหาค่าสัญญาณไฟเขียวและลำดับ สัญญาณไฟ (ต่อ) (Husch, D., Albeck, J., 2003).....	202

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ความยาวรอบเวลาสัญญาณไฟที่เหมาะสม	7
2.2 เวลาสูญเสียทั้งหมด	8
2.3 แนวคิด (concept) อัตราการไหลอ้อมตัวและเวลาสูญเสียสำหรับการเคลื่อนที่	9
2.4 การเผาผลาญเชื้อเพลิงและมลพิษที่ความเร็วคงที่ (Slinn, M., Matthews, P. and Guest, P., 1998)	13
2.5 วัตถุประสงค์การจำลองการขับเคลื่อนของยานพาหนะ	14
3.1 โครงข่ายจราจรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา	25
3.2 ตำแหน่งทางแยกสัญญาณไฟจราจรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา	26
3.3 แผนผังแสดงวิธีการดำเนินการวิจัย	29
3.4 ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ทำการเก็บข้อมูลปริมาณจราจรเบื้องต้น	29
3.4 ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ทำการเก็บข้อมูลปริมาณจราจรเบื้องต้น (ต่อ)	30
3.5 ตำแหน่งจุดสำรวจปริมาณจราจรบนถนนและบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษา	31
3.6 สภาพทางกายภาพของทางแยกสัญญาณไฟจราจร	32
3.7 ตัวอย่างแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลสภาพทางกายภาพของทางแยกสัญญาณไฟจราจร	33
3.8 ระดับการให้บริการบริการของทางแยกระดับ F (LOS F) จำนวน 7 จุดสำรวจ จากสำรวจสภาพการจราจรจริงในโครงข่ายถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา	36
3.9 ระดับการให้บริการบริการของทางแยกระดับ F (LOS F) จำนวน 10 จุดสำรวจ จากจำลองสภาพการจราจรจริงในโครงข่ายถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา	37
3.10 ระดับการให้บริการบริการของทางแยกภายในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา	41
3.11 ตัวอย่างจุดสำรวจและเส้นทางจราจรที่มีปริมาณจราจรเพิ่มขึ้นในเขต เทศบาลนครนครราชสีมา	42
3.11 ตัวอย่างจุดสำรวจและเส้นทางจราจรที่มีปริมาณจราจรเพิ่มขึ้นในเขต เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)	43
3.12 การปรับค่าฟังก์ชันเจริญเติบโตทางด้านจราจร (growth factor) ของทางแยก	44

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.13 การปรับค่าฟังก์ชันเจริญเติบโตทางด้านการจราจร (growth factor) ของโครงข่าย.....	44
3.14 การปรับค่ามาตราส่วนการไหล (flow scale) ของปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้น.....	45
3.15 การเลือกระบบการควบคุมสัญญาณไฟจราจรและประเภทของทางแยก.....	48
3.16 หัวข้อรายละเอียดของโปรแกรม RIDES.....	49
3.17 การตั้งค่าตัวแปรพื้นฐาน.....	49
3.17 การตั้งค่าตัวแปรพื้นฐาน (ต่อ).....	50
3.18 การตั้งค่าลักษณะทางกายภาพของทางแยก.....	50
3.19 การตั้งค่ารายละเอียดข้อมูลขาทางแยก.....	51
3.19 การตั้งค่ารายละเอียดข้อมูลขาทางแยก (ต่อ).....	51
3.20 การตั้งค่าข้อมูลรายละเอียดของช่องทาง.....	52
3.21 การตั้งค่าปริมาณจราจรของยานพาหนะขนาดเบาและหนัก.....	53
3.22 การตั้งค่าจังหวะและรูปแบบสัญญาณไฟจราจร.....	53
3.22 การตั้งค่าจังหวะและรูปแบบสัญญาณไฟจราจร (ต่อ).....	54
3.23 ขั้นตอนการตั้งค่าลำดับเวลาสัญญาณไฟจราจร.....	54
3.24 การสร้างลักษณะกายภาพของโครงข่ายจราจร.....	55
3.24 การสร้างลักษณะกายภาพของโครงข่ายจราจร (ต่อ).....	56
3.25 การตั้งค่าข้อมูลบนถนน.....	56
3.26 การตั้งค่าลักษณะทางกายภาพของช่องทางจราจร.....	57
3.27 การตั้งค่าข้อมูลปริมาณจราจรของแต่ละช่องทาง.....	58
3.28 การตั้งค่าเวลาสัญญาณไฟจราจร.....	59
4.1 การเผาผลาญเชื้อเพลิงบริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้าโดยโปรแกรม aaSidra 2.0.....	67
4.2 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์บริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้าโดยโปรแกรม aaSidra 2.0.....	67
4.3 ความเร็วบริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้าโดยโปรแกรม aaSidra 2.0.....	68

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.4 การเผาผลาญเชื้อเพลิงบริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น โดยโปรแกรม aaSidra 2.0.....	74
4.5 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์บริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น โดยโปรแกรม aaSidra 2.0.....	74
4.6 ความเร็วบริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น โดยโปรแกรม aaSidra 2.0.....	75
4.7 การเผาผลาญเชื้อเพลิงบริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า โดยโปรแกรม Synchro 5.....	81
4.8 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์บริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า โดยโปรแกรม Synchro 5.....	81
4.9 ความเร็วบริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า โดยโปรแกรม Synchro 5.....	82
4.10 การเผาผลาญเชื้อเพลิงบริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น โดยโปรแกรม Synchro 5.....	88
4.11 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์บริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น โดยโปรแกรม Synchro 5.....	88
4.12 ความเร็วบริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น โดยโปรแกรม Synchro 5.....	89
ก.1 แผนผังแสดงความสามารถการส่งและรับข้อมูลของโปรแกรม Synchro.....	98
ช.1 การตั้งค่าโปรแกรมคำนวณความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรอัตโนมัติของโปรแกรม aaSidra.....	193
ช.2 การตั้งค่าเชื่อมต่อทางแยกสัญญาณไฟจราจรของโปรแกรม aaSidra.....	194
ช.3 ฟังก์ชันปรับความเหมาะสมรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรของโปรแกรม Synchro.....	195
ช.4 ขั้นตอนการปรับปรุงความเหมาะสมรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรของโปรแกรม Synchro.....	197
ช.5 ความสามารถแบ่งส่วนต่าง ๆ ของโครงข่ายการจราจร.....	199
ช.6 ขั้นตอนการกำหนดค่าการตั้งเวลาค่าน้อยที่สุด, มากที่สุด และการเพิ่มขึ้นของความยาวรอบสัญญาณไฟ.....	199

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ซ.7	การเลือกความยาวรอบสัญญาณไฟโดยใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่มีค่าน้อยที่สุด.....200
ซ.8	ทางเลือกระดับวิเคราะห์ของการเชื่อมลำสัญญาณไฟเขียวและลำดับ สัญญาณไฟจราจร.....201

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

A, B	=	ค่าต้านทานทางอากาศและการสิ้นเปลืองของยานพาหนะช่วงเผาผลาญเชื้อเพลิงและปลดปล่อยมลพิษ
c	=	ความจุของทางแยก
C	=	รอบเวลาสัญญาณไฟ
CO	=	ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์
C_o	=	ความยาวสัญญาณไฟที่เหมาะสม
d	=	ความล่าช้าทั้งหมด
d_1	=	ความล่าช้าเฉลี่ยสม่ำเสมอต่อคัน
d_2	=	ความล่าช้าเพิ่มขึ้นของยานพาหนะที่มาแบบไม่คงที่และแถวคอยที่เกินค่าอิมพัลส์
d_i	=	เวลาที่รถหยุด
D	=	ค่าความล่าช้ารอบเวลาที่แตกต่างกันในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ไทม์
D_2	=	ความล่าช้าการหยุดต่อชั่วโมง
E	=	ขนาดของเครื่องยนต์
f_1	=	อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิงต่อหน่วยระยะทางปกติ
f_2	=	อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิงต่อหน่วยระยะเวลา
f_3	=	การเผาผลาญเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากช่วงเบรกและเร่งความเร็ว
f_c	=	การเผาผลาญเชื้อเพลิงทั้งหมดหรือการปลดปล่อยมลพิษของยานพาหนะขณะรถวิ่งปกติ
f'_c	=	ฟังก์ชันการเผาผลาญเชื้อเพลิงหรือปลดปล่อยมลพิษขณะรถวิ่งปกติต่อหน่วยระยะทาง
f_i	=	การเผาผลาญเชื้อเพลิงทั้งหมดหรือการปลดปล่อยมลพิษของยานพาหนะขณะรถเร่งความเร็ว, หยุดและเบรก
f_{PA}	=	แฟกเตอร์สำหรับกลุ่มรถที่มาช่วงเวลาไฟเขียว
F	=	ปริมาณเชื้อเพลิง

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

F_a	=	ช่วงที่รถเร่งความเร็ว
F_c	=	ช่วงที่รถวิ่งปกติ
F_i	=	ช่วงที่รถหยุด
g	=	ไฟเขียวประสิทธิภาพ
g/C	=	สัดส่วนเวลาไฟเขียวประสิทธิภาพต่อรอบสัญญาณไฟ
G	=	การเผาผลาญเชื้อเพลิงต่อกัน
Gr	=	ความชันถนน
h	=	ระยะเวลาระหว่างขบวนสองคันที่วิ่งตามหลังกันมา
k	=	แฟกเตอร์ความล่าช้าจากระบบควบคุมสัญญาณไฟแบบต่าง ๆ
l	=	การปรับแก้ค่ากรองปริมาณจราจรช่วงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 upstream filter และ metering
L	=	เวลาสูญเสียทั้งหมดในรอบสัญญาณไฟ
L_1	=	ระยะการเดินทางแบ่งช่วงทั้งหมด
L_a	=	ค่าระยะทางช่วงที่รถเร่งความเร็วและเบรกทั้งหมด
L_c	=	ค่าระยะทางช่วงที่รถวิ่งปกติทั้งหมด
M_v	=	มวลของรถ
NO_x	=	ออกไซด์ของไนโตรเจน
P	=	สัดส่วนของยานพาหนะที่มาช่วงเวลาไฟเขียว
PF	=	แฟกเตอร์ความล่าช้าสม่ำเสมอ
PI	=	ค่าดัชนีพฤติกรรม
QP	=	แถวคอยที่เป็นผลกระทบของยานพาหนะ
s	=	อัตราการไหลอิมิตัว
$Speed$	=	ความเร็วช่วงรถวิ่งปกติ
$Stops$	=	จำนวนครั้งการหยุดทั้งหมดของยานพาหนะ
S_3	=	จำนวนของการหยุดต่อชั่วโมง
St	=	จำนวนยานพาหนะที่หยุดต่อชั่วโมง
t_a	=	เวลาการเร่งเนื่องจากเร่งความเร็ว
t_c	=	เวลาการเร่งเนื่องจากวิ่งปกติ
t_d	=	เวลาการเร่งเนื่องจากรถชะลอความเร็ว

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

t_{cl}	=	เวลาที่สูญเสียอันเนื่องมาจากการเกี่ยวพันของไฟเหลือง
t_L	=	เวลาที่สูญเสียสำหรับการเคลื่อนที่ทั้งหมด
t_{sl}	=	เวลาที่สูญเสียอันเนื่องมาจากการออกตัวของรถยนต์
T	=	ช่วงเวลา
$TotalTravel$	=	ระยะทางการเดินทาง
$TotalDelay$	=	ความล่าช้าสัญญาณไฟทั้งหมด
VOC	=	ออกซิเจนที่เป็นไอรวมกับมลพิษ
v_c	=	ความเร็วช่วงวิ่งปกติ
v_f, v_i	=	ค่าความเร็วสุดท้ายและความเร็วเริ่มต้น
$\sum x_i$	=	ความจุความอึดตัวของเฟส i
X	=	ความจุความอึดตัว
k_1, k_2	=	ตัวรวบรวมประสิทธิภาพ
k_{e1}	=	ตัวแปรปรับเทียบการเผาผลาญเชื้อเพลิง
k_{e2}	=	ตัวแปรปรับเทียบการปล่อยมลพิษ
k_g	=	ตัวแปรปรับเทียบความชัน
k_a, k_x, k_y	=	ตัวแปรของค่าพลังงาน
β_1, β_2	=	พารามิเตอร์ประสิทธิภาพ
E_k	=	ผลรวมการเปลี่ยนแปลงของพลังงานจลน์
E_k^+	=	ผลรวมการเปลี่ยนแปลงค่าบวกของพลังงานจลน์เนื่องจากความเร็ว

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เทศบาลนครนครราชสีมาเป็นเทศบาลแห่งหนึ่งที่มีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมอย่างมากส่งผลให้ ปริมาณจราจรปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นในช่วงหลายปีที่ผ่านมา แต่การจัดการระบบจราจรนั้นไม่ได้ปรับตัวให้ทันต่อสภาพการจราจรในปัจจุบัน จึงทำให้เกิดปัญหาด้านการจราจร เช่น การติดขัด ความล่าช้า แกวคอย มลพิษและการเผาผลาญปริมาณเชื้อเพลิงที่มากขึ้น อันเนื่องมาจากสภาพการจราจรติดขัดการนำเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรมาควบคุมสัญญาณไฟจราจรไม่สามารถแก้ไข ปัญหาสภาพจราจรติดขัดเพราะขาดความยั่งยืนและไม่สามารถควบคุมได้ตลอดเวลา

นอกจากนี้ การจัดการระบบจราจรของเขตเทศบาลนครนครราชสีมา พบว่า ยังไม่มีการทบทวนปรับปรุงอุปกรณ์ควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่มีอยู่ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด รวมทั้งไม่มีการริเริ่มศึกษาและการนำมาประยุกต์ใช้เนื่องจากสภาพปัจจุบันตำรวจจราจรเป็นผู้ควบคุมผู้สัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก การศึกษาครั้งนี้จะใช้ข้อมูลสำรวจปี 2546 ในการจำลองการปรับปรุงระบบสัญญาณไฟจำนวน 34 ทางแยกโดยหาความยาวรอบสัญญาณไฟที่เหมาะสมสำหรับทั้งช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้าและเย็น พร้อมกันนั้นก็ดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนจังหวะสัญญาณไฟเพื่อประเมินสถานการณ์การจราจรและการแก้ไขปัญหาติดขัด ความล่าช้า การเผาผลาญเชื้อเพลิง การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ และความเร็ว

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และจำลองการหาค่าความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว เช่น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ aaSidra (Akcelik & Associates Signalised & Unsignalised Intersection Design and Research Aid), โปรแกรมคอมพิวเตอร์ DRACULA (Dynamic Route Assignment Combining User Learning and Micro-simulation), โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Paramics (PARAllel MICROscopic Simulation) และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Synchro (Traffic Signal Timing Software) เป็นต้น โปรแกรมคอมพิวเตอร์เหล่านี้สามารถเลือกใช้วิเคราะห์สภาพการจราจรสำหรับทางแยกเดี่ยวหรือแบบเป็นโครงข่ายได้ สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ aaSidra และ Synchro มาใช้วิเคราะห์ปรับปรุงความยาวรอบเวลาสัญญาณไฟพร้อมทั้งศึกษาความล่าช้า ความเร็ว การเผาผลาญเชื้อเพลิง และมลพิษของยานพาหนะที่ปล่อยออกมาขณะสัญญาณจราจรบนโครงข่ายถนนและบริเวณทางแยก

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

ปัจจุบันกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และจังหวัดที่มีการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจและการท่องเที่ยว เช่น จังหวัดเชียงใหม่ นครราชสีมา ภูเก็ต และขอนแก่น ที่กล่าวมานั้นมีสภาพการจราจรติดขัดส่งผลกระทบต่อประชาชนไม่ว่าจะเป็นเรื่องคุณภาพชีวิต ความเป็นอยู่ และความเครียดจากการเดินทาง ส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากการขาดการบริหารจัดการควบคุมระบบสัญญาณไฟจราจรที่ดี รวมทั้งยังไม่มีการศึกษาพัฒนาควบคุมอุปกรณ์สัญญาณไฟมาใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

- ศึกษาความเหมาะสมของการทดลองปรับเปลี่ยนความยาวรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรบนโครงข่ายถนนและประโยชน์ของการปรับปรุงระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร
- ศึกษาแนวทางที่ดีที่สุด (best practice) เพื่อลดความล่าช้า การเผาผลาญเชื้อเพลิงรวมทั้งการปลดปล่อยของมลพิษที่เกิดขึ้นในโครงข่ายจราจร
- ทราบถึงวิธีการพัฒนาระบบควบคุมสัญญาณไฟที่เหมาะสมกับสภาพการจราจรของเทศบาลนครนครราชสีมาที่จะเกิดต่อไปในอนาคต

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาและวิจัยระบบการควบคุมสภาพจราจรที่เหมาะสมในจังหวัดนครราชสีมาได้กำหนดกรอบและขอบเขตการวิจัย ดังนี้

- ขอบเขตการศึกษาจะครอบคลุมพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมา
- ศึกษาควบคุมสัญญาณไฟจราจร และรอบจังหวะเวลาสัญญาณไฟจราจรของทางแยกหลักในโครงข่ายจราจรเขตเทศบาลนครนครราชสีมาจำนวน 34 ทางแยก
- ศึกษาปริมาณจราจรบนถนนและทางแยกที่สำคัญ ๆ ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (7.30-8.30น.) และเย็น (17.00-18.00น.)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาและวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

- สามารถกำหนดแนวทางการปรับปรุงระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมแก่เทศบาลนครนครราชสีมาโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมสภาพการจราจรที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุด
- พัฒนารูปแบบการลดผลกระทบเชิงลบที่เกิดขึ้นมาจากสภาพจราจรติดขัด เช่น ความล่าช้า การเผาผลาญเชื้อเพลิงและมลพิษทางอากาศ โดยการจำลองสถานการณ์สภาพการจราจรเสมือนจริง

เพื่ออำนวยความสะดวกในการทำความเข้าใจและการแก้ไขปัญหาสภาพการจราจร

- เวลาการเดินทาง (travel time) ของผู้ขับขี่รถยนต์และผู้ที่ใช้สายทางถนนของโครงข่ายจราจรมีการใช้เวลาเดินทางลดน้อยลง

- ประชาชนและผู้ที่อยู่อาศัยในเขตเทศบาลนครนครราชสีมามีความสุขภาพที่ดีขึ้นจากการลดปริมาณมลพิษจากจราจรที่ติดขัด อันเนื่องมาจากการพัฒนาการปรับปรุงระบบสัญญาณไฟจราจร

บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

บทนี้กล่าวถึงงานวิจัยในอดีตที่มีส่วนคล้ายคลึงกับงานวิจัยที่กำลังศึกษา ทฤษฎีการวิเคราะห์การออกแบบสัญญาณไฟจราจร ทฤษฎีการเผาผลาญเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยมลพิษของยานพาหนะ สำหรับรายละเอียดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการคำนวณออกแบบรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรนั้นแสดงอยู่ในภาคผนวก ก.

2.2 ปริทัศน์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กมล ปุ่นศิริ (2542) ประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SIDRA วิเคราะห์สัญญาณไฟจราจรทางแยกเดี่ยวภายในเมืองหาดใหญ่และเมืองอุบลราชธานี รวมจำนวน 4 ทางแยกได้แก่ สี่แยกหน้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สี่แยกโนรา สี่แยกสนามบิน และสี่แยกเขื่อนธานี โดยใช้วิธีการคำนวณหาค่าสัญญาณไฟของโปรแกรม SIDRA 5.0 หรือ การค้นหาการเคลื่อนที่ ๆ วิกฤต (the critical identification method) บริเวณทางแยกที่ศึกษา เพื่อเปรียบเทียบผลสำรวจข้อมูลภาคสนามของความล่าช้าเฉลี่ย (average delay) และความยาวแถวคอยสูงสุด (maximum queue length) ผลการศึกษา พบว่า ร้อยละความแตกต่างเฉลี่ยของความล่าช้าเฉลี่ยและความยาวคิวสูงสุดแต่ละทางแยกในเมืองหาดใหญ่และอุบลราชธานี มีค่าเฉลี่ยประมาณ 20-27%, ค่าตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานของทางแยก (ความล่าช้า, ความยาวแถวคอย, อัตราการหยุด) สำหรับการปรับเทียบ (calibration) และทดสอบความถูกต้อง (validation) ของข้อมูลความล่าช้าและความยาวแถวคอยสูงสุด จากสำรวจสภาพจริงและแบบจำลองของโปรแกรม SIDRA สรุปได้ว่า ผลการวิเคราะห์ความล่าช้าและความยาวแถวคอยมีความสอดคล้องกับค่าที่วัดได้จากสนามจริงเมื่อไม่นำปริมาณรถจักรยานยนต์มาคิดรวม นอกจากนี้ ยังได้กล่าวถึงการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SIDRA มาวิเคราะห์สภาพการจราจรของทางแยกได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อเป็นทางแยกเดี่ยวและไม่ใกล้เคียงกับทางแยกใกล้เคียงจนเกินไป ส่วนข้อจำกัดของโปรแกรม SIDRA 5.0 ก็คือ การจำลองลักษณะของทางเรขาคณิตของทางแยกไม่สามารถทำได้ถูกต้องตามมาตรฐาน คงทำได้เพียงแสดงรูปร่างลักษณะของทางแยกเท่านั้น

โชติรส ชูโตและเทิดศักดิ์ ร่องวิริยะพานิช (2548) ศึกษาการจัดการจราจรแบบจุดภาคเพื่อลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและมลพิษที่ออกมาจากยานพาหนะ โดยใช้โปรแกรม netsim

และแบบจำลองของ highway development and maintenance manual โดยการศึกษาครอบคลุมโครงข่ายถนนในเขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร และงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการทดลองมาตรการจัดการจราจรแบบต่าง ๆ โดยการประยุกต์จัดความยาวสัญญาณไฟเขียวและช่องทางพิเศษรถโดยสารประจำทาง ตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่ใช้คือ ปริมาณสารพิษ HC CO และ NO_x รวมทั้งปริมาณสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ผลการศึกษาพบว่า รอบเวลาสัญญาณไฟเขียวเฉลี่ยที่เหมาะสมอยู่ที่ 129 วินาที นั้นจะส่งผลการปลดปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ, เวลาที่ใช้ในการเดินทางเฉลี่ย และความล่าช้าเฉลี่ยมีค่าลดน้อยลง รวมทั้งยานพาหนะสามารถเคลื่อนที่ได้ระยะทางมากขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการจัดช่องทางพิเศษแก่รถโดยสารสาธารณะกลับทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดและตัวชี้วัดประสิทธิภาพแย่ลง แต่ถ้าหากมีการจัดช่องทางพิเศษสำหรับรถโดยสารยานพาหนะควบคู่กับรถรางให้ประชาชนหันมาใช้บริการและเพิ่มความถี่การให้บริการนั้น จะสามารถลดปัญหาการจราจรติดขัด ตัวชี้วัดประสิทธิภาพต่าง ๆ มีค่าที่ดีขึ้น และลดปริมาณการจราจรเข้าสู่โครงข่ายถนนได้อีกด้วย

ภัทรพล ตูลารักษ์ (2546) วิจัยการประเมินผลกระทบทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมของการติดขัดสัญญาณไฟบนทางหลวง บนถนนเพชรเกษมจากแยกพระรามที่ 2 ในกรุงเทพมหานครถึงแยกชะอำ จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ โดยพิจารณาในแง่ของความสัมพันธ์พลังงานและการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศที่เพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากการที่รถหยุดรอสัญญาณไฟและเริ่มเคลื่อนตัวใหม่ การศึกษานี้แบ่งประเภทยานพาหนะเป็น 3 ประเภทหลัก คือ รถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคล รถกระบะ และ รถบรรทุก โดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง 2 กรณีสมมติ คือ กรณีที่ 1 รถบนทางหลวงวิ่งด้วยความเร็วต่อเนื่อง 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง และกรณีที่ 2 รถบนทางหลวงต้องลดความเร็ว จาก 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง จนหยุดนิ่ง หลังจากนั้นต้องไต่ระดับไปจนถึง 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง จากการศึกษา พบว่า หากยานพาหนะบนทางหลวงติดไฟแดงนาน 60 วินาที จะมีการสูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิงจากการติดไฟแดง 1 ครั้ง เพิ่มขึ้นครั้งละ 1.10 ลิตร สำหรับเครื่องยนต์เบนซิน ส่วนเครื่องยนต์ดีเซลนั้นจะเพิ่มขึ้น 3.67 ลิตร ต่อการติดไฟแดง 1 ครั้ง ส่วนรถบรรทุกที่มีสัดส่วน 14 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณยานพาหนะทั้งหมดบนทางหลวงจะมีการใช้น้ำมันสูงประมาณร้อยละ 51 ของปริมาณที่สูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิง นอกจากนี้ มลพิษจากรถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคลมีการปลดปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 38.5 กรัม ส่วนไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) กับไฮโดรคาร์บอนด์ (HC) เพิ่มขึ้นอย่างละ 3.85 กรัม

Prabnasak J., Yue W.L. (2549). ได้ทำศึกษาผลประโยชน์จากการเชื่อมต่อสัญญาณไฟจราจรแบบคงที่ (fixed time) จำนวน 4 แห่งบนถนนศรีจันทร์ ในเขตเทศบาลนครขอนแก่น โดยใช้โปรแกรม aaSidra และ Paramics การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สนใจความเป็นไปได้ในการลดความล่าช้าและจำนวนการหยุดรถโดยไม่จำเป็น และการเพิ่มความเร็วในการขับขี่ การตรวจสอบความถูกต้องของ

แบบจำลองใช้ตัวแปร 3 ตัว คือ ความเร็วเฉลี่ย, ความยาวแถวคอย และเวลาการเดินทางระหว่างจุดสองจุดภายในโครงข่ายจราจร ตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่ใช้ในการศึกษา คือ เวลาการเดินทาง การปรับปรุงสภาพการจราจรซึ่งทำการเปรียบเทียบด้วยวิธีการ 2 วิธี คือ มองดูสภาพการจราจรบนหน้าจอแสดงผล (on-screen visualization) และตัวชี้วัดประสิทธิภาพ (measure of effectiveness) ผลการศึกษาพบว่า การจำลองสภาพการจราจรระดับมหภาคของโปรแกรม Paramic เมื่อเชื่อมต่อระบบสัญญาณไฟของทางแยกเข้าด้วยกันส่งผลให้สภาพการจราจรมีค่าเฉลี่ยความล่าช้าลดลง 9%, ความเร็วเพิ่มขึ้น 10% รวมทั้งเวลาการหยุดของยานพาหนะทั้งหมดลดลง 80%

กล่าวโดยสรุปการศึกษาผลงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต พบว่า มีการศึกษาจัดระบบการจราจรเพื่อลดการเผาผลาญเชื้อเพลิง, การปลดปล่อยมลพิษ, เวลาการเดินทางและจำนวนการหยุดของยานพาหนะ มาบ้างแล้วในที่บางจังหวัดต่าง ๆ ของประเทศ การปรับเปลี่ยนความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรจะช่วยให้การเผาผลาญเชื้อเพลิง, มลพิษและความล่าช้ามีค่าลดลง ตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่นิยมใช้ในงานวิจัยที่ผ่านมา ได้แก่ ความล่าช้า, ความยาวแถวคอย, จำนวนการหยุด เป็นต้น ส่วนขอบเขตการศึกษาและการวิเคราะห์สภาพการจราจรนั้นจะครอบคลุมระดับของทางแยกและการเชื่อมต่อสัญญาณไฟแบบคงที่

การพัฒนาการควบคุมสัญญาณไฟจราจรผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวิเคราะห์สภาพการจราจรระดับทางแยกและโครงข่ายจราจรภายในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาโดยดำเนินการประเมินการเชื่อมต่อสัญญาณไฟจราจรทั้งโครงข่ายและปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรให้เหมาะสมเพื่อลดความติดขัดที่เกิดขึ้นในโครงข่ายให้มีค่าน้อยที่สุด รวมทั้งเพิ่มความเร็วยานพาหนะบนท้องถนนในขณะเดียวกันนั้นก็ลดการเผาผลาญเชื้อเพลิง, ปริมาณมลพิษและความล่าช้าด้วยการปรับปรุงอุปกรณ์ควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่มีอยู่ในปัจจุบันให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด สอดคล้องกับผลการศึกษาในอดีต (Button and Hensher, 2001) และจากงานวิจัยของ (Kutz, 2004) พบว่า การเชื่อมต่อสัญญาณไฟเข้าด้วยกันจะสามารถลดความล่าช้า, จำนวนการหยุด, มลพิษ รวมทั้งการเผาผลาญเชื้อเพลิง ส่วนเหตุผลที่นำโปรแกรมวิเคราะห์สภาพการจราจรของ aaSidra และ Synchro มาใช้เนื่องจากโปรแกรมทั้งสองตัวนี้มีความสามารถต่อการวิเคราะห์สภาพการจราจรระดับทางแยกและโครงข่ายอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งศึกษาการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อความเหมาะสมต่อสภาพการจราจรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2.3 ทฤษฎีการวิเคราะห์การออกแบบสัญญาณไฟจราจร

การวิเคราะห์ออกแบบสัญญาณไฟจราจรมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งได้แก่ ความยาวรอบเวลาสัญญาณไฟที่เหมาะสม (optimum cycle length) เวลาสูญเสียทั้งหมด (total lost time) ความล่าช้า (delay) อัตราการไหลอิ่มตัว (saturation flow rate) ซึ่งหลักการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังนี้

2.3.1 ความยาวรอบเวลาสัญญาณไฟที่เหมาะสม (optimum cycle length)

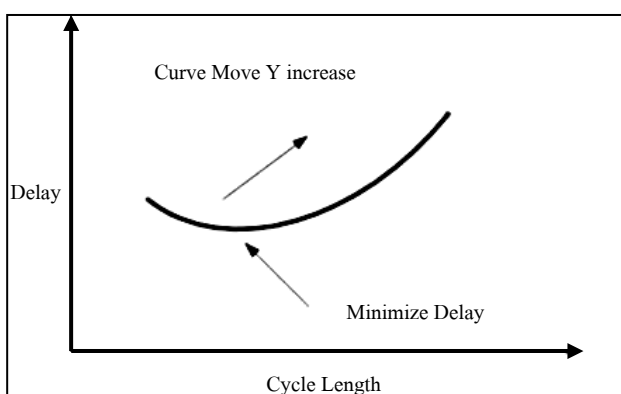
การหาความยาวรอบสัญญาณไฟที่เหมาะสมนั้นเป็นการทดลองวิเคราะห์หาชุดรอบสัญญาณไฟที่ก่อให้เกิดความล่าช้าของยานพาหนะในระบบรวมกันน้อยที่สุด ซึ่งพัฒนาโดยเว็บสเตอร์ (webster) วิธีนี้ต้องใช้กับทางแยกที่ไม่ได้สัมพันธ์กับทางแยกใกล้เคียงและเป็นระบบสัญญาณไฟแบบคงที่ (fixed time) สามารถหาได้จาก

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1.0 - \sum x_i} \quad (2.1)$$

เมื่อ

- C_o = ความยาวสัญญาณไฟที่เหมาะสม (วินาที)
- L = เวลาสูญเสียทั้งหมดในรอบสัญญาณไฟ (วินาที)
- $\sum x_i$ = ความจุความอิ่มตัวของเฟส i

เว็บสเตอร์ (webster) กำหนดให้ค่าความยาวสัญญาณไฟอยู่ในช่วงระหว่าง $0.75 C_o$ ถึง $1.5 C_o$



หมายเหตุ จาก Principle of Highway Engineering and Traffic Analysis
โดย Mannering F.L., Kilareski W.P., and Washburn S.S.,
2005, United States of American: Wiley.

รูปที่ 2.1 ความยาวรอบเวลาสัญญาณไฟที่เหมาะสม (optimum cycle length)

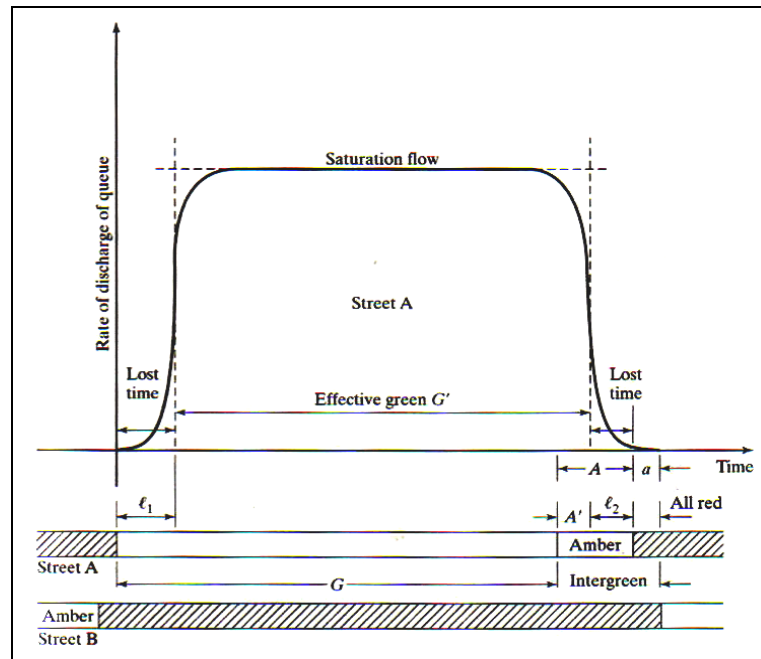
2.3.2 เวลาสูญเสียทั้งหมด (total lost time)

เป็นเวลาสูญเสียสำหรับการเคลื่อนที่ทั้งหมดสามารถหาได้ดังนี้

$$t_L = t_{st} + t_{cl} \quad (2.2)$$

เมื่อ

- t_L = เวลาที่สูญเสียสำหรับการเคลื่อนที่ทั้งหมด (วินาที)
- t_{st} = เวลาที่สูญเสียอันเนื่องมาจากการออกตัวของรถยนต์ (วินาที)
- t_{cl} = เวลาที่สูญเสียอันเนื่องมาจากการเกี่ยวพันของไฟเหลือง (วินาที)



หมายเหตุ จาก Transportation Engineering an Introduction, โดย Khisty, C.B., Lall, B.K., 2003, New Jersey: Pearson Prentice Hall.

รูปที่ 2.2 เวลาสูญเสียทั้งหมด (total lost time)

2.4 การวิเคราะห์สภาพจราจรที่ทางแยกสัญญาณไฟ

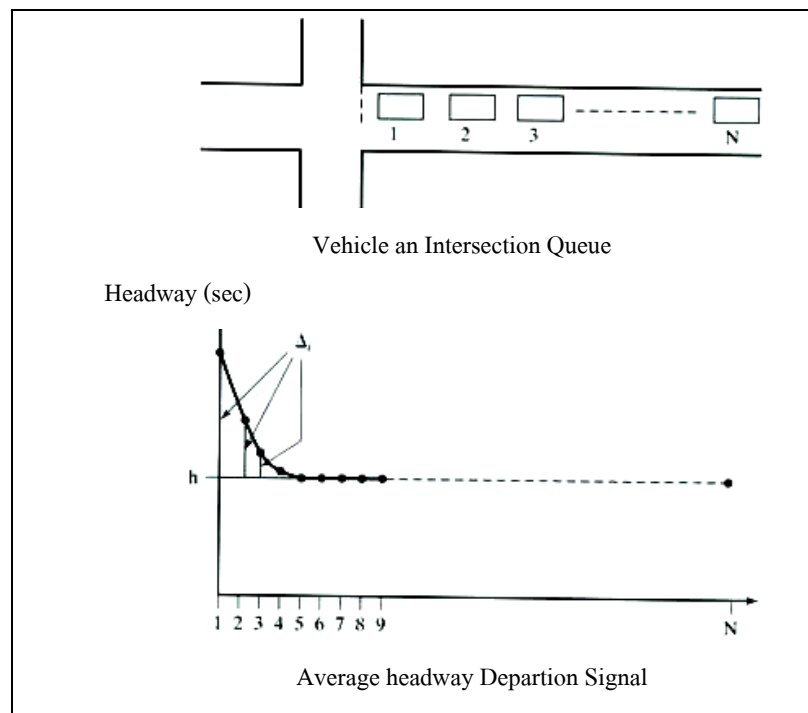
2.4.1 อัตราการไหลอิ่มตัว (saturation flow rate)

อัตราการไหลอิ่มตัวเป็นปริมาณจราจรรายชั่วโมงสูงสุดที่สามารถตรงผ่านทางแยกของช่องทางหรือกลุ่มช่องทาง (lane group) โดยสมมติว่าได้รับไฟเขียวตลอด 60 นาที อัตราการไหลอิ่มตัวสามารถคำนวณได้จาก

$$s = \frac{3600}{h} \quad (2.3)$$

เมื่อ

- s = อัตราการไหลอิ่มตัว (คัน/ชั่วโมง)
- h = ระยะเวลาว่างยวดยานสองคันที่วิ่งตามหลังกันมา (วินาที/คัน)
- 3600 = จำนวนของวินาที/ชั่วโมง



หมายเหตุ จาก Transportation Engineering an Introduction, โดย Khisty, C.B., Lall, B.K., 2003, New Jersey: Pearson Prentice Hall.

รูปที่ 2.3 แนวคิด (concept) อัตราการไหลอิ่มตัวและเวลาสูญเสียสำหรับการเคลื่อนที่

2.4.2 ความล่าช้าอันเนื่องมาจากอุปกรณ์ควบคุมการจราจร (control delay)

เป็นความล่าช้าหลาย ๆ ค่าประกอบด้วย ความล่าช้าเฉลี่ยสม่ำเสมอและความล่าช้าที่เพิ่มขึ้นจากการมาของยานพาหนะแบบไม่สม่ำเสมอ สามารถคำนวณจากสมการนี้

$$d = d_1(PF) + d_2 \quad (2.4)$$

เมื่อ

d	คือ	ความล่าช้าทั้งหมด (วินาที/คัน)
d_1	คือ	ความล่าช้าเฉลี่ยสม่ำเสมอต่อคัน (วินาที/คัน)
PF	คือ	แฟกเตอร์ความล่าช้าสม่ำเสมอ
d_2	คือ	ความล่าช้าเพิ่มขึ้นของยานพาหนะที่มาแบบไม่คงที่และมีแถวคอยที่เกินค่าอิมตัว

2.4.3 ความล่าช้าสม่ำเสมอ (uniform delay)

เป็นความล่าช้าโดยประมาณสำหรับการเคลื่อนที่ ๆ ทางแยกเดี่ยวแบบกำหนดเวลาแน่นอน สามารถคำนวณจากสมการจำลองความล่าช้าสม่ำเสมอของ webster ดังสมการที่ 2.5

$$d_1 = \frac{0.50C \left[1 - \frac{g}{c} \right]^2}{1 - \left(\frac{g}{c} \right) X} \quad (2.5)$$

เมื่อ

d_1	คือ	ความล่าช้าเฉลี่ยสม่ำเสมอต่อคัน (วินาที/คัน)
C	คือ	รอบเวลาสัญญาณไฟ (วินาที)
g	คือ	ไฟเขียวประสิทธิภาพ (วินาที)
X	คือ	ความจุความอิมตัว
c	คือ	ความจุของทางแยก (คัน/ชั่วโมง)

2.4.4 แฟกเตอร์การปรับแก้การเคลื่อนที่ (progression adjustment factor)

แฟกเตอร์นี้จะเป็นการปรับแก้การเคลื่อนที่แบบสม่ำเสมอเพื่อให้มีความเหมาะสมกับสภาพการจราจร สามารถคำนวณจากสมการ 2.6

$$PF = \frac{(1 - P)f_{PA}}{1 - \left(\frac{g}{C}\right)} \quad (2.6)$$

เมื่อ

PF	คือ	แฟกเตอร์ความล่าช้าสม่ำเสมอ
P	คือ	สัดส่วนของยานพาหนะที่มาช่วงเวลาไฟเขียว
g/C	คือ	สัดส่วนเวลาไฟเขียวประสิทธิผลต่อรอบสัญญาณไฟ
f_{PA}	คือ	แฟกเตอร์สำหรับกลุ่มรถ (platoon) ที่มาช่วงเวลาไฟเขียว

2.4.5 ความล่าช้าที่เพิ่มขึ้น (incremental delay)

เป็นการประมาณความล่าช้าที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากยานพาหนะมาแบบไม่สม่ำเสมอสามารถคำนวณจากสมการ ดังสมการที่ 2.7

$$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right] \quad (2.7)$$

เมื่อ

d_2	คือ	ความล่าช้าเพิ่มขึ้นของยานพาหนะที่มาแบบไม่คงที่และมีแถวคอยที่เกินค่าอิมิตัว (วินาที/คัน)
T	คือ	ช่วงเวลา (ชั่วโมง)
k	คือ	แฟกเตอร์ความล่าช้ามาจากประเภทของระบบควบคุมสัญญาณไฟแบบต่างๆ
X	คือ	ความจุความอิมิตัว
c	คือ	ความจุของทางแยก (คัน/ชั่วโมง)

l คือ การปรับแก้ค่าการองปริมาณจราจรช่วงเปอร์เซ็นต์ไพล์ที่ 95 upstream filter และ metering

2.5 ทฤษฎีการเผาผลาญเชื้อเพลิงและปลดปล่อยมลพิษของยานพาหนะ

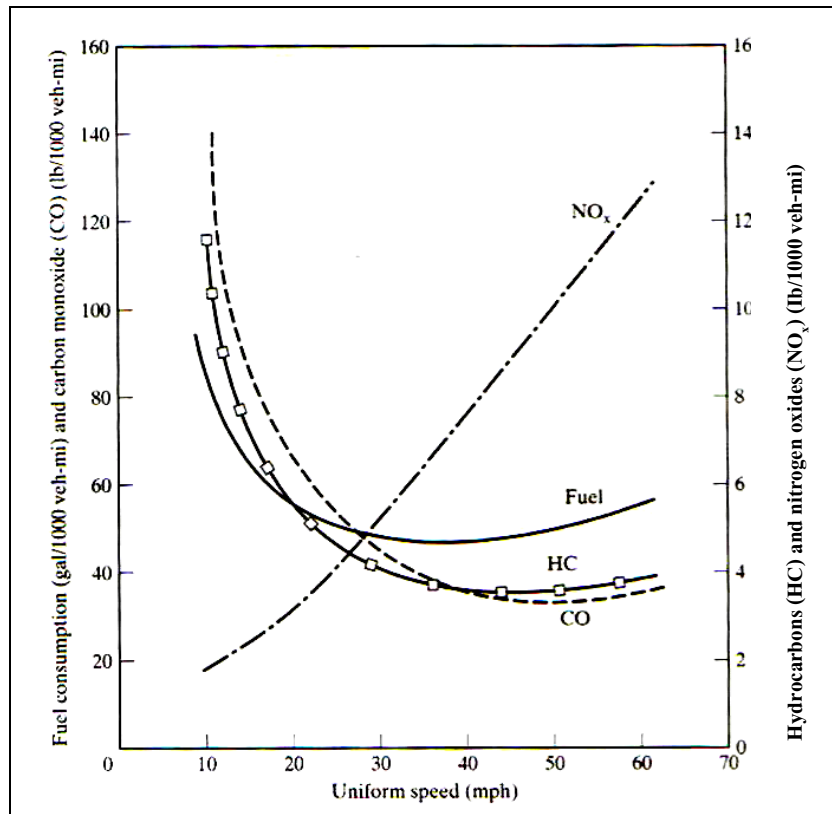
(fuel consumption and pollution emission)

ทฤษฎีการเผาผลาญเชื้อเพลิงจะมี 2 ทฤษฎีหลัก คือ จำลองการขับเคลื่อนยานพาหนะพื้นฐาน (drive-mode elemental models) และความเร็วเฉลี่ย (average-speed models) ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ทฤษฎีจำลองขับเคลื่อนยานพาหนะพื้นฐาน (drive-mode elemental) เนื่องจากเป็นทฤษฎีพื้นฐานของโปรแกรมจำลองสภาพการขับเคลื่อนยานพาหนะของโปรแกรม aaSidra และ Synchro สามารถแสดงผังสมการที่ 2.8

$$G = f_1 L_1 + f_2 D_2 + f_3 S_3 \quad (2.8)$$

G	=	การเผาผลาญเชื้อเพลิงต่อคัน (แกลลอน)
L_1	=	ระยะทางการเดินทางแบ่งช่วงทั้งหมด (คัน-ไมล์)
D_2	=	ความล่าช้าการหยุดต่อยานพาหนะ (ชั่วโมง)
S_3	=	จำนวนของการหยุดต่อชั่วโมง
f_1	=	อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิงต่อหน่วยระยะทางช่วงรถวิ่งปกติ
f_2	=	อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิงต่อหน่วยระยะเวลา
f_3	=	การเผาผลาญเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากช่วงเบรกและเร่งความเร็ว

จากการศึกษาของ (FHWA, 1980) พบว่า สำหรับการขับเคลื่อนยานพาหนะที่มีความเร็วคงที่หรือสม่ำเสมอสามารถทราบการเผาผลาญเชื้อเพลิงและมลพิษของยานพาหนะได้โดยประมาณจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับการเผาผลาญเชื้อเพลิงและมลพิษ ดังแสดงรูปที่ 2.4

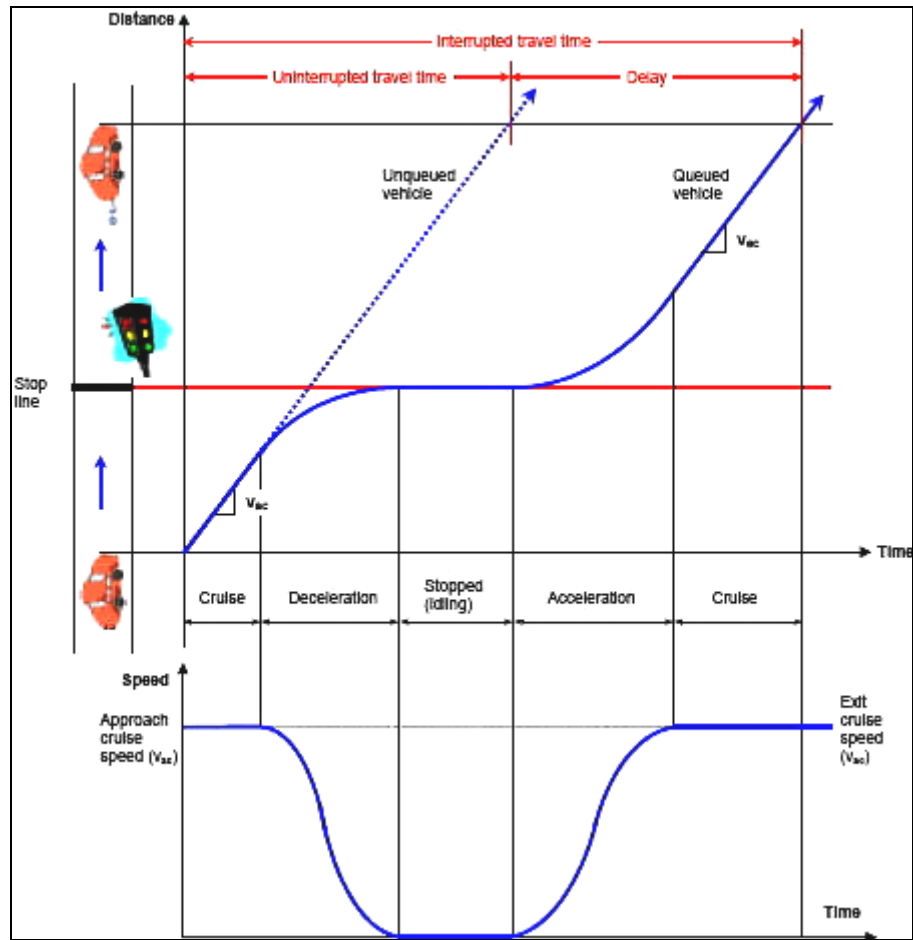


รูปที่ 2.4 การเผาผลาญเชื้อเพลิงและมลพิษที่ความเร็วคงที่ (various uniform speed)

(Slinn, M., Matthews, P. and Guest, P., 1998)

2.5.1 การเผาผลาญเชื้อเพลิงและปลดปล่อยมลพิษของโปรแกรม aaSidra

โปรแกรม aaSIDRA ใช้หลักการคิดจำลองการขับขี่ของยานพาหนะ (drive cycle) เป็นหลัก ซึ่งประกอบด้วย 4 ช่วงการขับขี่ คือ ช่วงที่รถวิ่งปกติ (cruise) ช่วงที่รถเร่งความเร็ว (acceleration) ช่วงที่รถชะลอความเร็ว (deceleration) และช่วงที่รถหยุด [idling (stopped) time] ความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถแสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 วัฏจักรจำลองการขับขี่ของยานพาหนะ

2.5.1.1 ช่วงที่รถหยุด (idling (stopped) time)

การเผาผลาญเชื้อเพลิงทั้งหมดหรือปลดปล่อยมลพิษของยานพาหนะขณะรถหยุด, ช่วงที่รถหยุด (F_i) มีหน่วย มิลลิเมตรหรือกรัม สามารถคำนวณได้จาก

$$F_i = f_i d_i / 3600 \tag{2.9}$$

$$f_i = 792E - 69.5E^2 \tag{2.10}$$

เมื่อ

- d_i เวลาที่รถหยุด (วินาที)
- E ขนาดของเครื่องยนต์ มีค่าประมาณ 2.1 ลิตร

f_i การเผาผลาญเชื้อเพลิงหรือปลดปล่อยมลพิษขณะรถหยุด

2.5.1.2 ช่วงที่รถวิ่งปกติ (cruise)

การเผาผลาญเชื้อเพลิงหรือปลดปล่อยมลพิษของยานพาหนะทั้งหมดขณะรถวิ่งปกติ, ช่วงที่รถวิ่งปกติ (F_c) มีหน่วย มิลลิลิตรหรือกรัม สามารถคำนวณได้จาก

$$F_c = f_c L_c \quad (2.11)$$

$$f_c = \max \left\{ f_c', \frac{f_i}{v_c} \right\} \quad (2.12)$$

$$f_c' = A + f_i/v_c + Bv_c^2 + k_{e1}\beta_1 M_v E_k^2 + k_{e2}\beta_2 M_v E_k^2 + 0.0981k_g\beta_1 M_v Gr \quad (2.13)$$

$$E_k^+ = \max \left\{ (0.258 - 0.0018v_c), 0.10 \right\} \quad (2.14)$$

$$k_{e1} = \min \left\{ \left(\frac{12.5}{v_c} + 0.0013v_c^2 \right), 1.00 \right\} \quad (2.15)$$

$$k_{e2} = 3.17$$

$$k_g = 1 - 2.1E_k^+ \quad \text{for } Gr < 0 \quad (2.16)$$

$$1 - 0.3E_k^+ \quad \text{for } Gr > 0 \quad (2.17)$$

$$L_c = m_a (v_i + v_f) t_c / 3600 \quad (2.18)$$

เมื่อ

A, B	ค่าต้านทานทางอากาศและการสิ้นเปลืองของยานพาหนะช่วงเผาผลาญเชื้อเพลิงและปลดปล่อยมลพิษ
E_k^+	ผลรวมการเปลี่ยนแปลงค่าบวกของพลังงานจลน์เนื่องจากความเร็ว (จูล/กิโลกรัมเมตร)
f_c	การเผาผลาญเชื้อเพลิงหรือปลดปล่อยมลพิษขณะรถวิ่งปกติ
f_c'	ฟังก์ชันการเผาผลาญเชื้อเพลิงหรือปลดปล่อยมลพิษขณะรถวิ่งปกติต่อหน่วยระยะทาง
f_i	การเผาผลาญเชื้อเพลิงหรือปลดปล่อยมลพิษขณะรถหยุด
k_{e1}	ตัวแปรปรับเทียบการเผาผลาญเชื้อเพลิง
k_{e2}	ตัวแปรปรับเทียบการปล่อยมลพิษ
k_g	ตัวแปรปรับเทียบความชัน
L_c	ระยะทางช่วงที่รถวิ่งปกติทั้งหมด (กิโลเมตร)
M_v	มวลของรถ (กิโลกรัม)
Gr	ความชันถนน (เปอร์เซ็นต์)
t_c	เวลาการเร่งเนื่องจากรถวิ่งปกติ (วินาที)
v_c	ความเร็วเฉลี่ยช่วงวิ่งปกติ (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
v_f, v_i	ความเร็วสุดท้ายและความเร็วเริ่มต้น ตามลำดับ (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
β_1, β_2	พารามิเตอร์ประสิทธิภาพ (มิลลิเมตรต่อกิโลจูล และ มิลลิเมตร/กิโลจูลเมตรต่อวินาที ²)

2.5.1.3 ช่วงที่รถเร่งความเร็ว (acceration)

การเผาผลาญเชื้อเพลิงหรือปลดปล่อยมลพิษทั้งหมดขณะเร่งความเร็วเนื่องจากเปลี่ยนแปลงความเร็วเริ่มต้น (v_i) จนความเร็วสุดท้าย (v_f), ช่วงที่รถเร่งความเร็ว (F_a) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$F_a = \max \left\{ f_i t_a / 3600 + \left[A + k_1 B (v_i^2 + v_f^2) + \beta_1 M_v E_k + k_2 \beta_2 M_v E_k^2 + 0.0981 \beta_1 M_v Gr \right] L_a, f_i t_a / 3600 \right\} \quad (2.19)$$

$$E_k = 0.3858 \times 10^{-4} (v_f^2 - v_i^2) / L_a \quad (2.20)$$

$$k_1 = 0.616 + 0.000544v_f - 0.0171v_i^{0.5} \quad (2.21)$$

$$k_2 = 1.376 + 0.00205v_f - 0.00538v_i \quad (2.22)$$

$$L_a = m_a (v_i + v_f) t_a / 3600 \quad (2.23)$$

เมื่อ

A, B	ค่าต้านทานทางอากาศและการสิ้นเปลืองของยานพาหนะช่วงเผาผลาญเชื้อเพลิงและปลดปล่อยมลพิษ
f_i	การเผาผลาญเชื้อเพลิงหรือปลดปล่อยมลพิษขณะรถเร่งความเร็ว (มิลลิลิตร/ชั่วโมง, กรัม/ชั่วโมง)
E_k	ผลรวมการเปลี่ยนแปลงของพลังงานจลน์ (จูล/กิโลกรัมเมตร)
Gr	ความชันถนน (เปอร์เซ็นต์)
L_a	ระยะทางช่วงที่รถเร่งความเร็วทั้งหมด (กิโลเมตร)
M_v	มวลของรถ (กิโลกรัม)
t_a	เวลาที่เร่งเนื่องจากรถเร่งความเร็ว (วินาที)
v_f, v_i	ความเร็วสุดท้ายและความเร็วเริ่มต้น ตามลำดับ (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
β_1, β_2	พารามิเตอร์ประสิทธิภาพ

2.5.1.4 ช่วงที่รถชะลอความเร็วหรือเบรก (deceleration)

การเผาผลาญเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยมลพิษทั้งหมดขณะชะลอความเร็วเนื่องจากเร่งความเร็วสุดท้าย (v_f) จนลงมาถึงความเร็วเริ่มต้น (v_i), ช่วงที่รถชะลอความเร็ว (F_d) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$F_d = \max \left\{ f_i t_d / 3600 + [k_x A + k_y k_I B (v_i^2 + v_f^2) + k_a \beta_I M_v E_k + 0.0981 k_x \beta_I M_v Gr] L_d, f_i t_d / 3600 \right\} \quad (2.24)$$

$$E_k = 0.3858 \times 10^{-4} (v_f^2 - v_i^2) / L_d \quad (2.25)$$

$$L_d = m_d (v_i + v_f) t_d / 3600 \quad (2.26)$$

$$k_i = 0.621 + 0.000777 v_i - 0.0189 v_f^{0.5} \quad (2.27)$$

$$k_x = \min \left\{ 1.0, \max \left\{ 0, k_x' \right\} \right\} \quad (2.28)$$

$$k_x' = 0.046 + 100 / M_v + 0.00421 v_i + 0.00260 v_f + 0.0544 Gr \quad (2.29)$$

$$k_y = k_x^{0.75} \quad (2.30)$$

$$k_a = k_x^{0.81} \left(2 - k_x^{3.81} \right) \quad (2.31)$$

เมื่อ

A, B	ค่าต้านทานทางอากาศและการสิ้นเปลืองของยานพาหนะช่วงเผาผลาญเชื้อเพลิงและปลดปล่อยมลพิษ
E_k	ผลรวมการเปลี่ยนแปลงของพลังงานจลน์ (จูล/กิโลกรัมเมตร)
f_i	การเผาผลาญเชื้อเพลิงหรือปลดปล่อยมลพิษขณะรถหยุด
Gr	ความชันถนน (เปอร์เซ็นต์)
k_i	ตัวรวบรวมสัมประสิทธิ์
k_a, k_x, k_y	ตัวแปรของค่าพลังงาน
L_d	ระยะทางช่วงที่รถชะลอความเร็วทั้งหมด (กิโลเมตร)
M_v	มวลของรถ (กิโลกรัม)
t_d	เวลาที่เร่งเนื่องจากรถชะลอความเร็ว (วินาที)
v_f, v_i	ความเร็วสุดท้ายและความเร็วเริ่มต้น ตามลำดับ (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
β_1, β_2	พารามิเตอร์ประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2.1 พารามิเตอร์สำหรับวัฏจักรจำลองการขับเคลื่อนของยานพาหนะสำหรับประมาณช่วงเผาผลาญเชื้อเพลิงและปริมาณมลพิษ

ตัวแปร	คำอธิบาย	หน่วยสำหรับ เชื้อเพลิง	หน่วยสำหรับ ก๊าซมลพิษ	เชื้อเพลิง	ก๊าซคาร์บอน มอนนอกไซด์	ก๊าซไฮโดร คาร์บอน	ก๊าซไนโตรเจน ไดออกไซด์
f_i	การเผาผลาญ เชื้อเพลิงหรือ อัตราการปล่อย มลพิษ	มิลลิลิตรต่อ ชั่วโมง	กรัมต่อชั่วโมง	1350 (รถมวลเบา) 2000 (รถมวลหนัก)	50	8	2
A	ค่าต้านทานการ สิ้นเปลืองของ ยานพาหนะ ช่วงเผาผลาญ เชื้อเพลิงและ ปล่อยมลพิษ	มิลลิลิตรต่อ กิโลเมตร	กรัมต่อกิโลเมตร	21 (รถมวลเบา) 105 (รถมวลหนัก)	1	0	0
$10^5 B$	ค่าต้านทานทาง อากาศของ ยานพาหนะ ช่วงเผาผลาญ เชื้อเพลิงและ ปล่อยมลพิษ	(มิลลิลิตรต่อ กิโลเมตร)/ (กิโลเมตร ต่อชั่วโมง) ²	(กรัมต่อ กิโลเมตร)/ (กิโลเมตร ต่อชั่วโมง) ²	550 (รถมวลเบา) 1780 (รถมวลหนัก)	0	2	6

ตารางที่ 2.1 พารามิเตอร์สำหรับวัฏจักรจำลองการขับเคลื่อนของยานพาหนะสำหรับประมาณช่วงเผาผลาญเชื้อเพลิงและปริมาณมลพิษ (ต่อ)

ตัวแปร	คำอธิบาย	หน่วยสำหรับ เชื้อเพลิง	หน่วยสำหรับ ก๊าซมลพิษ	เชื้อเพลิง	ก๊าซคาร์บอน มอนนอกไซด์	ก๊าซไฮโดร คาร์บอน	ก๊าซไนโตรเจน ไดออกไซด์
$10^4 \beta_1$	ประสิทธิภาพ	มิลลิลิตรต่อ กิโลจูล	กรัมต่อกิโลจูล	900 (รวมวอลเบา) 800 (รวมวอลหนัก)	150	0	10
$10^4 \beta_2$	พลังงาน ประสิทธิภาพ การเร่ง	มิลลิลิตร /(กิโลจูลเมตร ต่อวินาที ²)	กรัม /(กิโลจูลเมตร ต่อวินาที ²)	300 (รวมวอลเบา) 200 (รวมวอลหนัก)	250	4	2
M_{vLV}	ค่าเฉลี่ย รวมวอลเบา เช่น รถตู้, รถยนต์ ขนาดเล็ก	กิโลกรัม	กิโลกรัม	1400	1400	1400	1400

ตารางที่ 2.1 พารามิเตอร์สำหรับวัฏจักรจำลองการขับขี่ของยานพาหนะสำหรับประมาณช่วงเผาผลาญเชื้อเพลิงและปริมาณมลพิษ (ต่อ)

ตัวแปร	คำอธิบาย	หน่วยสำหรับ เชื้อเพลิง	หน่วยสำหรับ ก๊าซมลพิษ	เชื้อเพลิง	ก๊าซคาร์บอน มอนนอกไซด์	ก๊าซไฮโดร คาร์บอน	ก๊าซไนโตรเจน ไดออกไซด์
M_{vHV}	ค่าเฉลี่ย รถมวลหนัก เช่น รถบรรทุก, รถบัส	กิโลกรัม	กิโลกรัม	11000	11000	11000	11000

หมายเหตุ จาก “aaSidra Traffic Model Reference Guide [Computer software]” โดย Akcelik, R., 2002, Melbourne: Akcelik and Associates Pty Ltd.

2.5.2 การเผาผลาญเชื้อเพลิงและปลดปล่อยมลพิษของโปรแกรม Synchro

2.5.2.1 การเผาผลาญเชื้อเพลิงของโปรแกรม Synchro

หลักการคิดของพื้นฐานการจำลองขับเคลื่อนของยานพาหนะ 4 ขั้นตอน เช่นเดียวกับโปรแกรม aaSidra ตัวแปรที่สำคัญ ได้แก่ ความเร็ว, ระยะทาง, จำนวนการหยุด และความล่าช้าสัญญาณไฟ การเผาผลาญเชื้อเพลิงสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$F = TotalTravel*k_1 + TotalDelay*k_2 + Stops*k_3 \quad (2.32)$$

$$k_1 = 0.075283 - 0.0015892*speed + 0.000015066*speed^2 \quad (2.33)$$

$$k_2 = 0.7329$$

$$k_3 = 0.0000061411*speed^2 \quad (2.34)$$

F	=	ปริมาณเชื้อเพลิง (แกลลอน)
$Speed$	=	ความเร็วช่วงรถวิ่งปกติ (ไมล์/ชั่วโมง)
$TotalTravel$	=	ระยะทางการเดินทาง (คัน-ไมล์)
$TotalDelay$	=	ความล่าช้าสัญญาณไฟทั้งหมด (ชั่วโมง)
$Stops$	=	จำนวนครั้งการหยุดทั้งหมดของยานพาหนะ (ครั้งต่อชั่วโมง)

2.5.2.2 การปลดปล่อยมลพิษของโปรแกรม Synchro

การปลดปล่อยมลพิษใช้วิธีการคิดเช่นเดียวกับการเผาผลาญเชื้อเพลิงแต่จะมีแฟกเตอร์คงที่มาหารหรือคูณแต่ละค่า เพื่อแสดงผลลัพธ์ของก๊าซมลพิษแต่ละประเภท การปลดปล่อยมลพิษสามารถคำนวณได้จาก

$$CO = F/69.9 \quad (2.35)$$

$$No_x = F*13.6 \quad (2.36)$$

$$VOC = F*16.2 \quad (2.37)$$

F	=	การเผาผลาญเชื้อเพลิง (แกลลอน)
CO	=	คาร์บอนมอนนอกไซด์ (กรัมต่อแกลลอน)
NO_x	=	ออกไซด์ของไนโตรเจน (กรัมต่อแกลลอน)
VOC	=	ออกซิเจนที่เป็นไฮโดรคาร์บอน (กรัมต่อแกลลอน)

บทที่ 3

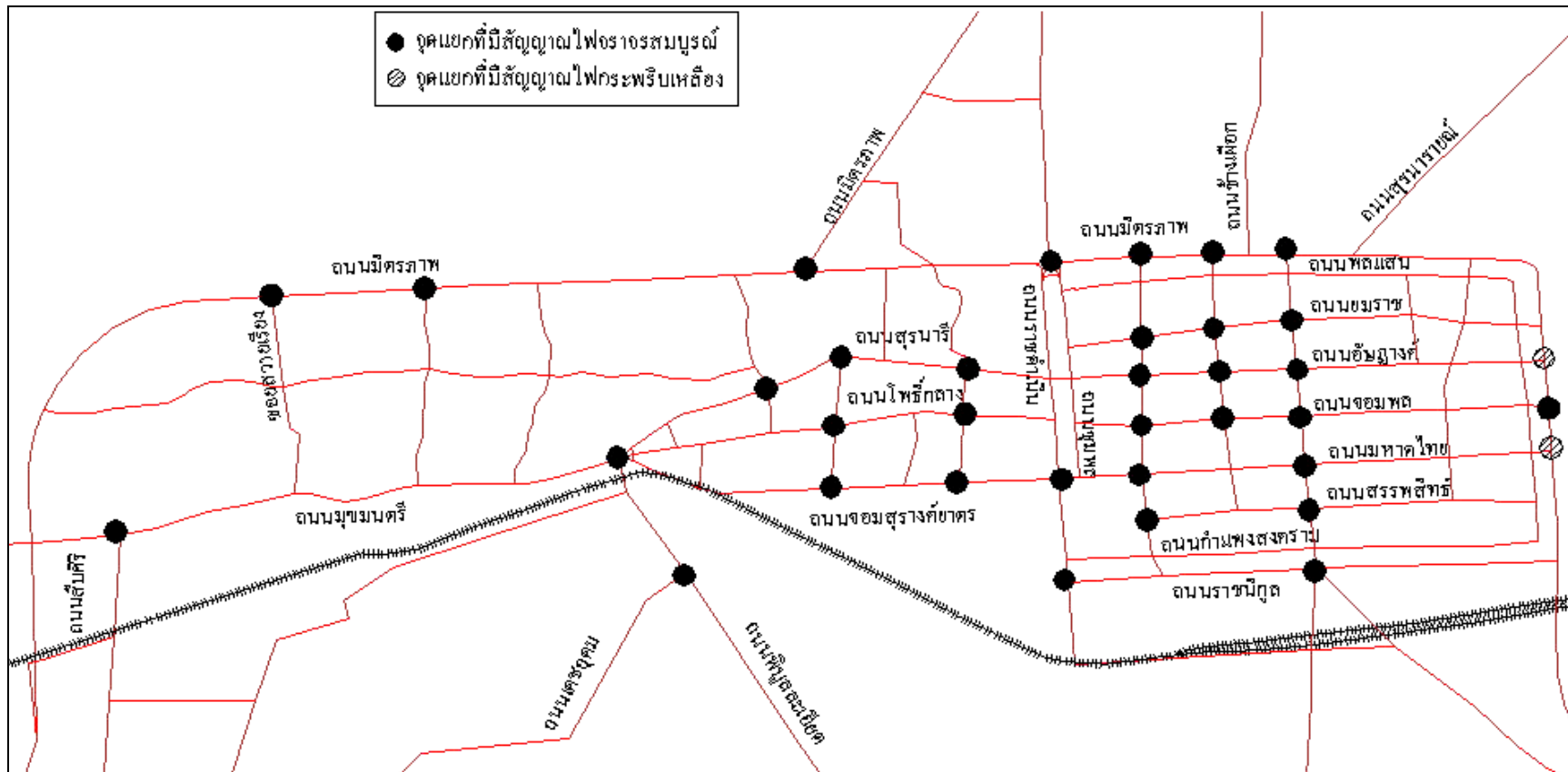
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 บทนำ

ในบทนี้กล่าวถึงระเบียบวิธีการวิจัย การเก็บข้อมูล การสร้างแบบจำลอง รวมทั้งประเมินสภาพการจราจรของโครงข่ายถนน เพื่อศึกษาระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมสำหรับเทศบาลนครนครราชสีมา การสำรวจข้อมูลเริ่มต้นจากการกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาและเก็บข้อมูลทางกายภาพของโครงข่ายถนนตลอดจนการควบคุมสัญญาณไฟจราจรในปัจจุบัน เพื่อนำข้อมูลที่ครบถ้วนและถูกต้องมาใช้ให้ตรงกับสถานการณ์จริงมากที่สุด ส่วนขั้นตอนการปรับเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรจะมีรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ซ.

3.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาจะครอบคลุมเขตเทศบาลนครนครราชสีมา มีประมาณพื้นที่ 75.96 ตารางกิโลเมตร ภายในพื้นที่ศึกษานี้จะทำการสำรวจปริมาณจราจร ลักษณะทางกายภาพของถนน และระบบสัญญาณไฟ ๓ ทางแยกสัญญาณไฟจราจรจำนวน 34 ทางแยก ดังแสดงรูปที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ



รูปที่ 3.2 ตำแหน่งทางแยกสัญญาณไฟจราจรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย (research methodology)

3.3.1 ระเบียบวิธีการวิจัย

หัวข้อนี้กล่าวถึงแนวทางการดำเนินงานวิจัย รวมถึงวิธีการเก็บข้อมูล ตัวแปรที่ศึกษา และการวิเคราะห์สภาพการจราจรเพื่อปรับเปลี่ยนความยาวรอบสัญญาณไฟที่สามารถสรุปโดยย่อได้ดังรูปที่ 3.3 ระเบียบการวิจัยมีวิธีการดังต่อไปนี้

- การวิจัยจะดำเนินการศึกษาทางแยกสัญญาณไฟจราจรในเขตพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมา โดยการเก็บข้อมูลทางลักษณะทางกายภาพของถนน ปริมาณจราจร และระบบสัญญาณไฟ
- จำลองสภาพการจราจร (simulation) พร้อมกับศึกษาตัวชี้วัดสภาพการจราจรของเทศบาลนครราชสีมา ได้แก่ ความล่าช้า, มลภาวะ, การเผาผลาญเชื้อเพลิงและความเร็ว เป็นต้น
- ทดลองปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรระดับทางแยกและโครงข่าย การวิเคราะห์ปรับปรุงเวลาสัญญาณไฟจราจรระดับทางแยกโปรแกรม aaSidra จะมีหลักการวิเคราะห์สอดคล้องกับ โปรแกรม Synchro คือ คำนวณหาความยาวรอบเวลาสัญญาณไฟและการแบ่งช่วงเวลาเพื่อหาค่าความล่าช้าที่น้อยสุดของทางแยก หลังจากนั้นวิเคราะห์ขั้นตอนที่ละเอียดมากขึ้นในระดับโครงข่ายโดยใช้โปรแกรม Synchro เพื่อศึกษาวิธีควบคุมระบบสัญญาณไฟจราจรที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า จำนวนครั้งการหยุด เวลาการเดินทางรวมที่น้อยที่สุดในระบบ
- ศึกษาเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของโครงข่ายและวิเคราะห์ผลก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนการควบคุมสัญญาณไฟจราจร
- สรุปผลและเสนอแนะการควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมกับเทศบาลนครราชสีมา

3.3.2 ขั้นตอนวิธีการเก็บข้อมูล

ข้อมูลที่สำรวจนำไปใช้เพื่อพัฒนาแบบจำลองการจราจรซึ่งประกอบไปด้วย

- ข้อมูลปริมาณจราจรบนถนน (midblock count) ของถนนสายสำคัญในเขตพื้นที่ศึกษาจำนวน 21 แห่งและบริเวณทางแยก (intersection count) จำนวน 34 แห่ง ทั้งในช่วงเร่งด่วนเช้า (7.30 - 8.30 น.) และช่วงโมงเร่งด่วนเย็น (17.00-18.00 น.) ประเภทของยานพาหนะแบ่งออกเป็น 8 ประเภท (ประเภทที่ 1 ได้แก่ รถจักรยานยนต์, รถสามล้อเครื่อง ประเภทที่ 2 ได้แก่ รถยนต์นั่ง 4 ล้อ, รถโฟล์ค ประเภทที่ 3 ได้แก่ รถบัสขนาดกลางและใหญ่ และรถสองแถว 6 ล้อ ประเภทที่ 4 ได้แก่ รถบรรทุก 6 ล้อ ประเภทที่ 5 ได้แก่ รถปิกอัพและรถบรรทุก 4 ล้อ ประเภทที่ 6 ได้แก่ รถสองแถว 4 ล้อ ชูบารุ และรถตู้ ประเภทที่ 7 ได้แก่ รถบรรทุก 10 ล้อ ประเภทที่ 8 ได้แก่ รถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ

ขึ้นไปและรถพ่วง) ข้อมูลที่เก็บสำรวจจะใช้แบบฟอร์มเก็บสำรวจปริมาณจราจรจะแบ่งประเภท ชนิดยานพาหนะและบอกถึงตำแหน่งที่ทำการศึกษา แสดงดังรูปที่ 3.4 และ 3.5 ตามลำดับ

- ข้อมูลสภาพทางกายภาพของทางแยกสัญญาณไฟจราจร ตลอดจนอุปกรณ์ควบคุมการจราจรบนสายทางของพื้นที่ ๆ ศึกษา เช่น จำนวนช่องจราจร ความกว้างถนน สัญลักษณ์ของเครื่องหมายนำทาง ดังตัวอย่างแสดงในดังรูปที่ 3.6 และแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลสภาพทางกายภาพของทางแยกสัญญาณไฟจราจร ดังรูปที่ 3.7 ตามลำดับ

- ข้อมูลสัญญาณไฟจราจรของทางแยกที่ทำการศึกษา เช่น รอบสัญญาณไฟ, เวลาไฟเขียวและเฟสสัญญาณไฟ เป็นต้น

3.3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนนี้กล่าวถึงลำดับของการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสุดท้ายประกอบด้วย

- จัดทำโครงข่ายจราจรในรูปแบบดิจิทัลเพื่อให้ใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุดโดยอาศัยข้อมูลสำรวจลักษณะทางกายภาพของถนน ปริมาณจราจรและระบบสัญญาณไฟ

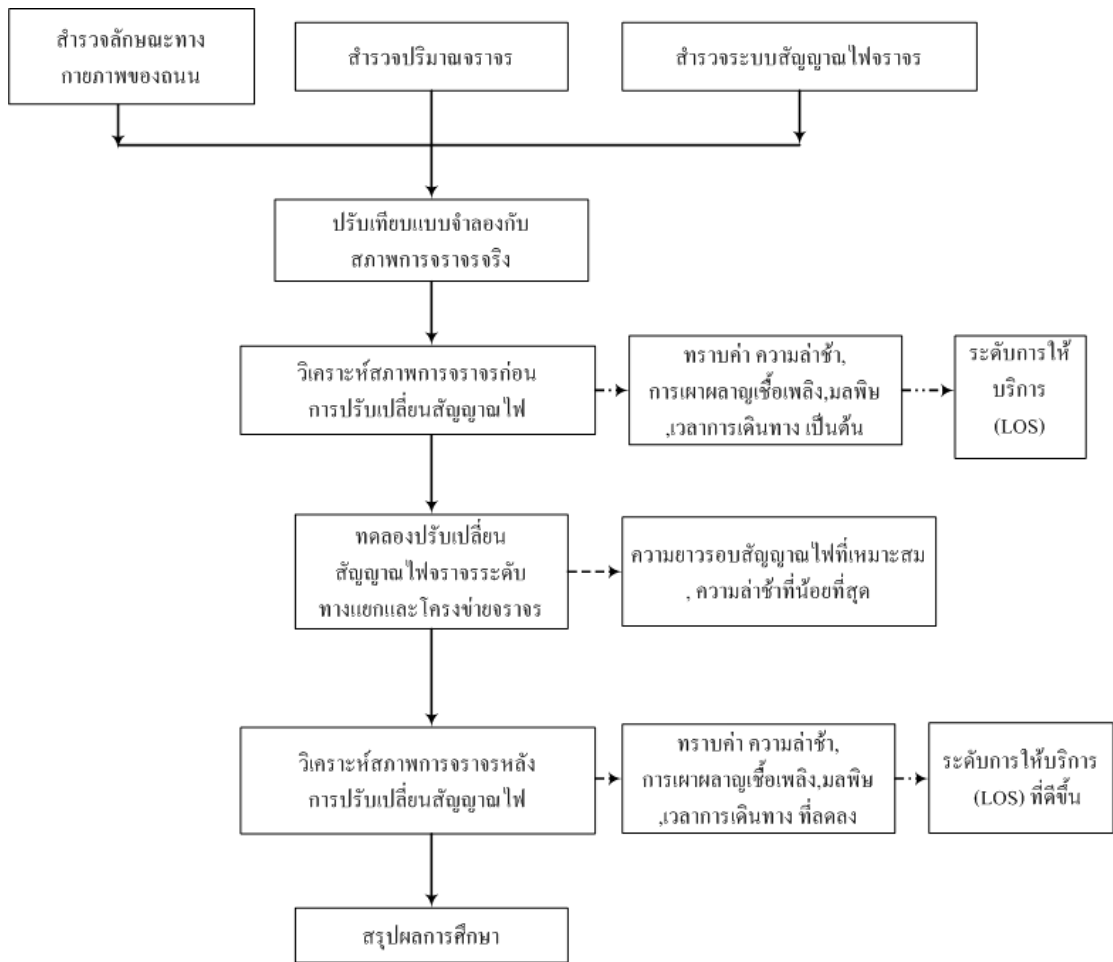
- เปรียบเทียบแบบจำลองกับสภาพการจราจรจริงบนโครงข่ายถนนในเขตเทศบาลนคร นครราชสีมา

- วิเคราะห์สภาพการจราจรของโครงข่ายก่อนปรับเปลี่ยนรอบเวลาสัญญาณไฟรวมทั้งศึกษาตัวแปรที่บ่งบอกถึงสภาพการจราจร

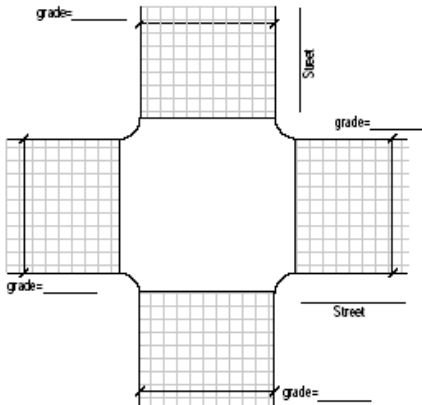



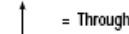
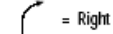
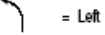
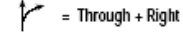
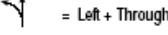
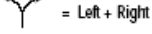
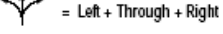


- ทดลองปรับเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรระดับทางแยกและโครงข่าย

- ศึกษาสภาพการจราจรของโครงข่ายหลังปรับเปลี่ยนรอบเวลาสัญญาณไฟ

- เปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพก่อนและหลังปรับปรุงรอบสัญญาณไฟจราจร เช่น ความล่าช้า, การเผาผลาญเชื้อเพลิง, มลพิษ และ ความเร็ว เป็นต้น รวมทั้งผลรวมของความล่าช้าและมลภาวะสะสม



รูปที่ 3.3 แผนผังแสดงวิธีการดำเนินการวิจัย (research methodology)

INPUT WORKSHEET												
General Information						Site Information						
Analyst _____						Intersection _____						
Agency or Company _____						Area Type <input type="checkbox"/> CBD <input type="checkbox"/> Other						
Date Performed _____						Jurisdiction _____						
Analysis Time Period _____						Analysis Year _____						
Intersection Geometry												
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;">  <div style="margin-left: 10px;">  = Pedestrian Button  = Lane Width  = Through  = Right  = Left  = Through + Right  = Left + Through  = Left + Right  = Left + Through + Right </div> </div> </div>												
Volume and Timing Input												
	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹
Volume, V (veh/h)												
% heavy vehicles, % HV												
Peak-hour factor, PHF												
Pretimed (P) or actuated (A)												
Start-up lost time, I ₁ (s)												
Extension of effective green time, e (s)												
Arrival type, AT												
Approach pedestrian volume, ² v _{peg} (p/h)												
Approach bicycle volume, ² v _{bic} (bicycles/h)												
Parking (Y or N)												
Parking maneuvers, N _m (maneuvers/h)												
Bus stopping, N _b (buses/h)												
Min. timing for pedestrians, ³ G _p (s)												
Signal Phasing Plan												
D I A G R A M	01	02	03	04	05	06	07	08				
Timing	G = Y =	G = Y =	G = Y =	G = Y =	G = Y =	G = Y =	G = Y =	G = Y =				
 Protected turns			 Permitted turns Pedestrian			Cycle length, C = _____ s						
Notes												
1. RT volumes, as shown, exclude RTOR. 2. Approach pedestrian and bicycle volumes are those that conflict with right turns from the subject approach. 3. Refer to Equation 16-2.												

รูปที่ 3.4 ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ทำกรเก็บข้อมูลปริมาณจราจรเบื้องต้น

โครงการศึกษาคำการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและการขนส่งเมืองในภูมิภาค : จังหวัดนครราชสีมา ครั้งที่ 2




















ข้อมูลสำรวจนับปริมาณจราจร (TMC)

วันที่สำรวจ

ชื่อผู้สำรวจ

จุดสำรวจ

ทิศทาง

Counter No.								
ช่วงเวลา	   รถจักรยานยนต์ รถสามล้อเครื่อง	   รถยนต์นั่ง 4 ล้อ รถไฟฟ้	  รถสองแถว 6 ล้อ รถมีขนาด กลางและใหญ่	 รถบรรทุก 6 ล้อ	   รถบีคัพและ รถบรรทุก 4 ล้อ	   รถสองแถว 4 ล้อ ซุมบารูและรถตู้	 รถบรรทุก 10 ล้อ	   รถแทรกเตอร์ และรถพ่วง
06:30 - 06:45								
06:45 - 07:00								
07:00 - 07:15								
07:15 - 07:30								
07:30 - 07:45								
07:45 - 08:00								
08:00 - 08:15								
08:15 - 08:30								
08:30 - 08:45								
08:45 - 09:00								
09:00 - 09:15								
09:15 - 09:30								
09:30 - 09:45								
09:45 - 10:00								
10:00 - 10:15								
10:15 - 10:30								
10:30 - 10:45								
10:45 - 11:00								
11:00 - 11:15								
11:15 - 11:30								
11:30 - 11:45								
11:45 - 12:00								
12:00 - 12:15								

รูปที่ 3.4 (ต่อ) ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ทำการเก็บข้อมูลปริมาณจราจรเบื้องต้น



รูปที่ 3.6 สภาพทางกายภาพของทางแยกสี่สัญญาณไฟจราจร

แบบสำรวจลักษณะทางกายภาพถนน (Road Inventory)
โครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและการขนส่งเมืองในภูมิภาค : จังหวัดนครราชสีมา ครั้งที่ 2

แผ่นที่ 001

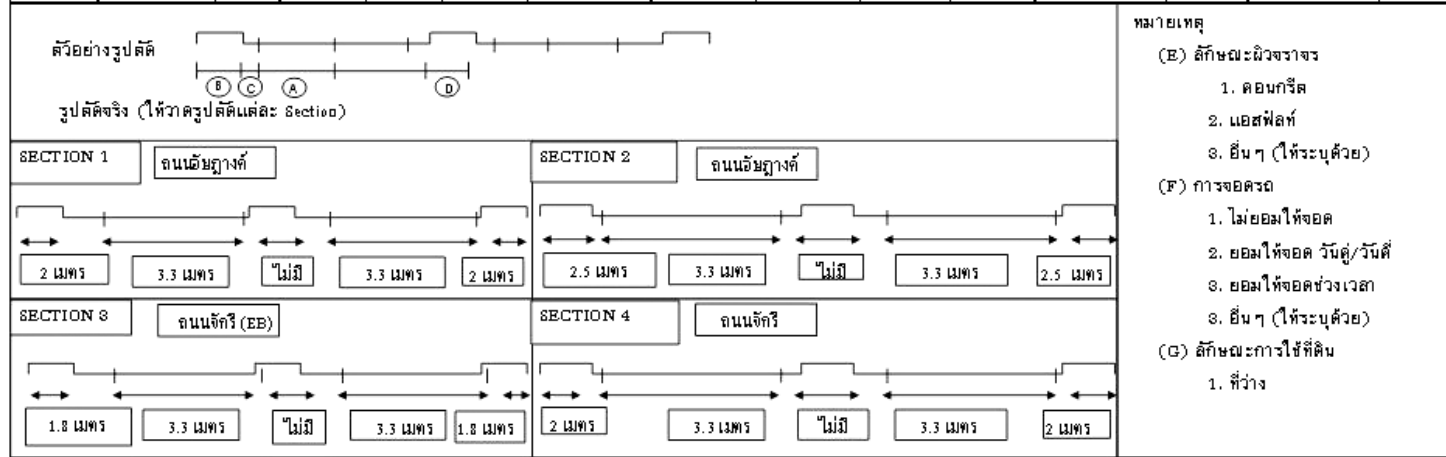
ชื่อผู้สำรวจ _____ วรจักร คาศรี _____ ชื่อผู้ควบคุม/ตรวจสอน _____ ศิวกิจ เสรีรัตนสกุล _____

วันที่ 28 เดือน 06 พ.ศ. 2546

จุดสำรวจที่ 22

ถนนชั้นรองฯ ติดกับถนนจ๊กกรี

SECTION	ชื่อถนน / หมายเลขทาง หลวง	ความ ยาว (กม.)	(A)		(B)		(C)		(D)	(E)	(F)		(G)	
			ช่องจราจร		ความกว้างทางเท้า (เมตร)		ความกว้างไหล่ทาง (เมตร)		ความกว้าง	ลักษณะผิว	การจอดรถ		ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	
			จำนวน ช่อง	ความ กว้าง (เมตร)	เหนือ/ ตะวันออก ของถนน	ใต้/ ตะวันตก ของถนน	เหนือ/ ตะวันออก ของถนน	ใต้/ ตะวันตก ของถนน	เกาะกลาง (เมตร)	จราจร	เหนือ/ตะวันออก ของถนน	ใต้/ ตะวันตก ของถนน	เหนือ/ตะวันออก ของถนน	ใต้/ ตะวันตก ของถนน
1	อัยภูงาท	0.25	1	3.3	2		0		0	2	2		2	
2	อัยภูงาท	0.27	1	3.3		2.5		0	0	2		2		2
3	จ๊กกรี	0.13	1	3.3	1.8		0		0	2	2		2	
4	จ๊กกรี	0.17	1	3.3		2		0	0	2		2		2



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลสภาพทางกายภาพของทางแยกสัญญาณไฟจราจร

3.4 สภาพการจราจรบนโครงข่ายถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

จากการสำรวจสภาพปริมาณจราจรและสภาพการจราจรของโครงข่ายถนนจะใช้ข้อมูลสำรวจปริมาณจราจรปี 2546 เนื่องจากการเก็บสำรวจปริมาณจราจรดีที่สุดตามโครงการจัดการศึกษาจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค: จังหวัดนครราชสีมา การสำรวจได้ทำการศึกษาสภาพการจราจรแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (7.30–8.30น.) และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (17.00–18.00น.) จากการสำรวจสภาพจราจรจริงในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น (สำรวจจราจรเป็นผู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจร) พบว่า สภาพจราจรติดขัดมากที่สุดภายในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาจำนวน 7 แห่ง ส่วนใหญ่เป็นทางแยกที่เชื่อมต่อกับถนนทางหลวงหมายเลข 224 (จุดสำรวจที่ 7 ถนนสุรนารายณ์ตัดกับถนนทางหลวงหมายเลข 224, จุดสำรวจที่ 13 ถนนมิตรภาพตัดกับทางหลวงหมายเลข 224, จุดสำรวจที่ 15 ถนนมิตรภาพตัดกับถนนสำโรงจันทร์, จุดสำรวจที่ 28 ถนนจอมพลตัดกับทางหลวงหมายเลข 224 และจุดสำรวจที่ 32 ถนนราชดำเนินตัดกับถนนราชานุกุล) และบริเวณทางแยกที่มีห้าทางแยก (จุดสำรวจที่ 24 ห้าแยกห้วยรถไฟ, จุดสำรวจที่ 14 ห้าแยกประตูชัยณรงค์) เมื่อนำข้อมูลปริมาณจราจรที่เก็บได้มาจำลองสภาพการจราจร พบว่ามีสภาพการจราจรติดขัดมากที่สุด จำนวน 10 แห่งมีทางแยกที่เพิ่มขึ้นจำนวน 3 แห่ง ได้แก่ จุดสำรวจที่ 10 ถนนจอมสุรางค์ยาตรตัดกับถนนโยธา, จุดสำรวจที่ 27 ถนนราชดำเนินตัดกับทางหลวงหมายเลข 224 และจุดสำรวจที่ 25 ถนนสุรนารีตัดกับถนนบัวรอง ดังรูปแสดงที่ 3.8 และ 3.9 ตามลำดับ พบว่าระดับการให้บริการของทางแยกที่ติดขัดมากที่สุดมีค่าใกล้เคียงกับความจริง นอกจากนี้ ทดสอบความยาวแถวคอยสูงสุดของปริมาณจราจรบนโครงข่ายโดยเลือกสุ่มทางแยกเพื่อเปรียบเทียบผลการจำลองสภาพการจราจรของโปรแกรมกับสำรวจจริงในสนามมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของความยาวแถวคอยสูงสุดจากการเปรียบเทียบความถูกต้องของโปรแกรม aaSidra และ Synchro มีค่าเฉลี่ยประมาณ 7-28% สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างเปรียบเทียบความยาวแฉกคอยสูงสุดจากการจำลองสภาพจราจรกับข้อมูล
สำรวจจริง

จุดที่สำรวจ	ช่วง เวลา	ทิศ ทาง	ความยาวแฉกคอย (เมตร)					ค่าเฉลี่ย
			สำรวจ	โปรแกรม (%)		ความแตกต่าง (%)		
				aaSidra	Synchro	aaSidra	Synchro	
17 ถนนยมราช ตัดกับ ถนนจักรี	7.30- 8.30น.	EB	71.0	78.0	58.8	9.0	17.2	aaSidra
		WB	51.0	68.0	97.7	25.0	47.8	21.0%
		NB	51.0	79.0	56.3	35.4	9.4	Synchro
		SB	81.0	69.0	71.8	14.8	11.4	21.4%
18 ถนนมหาดไทย ตัดกับ ถนนจักรี	7.30- 8.30น.	EB	84.5	120.4	130.2	29.8	34.9	aaSidra
		WB	88.5	138.0	93.6	35.9	5.4	24.6%
		NB	48.5	80.0	28.2	39.4	41.9	Synchro
		SB	54.8	70.0	43.5	22.7	20.2	25.6%
21 ถนนจอมพล ตัดกับ ถนนจักรี	7.30- 8.30น.	EB	48.5	41.0	94.8	15.5	48.8	aaSidra
		WB	68.5	104.0	54.9	34.1	19.8	27.6%
		NB	64.8	78.0	63.1	17.0	2.5	Synchro
		SB	58.5	101.0	68.1	42.0	14.1	21.32%
22 ถนนอภัยวงศ์ ตัดกับ ถนนจักรี	7.30- 8.30น.	EB	84.5	120.4	130.2	29.8	34.9	aaSidra
		WB	88.5	138.0	93.6	35.9	5.44	24.6%
		NB	48.5	80.0	28.2	39.4	41.9	Synchro
		SB	54.8	70.8	43.5	22.7	20.3	25.6%

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างเปรียบเทียบความยาวแถวคอยสูงสุดจากการจำลองสภาพจราจรกับข้อมูล
สำรวจจริง (ต่อ)

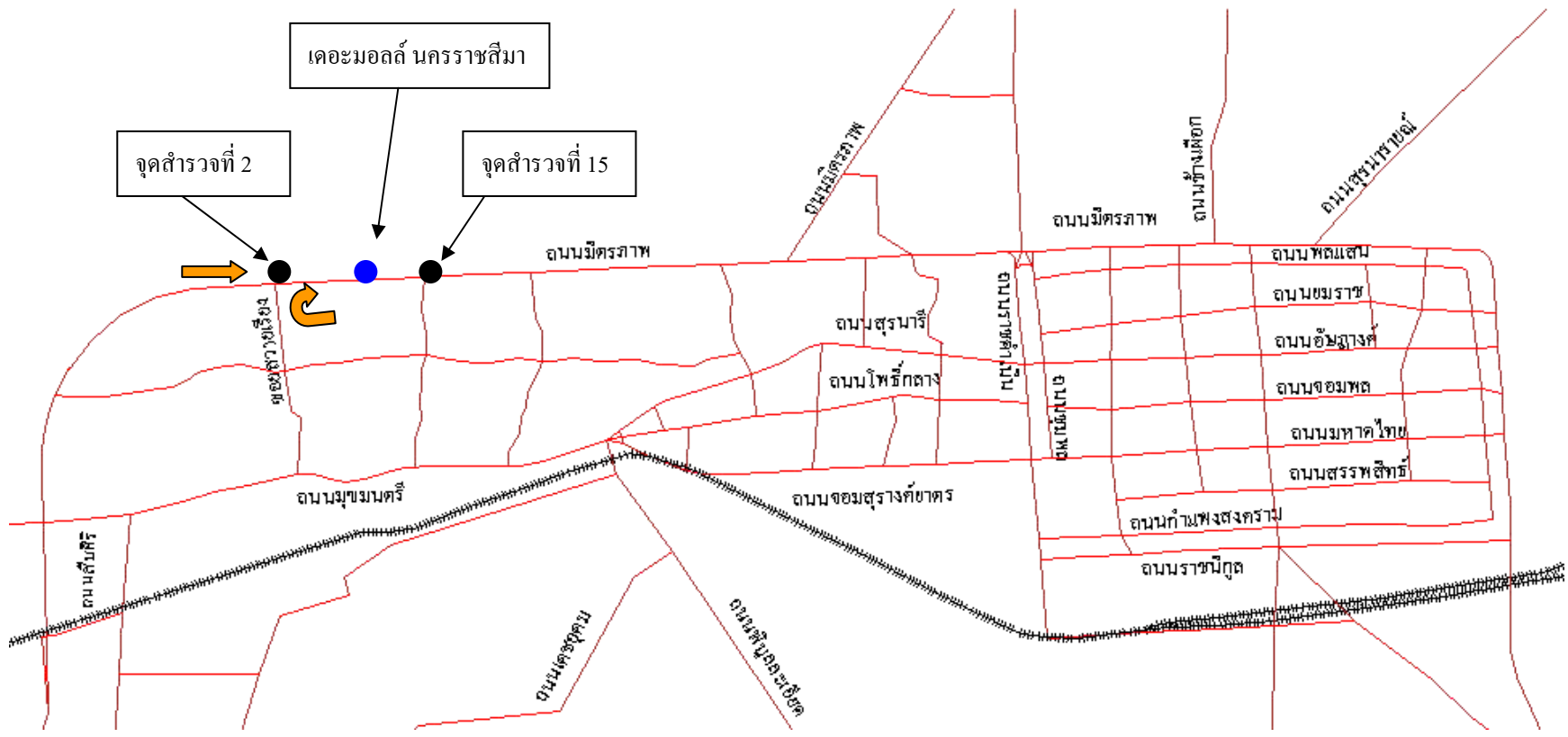
จุดที่สำรวจ	ช่วง เวลา	ทิศ ทาง	ความยาวแถวคอย (เมตร)					ค่าเฉลี่ย
			สำรวจ	โปรแกรม (%)		ความแตกต่าง (%)		
				aaSidra	Synchro	aaSidra	Synchro	
17 ถนนยมราช ตัดกับ ถนนจักรี	17.00- 18.00น.	EB	68.5	80.0	64.5	14.4	5.8	aaSidra
		WB	68.5	81.0	80.9	15.4	15.3	13.8%
		NB	68.5	84.0	68.0	18.4	0.1	Synchro
		SB	58.5	68.0	54.8	7.1	6.3	6.9%
18 ถนนมหาดไทย ตัดกับ ถนนจักรี	17.00- 18.00น.	EB	56	92.0	70.0	39.1	20.0	aaSidra
		WB	58	58.0	83.3	0.0	30.3	21.3%
		NB	66	93.0	78.4	29.0	15.8	Synchro
		SB	76	63.0	88.8	17.1	14.4	20.1%
21 ถนนจอมพล ตัดกับ ถนนจักรี	17.00- 18.00น.	EB	88.5	50.0	121.0	43.5	27.1	aaSidra
		WB	76	89.0	132.6	14.6	32.8	22.0%
		NB	106	85.0	67.0	19.8	36.8	Synchro
		SB	86	96.0	71.5	10.4	16.8	28.4%
22 ถนนอภัยวงศ์ ตัดกับ ถนนจักรี	17.00- 18.00น.	EB	98.5	88.0	67.9	10.7	31.0	aaSidra
		WB	98.5	88.0	74.9	10.7	24.0	14.9%
		NB	54.6	88.0	68.8	37.8	20.4	Synchro
		SB	58.9	61.0	41.2	3.5	30.1	26.4%

การจำลองสภาพการจราจรในโครงข่ายเขตเทศบาลนครนครราชสีมา พบว่ามีระดับการให้บริการบริการตั้งแต่ระดับ A ถึง F โดยส่วนใหญ่ทางแยกใกล้กับถนนทางหลวงหมายเลข 224 และบริเวณทางแยกที่มีห้าทางแยกการบริการอยู่ในระดับ E, F สำหรับระดับการให้บริการ A, B และ C ส่วนมากจะพบอยู่บริเวณฝั่งเมืองเก่าและเขตฝั่งเมืองใหม่บ้าง ระดับการให้บริการของทางแยกภายในฝั่งเมืองรวมจังหวัดนครราชสีมาสามารถสรุปดังตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.10 ดังนี้

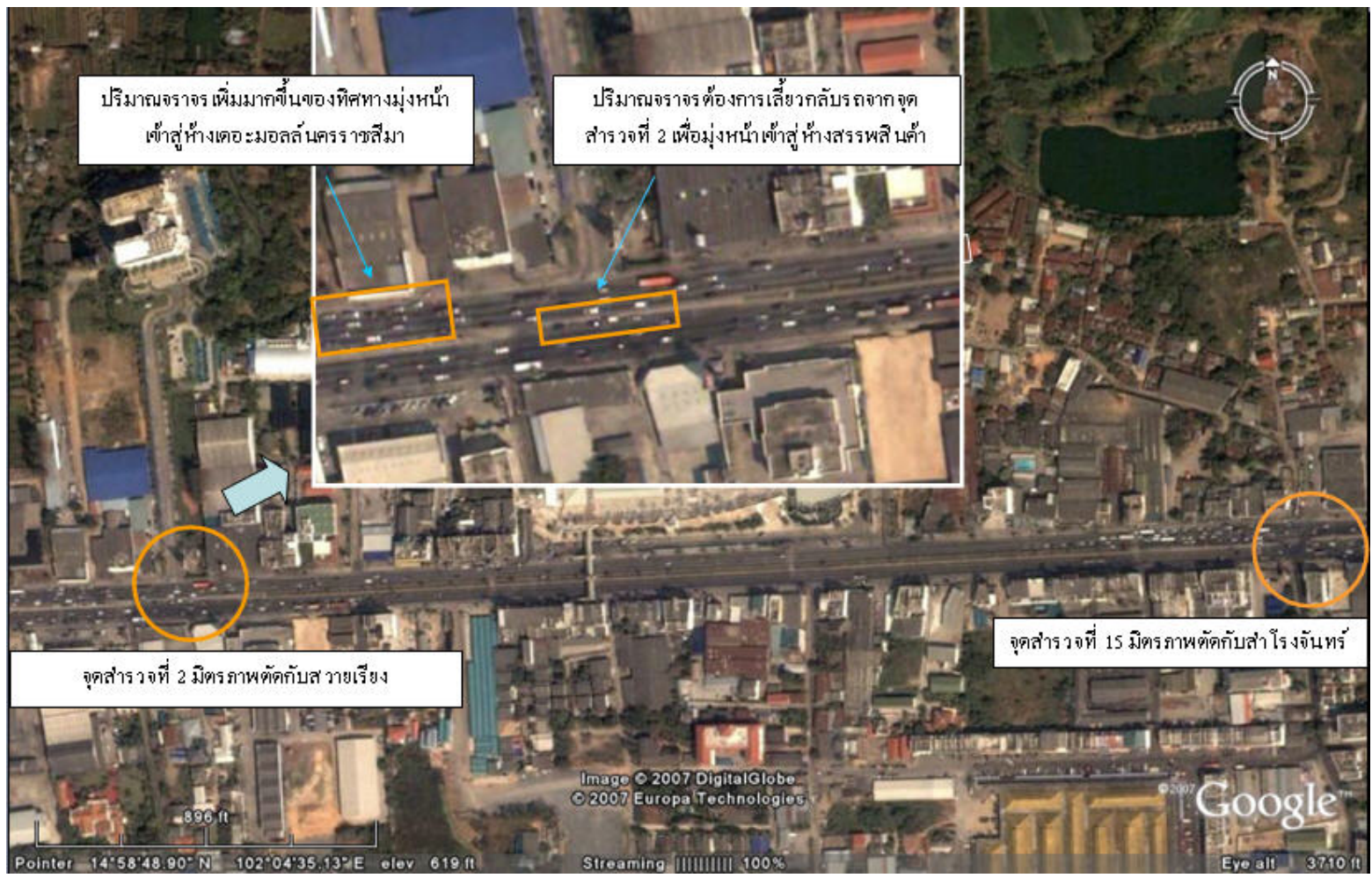
ตารางที่ 3.2 ระดับการให้บริการของทางแยกระดับ A ถึง F ภายในโครงข่ายจราจรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ระดับการให้บริการของทางแยก	จำนวน (แห่ง)
A	5
B	13
C	3
D	0
E	3
F	10

สภาพการจราจรในปัจจุบัน ปี 2550 จะมีบางทางแยกที่มีความติดขัดมากขึ้นอันเนื่องมาจากการขยายตัวของปริมาณจราจรและสถานที่ ๆ ดึงดูดของการเดินทาง เช่น ถนนมิตรภาพบริเวณหน้าห้างเดอะมอลล์นครราชสีมา จะอยู่ช่วงจุดสำรวจที่ 2 (มิตรภาพตัดกับสวายเรียง) ถึงจุดสำรวจที่ 15 (มิตรภาพตัดกับสำโรงจันทร์) มีจำนวนยานพาหนะเพิ่มมากขึ้นในทิศทางมุ่งหน้าเข้าสู่ห้างเดอะมอลล์นครราชสีมาและส่วนหนึ่งจะมีปริมาณจราจรเลี้ยวกลับรถจากจุดสำรวจที่ 2 เพื่อมุ่งหน้าเข้าสู่ห้างสรรพสินค้า (เดอะมอลล์นครราชสีมา) ดังแสดงในรูปที่ 3.11 เมื่อสภาพปัจจุบันปริมาณจราจรเพิ่มขึ้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้โปรแกรม Synchro และ aaSidra มาทำการวิเคราะห์และปรับเทียบให้เหมาะสมกับสภาพจราจรที่ขยายตัว สำหรับโปรแกรม Synchro มีฟังก์ชันการเจริญเติบโต (growth factor) ด้านการจราจรทั้งทางแยกและโครงข่าย ดังรูปที่ 3.12 และ 3.13 และส่วนโปรแกรม aaSidra มีฟังก์ชันมาตราส่วนการไหล (flow scale) ของปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นดังรูปที่ 3.14



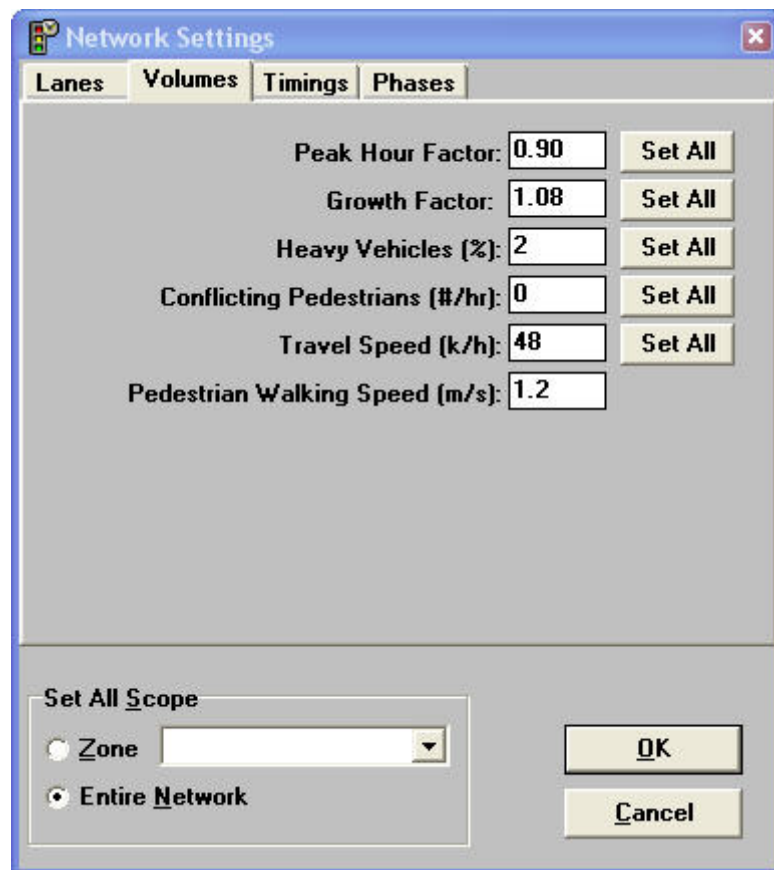
รูปที่ 3.11 ตัวอย่างจุดสำรวจและเส้นทางจราจรที่มีปริมาณจราจรเพิ่มขึ้นในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา



รูปที่ 3.11 ตัวอย่างจุดสำรวจและเส้นทางจราจรที่มีปริมาณจราจรเพิ่มขึ้นในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

VOLUME WINDOW	←				←				←			←		
	EBU	EBL	EBT	EBR	WBU	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Traffic Volume (vph)	219	43	1146	584	106	283	3053	6	267	23	44	34	13	19
Conflicting Peds. (#/hr)	0	0	—	0	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0
Conflicting Bikes (#/hr)	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Growth Factor	1.02	1.03	1.00	1.01	1.08	1.02	1.10	1.05	1.12	1.20	1.00	1.04	1.30	1.20
Heavy Vehicles (%)	11	0	5	6	0	2	8	0	0	0	16	0	0	0
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	—	0	—	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	— EB				— WB				—			—		
Adjusted Flow (vph)	248	49	1273	655	127	321	3731	7	332	31	49	39	19	21
Lane Group Flow (vph)	0	297	1273	655	0	448	3731	7	0	412	0	0	79	0

รูปที่ 3.12 การปรับค่าฟังก์ชันเจริญเติบโตทางด้านการจราจร (growth factor) ของทางแยก



รูปที่ 3.13 การปรับค่าฟังก์ชันเจริญเติบโตทางด้านการจราจร (growth factor) ของโครงข่าย

Overtyp

PARAMETERS

Title lines

Title

Subtitle

FLOW PARAMETERS

Total Flow Period	60
Peak Flow Period	30
Peak Flow Factor	90
HV Data Option	P
Flow Scale	110
Saturation Flow Scale	100

$T_p = 30 \text{ min}$
 $T = 60 \text{ min}$
 $PFF = 0.95 = q_a / q_p$
 $q_a = 0.95 q_p$
 $q_n = 0.90 q_p$
 $PTF = 0.50 = T_p / T$
 When $T=60 \text{ min}$, $PFF=PHF$

รูปที่ 3.14 การปรับค่ามาตรฐานการไหล (flow scale) ของปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้น

3.5 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของโครงข่ายจราจร

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพเป็นตัวแปรที่บอกสภาพการจราจรในโครงข่ายจราจรว่ามีความติดขัดมากน้อยเพียงใด ตัวแปรที่ใช้ได้แก่

1) ความเร็ว เป็นค่าเฉลี่ยความเร็วของขบวนในโครงข่ายจราจร ใช้บ่งบอกสภาพการจราจรในโครงข่ายว่ามีความติดขัดมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ บอกถึงสภาพการไหลของขบวนบนท้องถนน ความเร็วจะใช้วัดประสิทธิภาพการจราจรหรือคุณภาพการบริการ มีหน่วย เมตร/วินาที

2) ความล่าช้า เป็นค่าที่สามารถบ่งบอกถึงระดับการให้บริการและการเคลื่อนที่ของขบวนภายในโครงข่ายจราจร ถ้าความล่าช้ามาก ย่อมส่งผลกระทบต่อความเร็ว, สภาพการไหลของขบวนและเวลาการเดินทางผู้ขับขี่บนท้องถนนลดลง ความล่าช้าใช้วัดคุณภาพของการบริการ มีหน่วย วินาที/คัน

3) การเผาผลาญเชื้อเพลิงของขบวนในโครงข่าย บอกปริมาณการเผาผลาญเชื้อเพลิงที่สูงสูญเสียไปในช่วงรถวิ่งปกติ, หยุด, เร่งความเร็วและเบรก การเผาผลาญเชื้อเพลิงมากสามารถบอกได้ถึงสภาพล่าช้าที่เกิดขึ้นบนถนนและโครงข่ายจราจร มีหน่วย มิลลิลิตร

4) การปลดปล่อยมลพิษจากขบวนการในโรงข่าย บอกถึงปริมาณมลพิษของยานพาหนะที่ปล่อยออกมาช่วงรถวิ่งปกติ, หยุด, เร่งความเร็วและเบรก การปลดปล่อยมลพิษมากสามารถบอกได้ถึงความล่าช้าที่เกิดขึ้นบนถนนและโรงข่ายจราจร มลพิษ มีหน่วย กรัม

3.6 ข้อสมมติฐาน

การศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดข้อสมมติฐานที่ใช้ในการจำลองสภาพการจราจร เพื่อลดความไม่แน่นอนที่เกิดจากปัจจัยภายนอกอื่น ๆ สามารถแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การจำลองสภาพจราจรของโปรแกรม aaSidra กำหนดให้การจับจีแบบชิดซ้ายตามปกติแต่การจำลองการจับจีของ โปรแกรม Synchro นั้นยังมีการเดินรถแบบชิดขวาเนื่องจากการกำหนดทิศทางการจับจีให้เหมาะสมกับต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับประเทศไทยโดยการกลับทิศทางการจราจรจากทิศตะวันออกเป็นทิศตะวันตก แต่ทิศทางเหนือและทิศใต้ยังคงเดิม

2) การเลี้ยวซ้ายที่ทางแยกในทุกทิศทาง อนุญาตให้เลี้ยวได้เมื่อมีช่องว่างในกระแสจราจรอย่างเพียงพอและไม่มีการขัดแย้งกับการจราจรจากทิศตรงข้าม

3) กำหนดความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรต่ำที่สุดเท่ากับ 60 วินาทีและความยาวรอบสัญญาณไฟที่มากที่สุดเท่ากับ 185 วินาที ตามการสำรวจข้อมูลรอบสัญญาณไฟจราจรจริงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

4) การจำลองสภาพการจราจรได้แบ่งประเภทขบวนการออกเป็น 2 ประเภท คือ รถขนาดเบาและรถขนาดหนัก ส่วนรถจักรยานยนต์ไม่นำมาคิดรวมเนื่องจากผลการศึกษาของ (กมล ปูนศิริ, 2542) ได้กล่าวถึง ปริมาณรถจักรยานยนต์มีผลกระทบน้อยมากหรือแทบจะไม่มีผลต่อการวิเคราะห์สภาพการจราจรและขบวนการพาหนะอื่น ๆ บนถนน

5) โรงข่ายถนนที่ใช้ในแบบจำลองประกอบด้วยถนนสายหลักและถนนสายรองในเมือง ผู้ขับขี่ส่วนมากมีความคุ้นเคยกับเส้นทางโรงข่ายถนน

6) ความเร็วจำกัด (speed limit) ของแต่ละถนนที่จำลองความเร็วของยานพาหนะบนท้องถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมากำหนดความเร็วที่ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเนื่องจากเป็นมาตรฐานจำกัดความเร็วถนนที่อยู่ภายในเมือง

7) ความกว้างของช่องทางจราจรให้ใช้เท่ากับ 3.30 เมตร เนื่องจากเป็นความกว้างถนนของจังหวัดนครราชสีมา อยู่ในช่วง 2.75 ถึง 3.50 เมตรต่อช่องทางจราจร

3.7 การวิเคราะห์สภาพการจราจรของโปรแกรม aaSidra และ Synchro

การวิเคราะห์สภาพการจราจรของโปรแกรม aaSidra และ Synchro ในการวิจัยนี้ได้นำซอฟต์แวร์สองตัวนี้มาร่วมทำการวิเคราะห์ในระดับโครงข่ายและทางแยก โปรแกรม aaSidra เป็นโปรแกรมวิเคราะห์ทางแยกเดี่ยวสามารถประเมินผลลัพธ์ของความล่าช้า, การวิเคราะห์ต่อช่องทาง, การเผาผลาญเชื้อเพลิง, ปริมาณมลพิษ และความเร็ว รวมทั้งคำนวณรอบเวลาสัญญาณไฟที่เหมาะสมของทางแยก สำหรับการแบ่งพื้นที่ที่ไม่สามารถแยกย่อยเป็นหลาย ๆ พื้นที่ได้เนื่องจากเป็นข้อจำกัดของโปรแกรม ส่วนขั้นตอนการปรับปรุงสัญญาณไฟจราจรมีขั้นตอนเดียว คือ ความยาวรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรและแบ่งช่วงเวลาที่เหมาะสม (optimize-intersection cycle length and splits) สำหรับโปรแกรม Synchro มีความสามารถวิเคราะห์ทางแยกและโครงข่าย การแสดงผลลัพธ์ไม่แตกต่างกับโปรแกรม aaSidra มากนัก ขั้นตอนการปรับปรุงสัญญาณไฟจราจรละเอียดมากกว่า มี 4 ขั้นตอน คือ ความยาวรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรและแบ่งช่วงเวลาที่เหมาะสม (optimize-intersection cycle length and splits), พื้นที่โครงข่าย (partition network) แบ่งออกเป็นหลาย ๆ พื้นที่, ความยาวรอบสัญญาณไฟของโครงข่าย (optimize-network cycle length) และการเหลื่อมล้ำของสัญญาณไฟเขียวและลำดับสัญญาณไฟของโครงข่าย (optimize-network offset and phase order) ความแตกต่างของโปรแกรม aaSidra และ Synchro คือ โปรแกรม aaSidra ไม่สามารถแบ่งพื้นที่โครงข่ายและในส่วนรายละเอียดของการปรับปรุงสัญญาณไฟจะมีขั้นตอนน้อยกว่าของโปรแกรม Synchro สรุปเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสองโปรแกรมดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 เปรียบเทียบความแตกต่างของโปรแกรม aaSidra และ Synchro

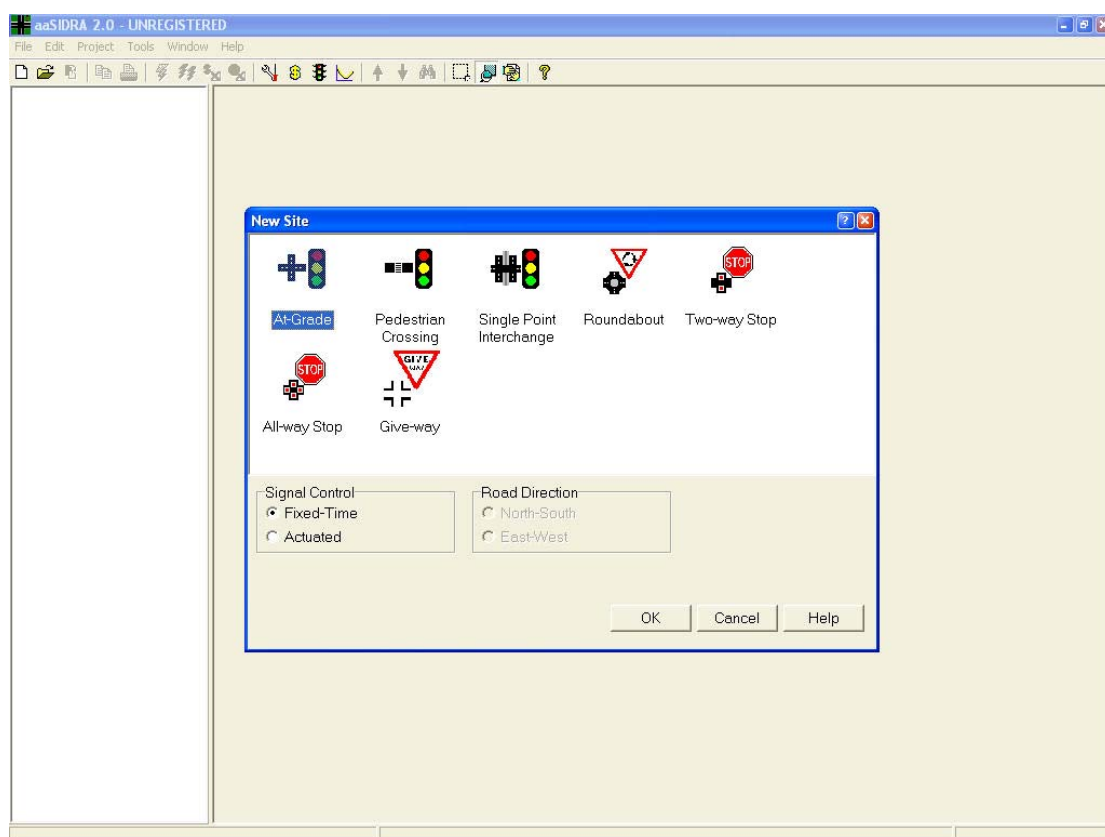
โปรแกรม	วิเคราะห์		ปรับปรุงสัญญาณไฟจราจร		การแบ่งพื้นที่	
	ทางแยก	โครงข่าย	ทางแยก	โครงข่าย	ทางแยก	โครงข่าย
aaSidra	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
Synchro	มี	มี	มี	มี	ไม่มี	มี

3.8 การสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์สภาพการจราจรด้วยโปรแกรม aaSidra 2.0

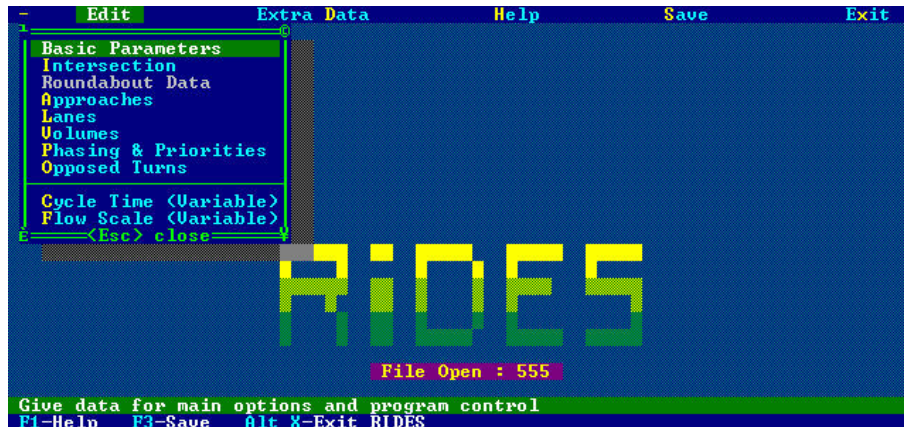
การสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรของทางแยกเดี่ยวของโปรแกรม aaSidra 2.0 นั้น จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ โปรแกรม CONFIG และ RIDES ทำการจำลองและวิเคราะห์สภาพการจราจรดังต่อไปนี้

ส่วนแรกโปรแกรม CONFIG จะทำงานภายใต้ระบบของปฏิบัติการวินโดวส์ (window system) ต้องเลือกกำหนดระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรและประเภทของทางแยกให้ตรงกับสภาพความเป็นจริง ดังรูปที่ 3.15

ส่วนที่สองโปรแกรม RIDES จะอยู่ภายใต้การทำงานแบบของ disk operation system (DOS) มีหน้าที่เก็บข้อมูลตัวแปรที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์สภาพการจราจร ดังแสดงรูปที่ 3.16 สามารถแบ่งออกเป็น 7 หัวข้อย่อย ดังนี้



รูปที่ 3.15 การเลือกระบบการควบคุมสัญญาณไฟจราจรและประเภทของทางแยก



รูปที่ 3.16 หัวข้อรายละเอียดของโปรแกรม RIDES

3.7.1 ตัวแปรพื้นฐาน (basic parameter)

ตัวแปรพื้นฐานจะประกอบด้วย ส่วนแรก คือ รายละเอียดชื่อเรื่อง (title line) จะกำหนดชื่อเรื่องและข้อมูลเบื้องต้นสภาพการไหลของปริมาณจราจร (flow parameter) ส่วนที่สองจะเป็นข้อมูลกำหนดเวลาสัญญาณไฟและพารามิเตอร์อื่น ๆ (timing and other parameter) ที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์สามารถแสดงดังรูปที่ 3.17



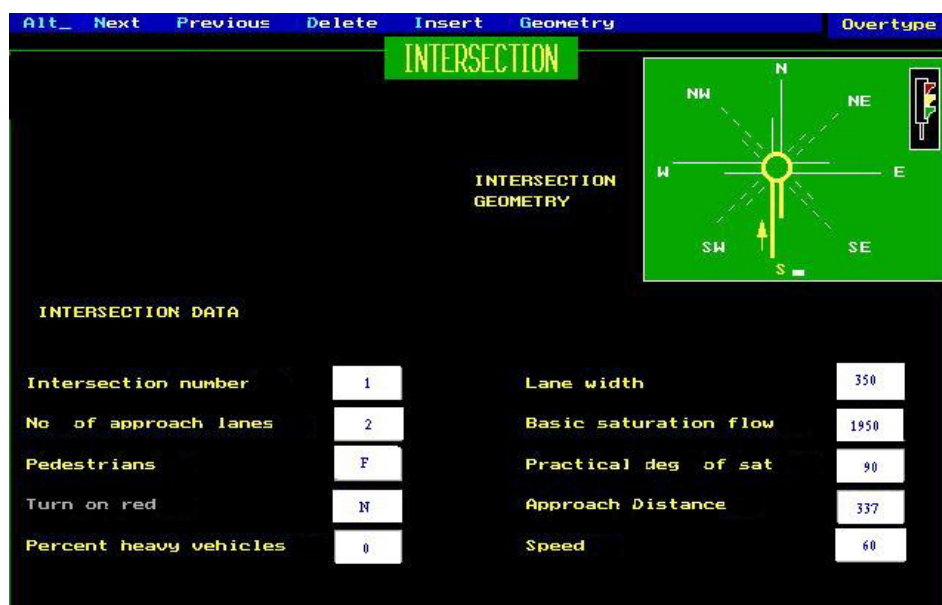
รูปที่ 3.17 การตั้งค่าตัวแปรพื้นฐาน



รูปที่ 3.17 การตั้งค่าตัวแปรพื้นฐาน (ต่อ)

3.7.2 ลักษณะทางกายภาพของทางแยก (intersection geometry)

ขั้นตอนนี้เป็นากำหนดลักษณะทางกายภาพและเรขาคณิตของทางแยกจำลองสถานการณ์จริง เช่น ความยาวถนน, จำนวนช่องทางและความกว้างถนน ดังแสดงรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 การตั้งค่าลักษณะทางกายภาพของทางแยก

3.7.3 ขาทางแยก (approach)

ขั้นตอนนี้แสดงการกำหนดข้อมูลของขาทางแยกให้มีความละเอียดมากตามลักษณะทางกายภาพของถนนที่ทำการสำรวจ เช่น ระบบการเชื่อมต่อสัญญาณไฟ, ประเภทของสัญญาณไฟ, จำนวนช่องทางที่เข้าและออก, เกาะกลางถนนและความชัน ดังแสดงรูปที่ 3.19

APPROACH DESCRIPTION	
Approach name	South Approach
No of approach lanes	3
No of adjacent exit lanes	3
Median Width	350
Pedestrians	F
Ped crossing distance	1200
Downstream short lane	N

รูปที่ 3.19 การตั้งค่าข้อมูลรายละเอียดของขาทางแยก

APPROACH DATA	
Percent heavy vehicles	0
Approach grade	0
Lane width	350
Basic saturation flow	1950
Practical deg of sat	100
Peak Flow Factor	95
Turn on red	(highlighted in purple)
Control	F
Coordination	C
Arrival type	4
Approach Speed	60
Exit Speed	60
Approach Distance	500

รูปที่ 3.19 การตั้งค่ารายละเอียดข้อมูลขาทางแยก (ต่อ)

3.7.4 ช่องทาง (lanes)

ขั้นตอนนี้กำหนดรายละเอียดข้อมูลของช่องทางตามสภาพความเป็นจริง เช่น ความกว้างช่องทาง, จุดจอดยานพาหนะ และประเภทของช่องทางที่เลือก ดังแสดงรูปที่ 3.20

LANE DATA	
Buses Stp	N
Parking	N
SL Green	N
Util	100
Sat flow	1850
Width	350
Length	
Lane type	2
Discip.	LT
Lane No.	1

รูปที่ 3.20 การตั้งค่าข้อมูลรายละเอียดของช่องทาง

3.7.5 ปริมาณจราจร (volume)

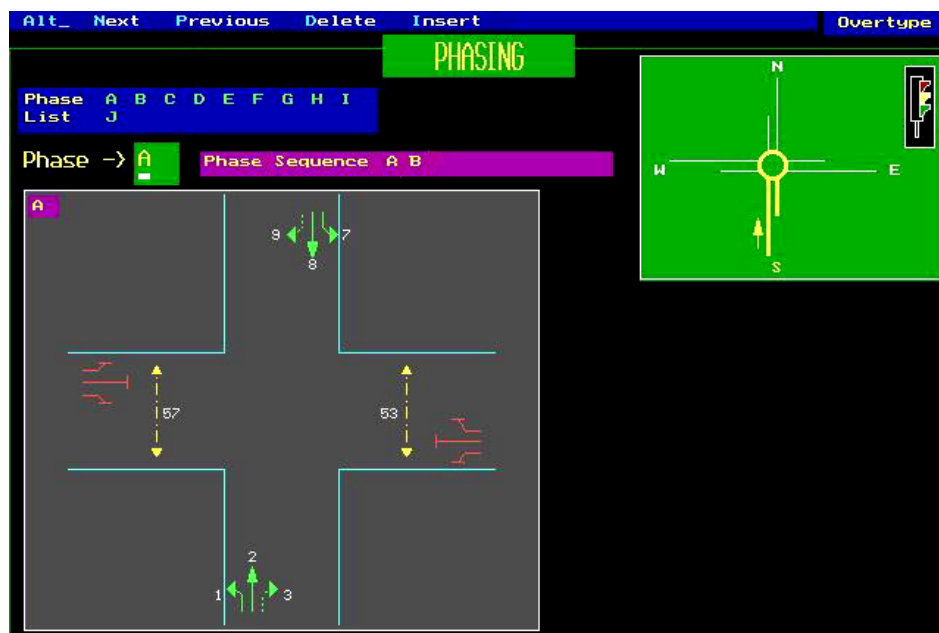
ข้อมูลปริมาณจราจรจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ปริมาณจราจรทั้งหมด (total volume) และปริมาณยานพาหนะขนาดใหญ่ (heavy vehicle) ข้อมูลนี้สามารถทราบได้จากการเก็บข้อมูลปริมาณจราจรบนทางแยก ดังแสดงรูปที่ 3.21



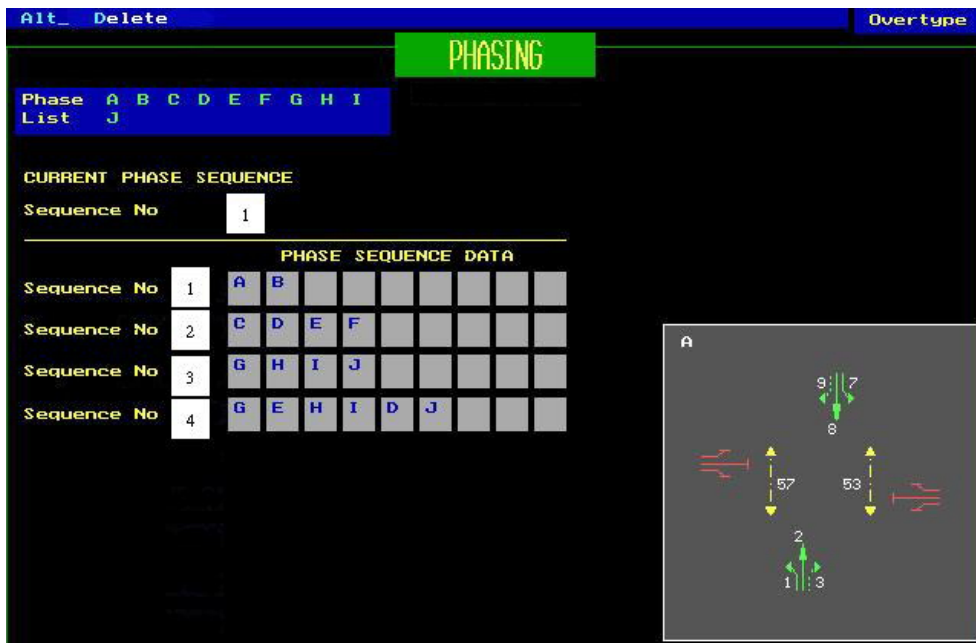
รูปที่ 3.21 การตั้งค่าปริมาณจราจรของยานพาหนะขนาดเบาและหนัก

3.7.6 จังหวะสัญญาณไฟ (phase & priorities)

ข้อมูลจังหวะสัญญาณไฟจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนแรก ตั้งค่าจังหวะสัญญาณไฟโดยกำหนดเฟสสัญญาณของแต่ละเฟส ส่วนที่สอง ตั้งค่าลำดับจังหวะสัญญาณไฟของเฟสทั้งหมดลงในช่องลำดับสัญญาณไฟ ดังแสดงในรูปที่ 3.22



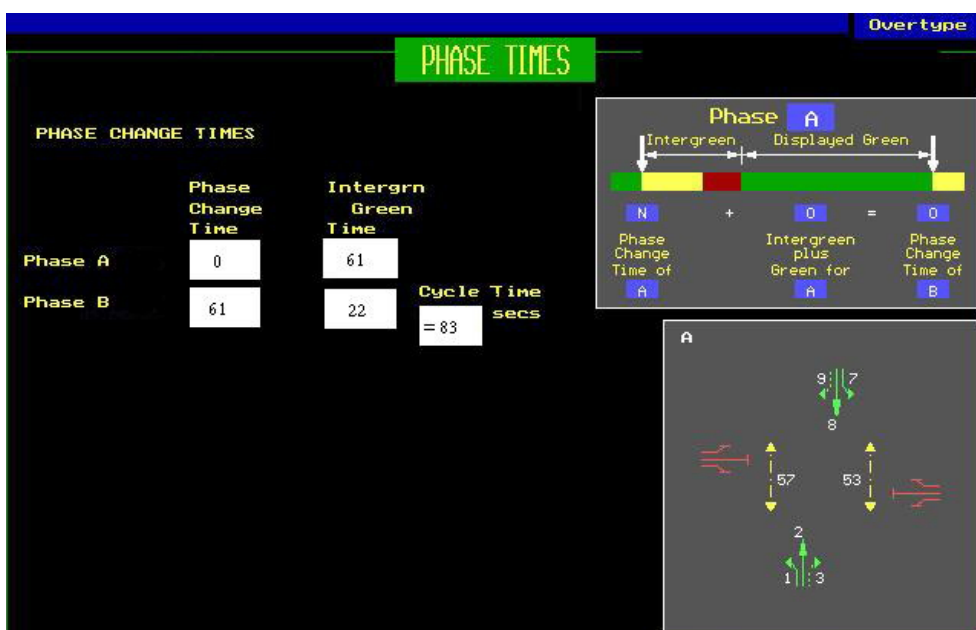
รูปที่ 3.22 การตั้งค่าจังหวะและรูปแบบสัญญาณไฟจราจร



รูปที่ 3.22 การตั้งค่าจังหวะและรูปแบบสัญญาณไฟจราจร (ต่อ)

3.7.7 ถ้าดับเวลาสัญญาณไฟ (phase time)

ตั้งค่ากำหนดความยาวรอบสัญญาณไฟของแต่ละเฟส สำหรับผลรวมเวลาทั้งหมดจะเป็นเวลาหนึ่งรอบสัญญาณไฟ ดังแสดงในรูปที่ 3.23



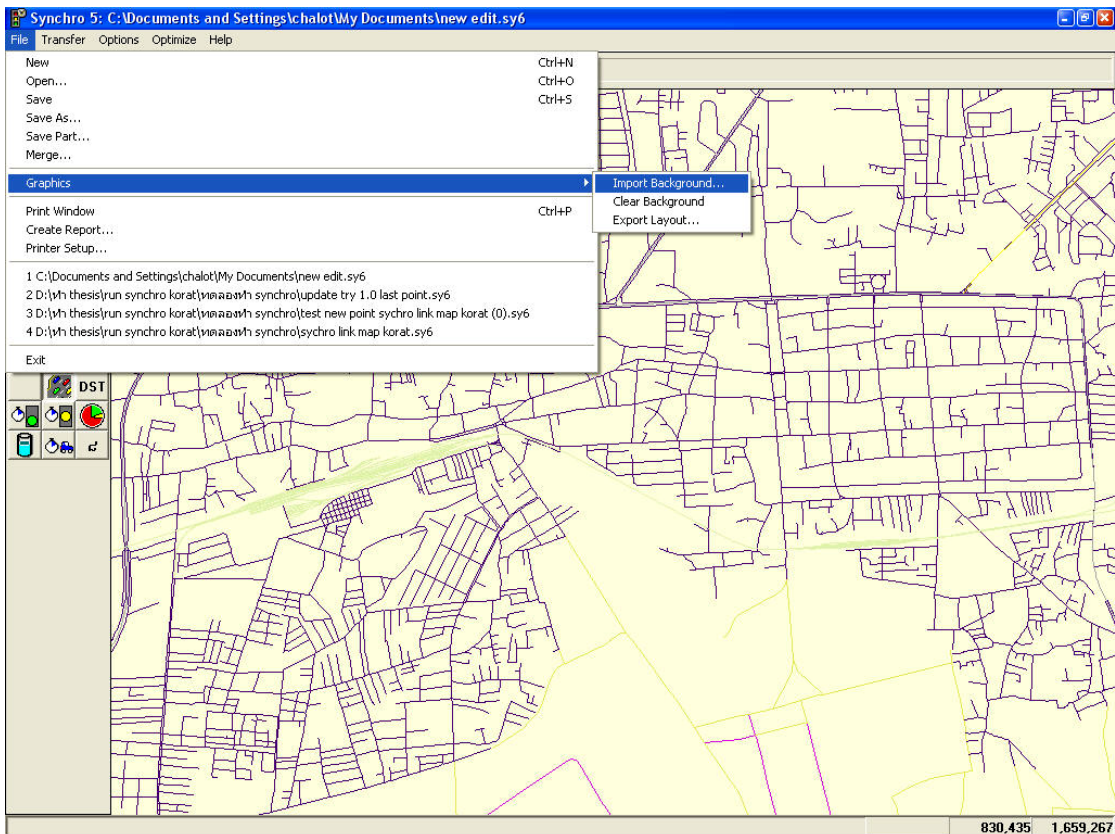
รูปที่ 3.23 ขั้นตอนการตั้งค่าลำดับเวลาสัญญาณไฟจราจร

3.9 การสร้างแบบจำลองวิเคราะห์สภาพการจราจรด้วยโปรแกรม Synchro 5.0

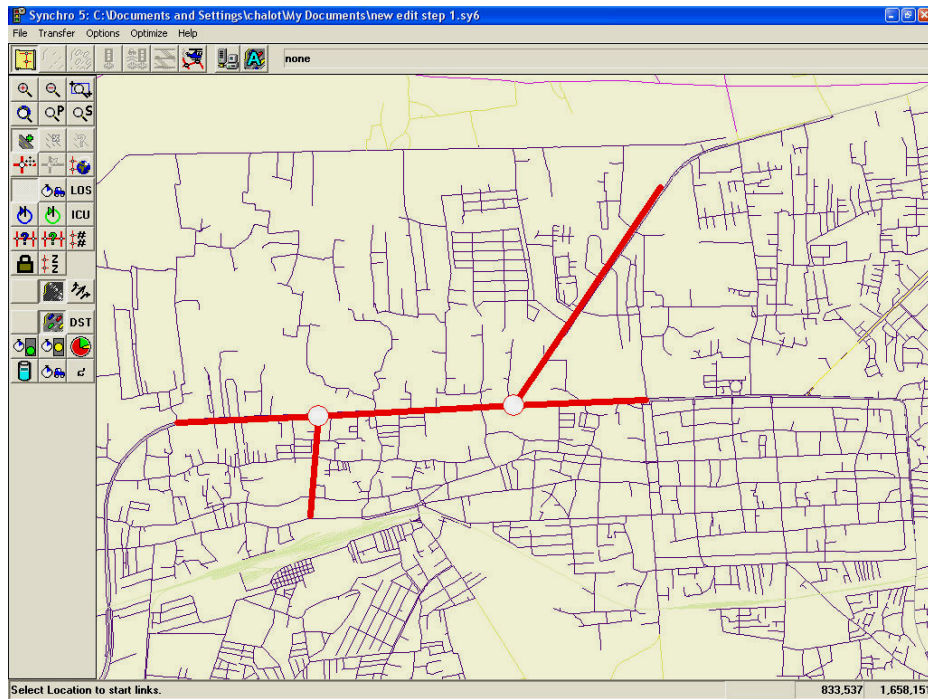
โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรเป็นเครื่องมือที่มีความจำเป็นและมีประโยชน์อย่างมากในการวิเคราะห์ปัญหาการจราจรที่มีข้อมูลและเวลาจำกัด แต่หากนำโปรแกรมจำลองสภาพไปใช้อย่างไม่เหมาะสมหรือไม่มีการตรวจสอบความถูกต้อง ส่งผลให้แบบจำลองสภาพการจราจรมีความผิดพลาดไปจากสภาพความเป็นจริง ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรโดยโปรแกรม Synchro ประกอบด้วย

1) ลักษณะกายภาพของโครงข่ายจราจร (network geometry)

ขั้นตอนแรกต้องทำการปรับเทียบโครงข่ายจราจรให้มีระบบพิกัดหรือสเกลที่เหมือนจริงโดยการนำไฟล์นามสกุล .dxf ของโปรแกรม AutoCAD หรือ นามสกุล .jpeg ของรูปภาพมานำเข้าเป็นพื้นหลัง (imported background) เพื่อความสะดวกในการสร้างโครงข่ายจราจรและขั้นตอนนี้จะทราบแนวสายทางและพิกัดแนวตั้งและแนวนอน หลังจากนั้นทำการสร้างสายทาง (link) และทางแยก (node) ต่าง ๆ ดังแสดงรูปที่ 3.24



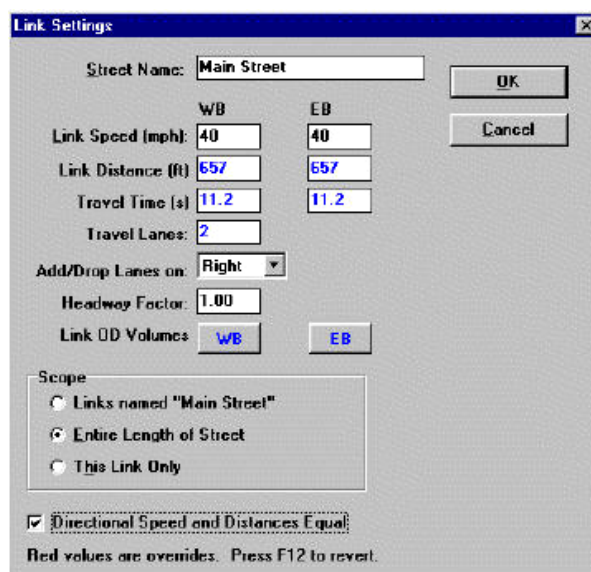
รูปที่ 3.24 การสร้างลักษณะกายภาพของโครงข่ายจราจร



รูปที่ 3.24 การสร้างลักษณะกายภาพของโครงข่ายจราจร (ต่อ)

2) ข้อมูลถนน (link setting)

ค่าข้อมูลถนน (link) จะเป็นการกำหนดความเร็วและจำนวนช่องทางบนถนนรวมทั้งการตั้งชื่อถนนและกำหนดความยาวของถนน ดังแสดงรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 การตั้งค่าข้อมูลบนถนน

3) ลักษณะทางกายภาพของช่องทางจราจร (lane setting)

เมื่อทำการสร้างโครงข่ายจราจรแล้ว ขั้นตอนนี้กรอรายละเอียดข้อมูลจำนวนช่องทาง บริเวณทางแยกให้มีความถูกต้องโดยใช้ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของทางแยกที่สำรวจจริงในสนาม การแบ่งช่องทาง สามารถกำหนดจำนวนช่องทาง (storage lane) และ ความยาวช่องทางเดี่ยว (storage length) ได้ดังแสดงรูปที่ 3.26

LANE WINDOW	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	↑↑	↑↑	↑	↑↑	↑↑	↑	↑↑	↑↑	↑	↑	↑↑	↑↑
Ideal Satd. Flow [vphpl]	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (ft)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Grade (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	↑↑↑↑	—	0	—
Area Type	—	Other	—	—	Other	—	—	Other	↑↑↑↑	—	Other	—
Storage Length (ft)	250	—	200	250	—	200	150	—	200	150	—	200
Storage Lanes (#)	2	—	1	1	—	1	1	—	1	1	—	—
Total Lost Time (s)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Leading Detector (ft)	50	250	50	50	250	50	50	300	50	50	300	50
Trailing Detector (ft)	0	244	0	0	244	0	0	0	0	0	0	0
Turning Speed (mph)	15	—	9	15	—	9	15	—	9	15	—	9
Lane Utilization Factor	0.97	0.95	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	0.95	1.00
Right Turn Factor	1.000	1.000	0.850	1.000	1.000	0.850	1.000	1.000	0.850	1.000	1.000	0.850
Left Turn Factor (prot)	0.950	1.000	1.000	0.950	1.000	1.000	0.950	1.000	1.000	0.950	1.000	1.000
Saturated Flow Rate (prot)	3433	3539	1583	1770	3539	1583	1770	3539	1583	1770	3539	1583
Left Turn Factor (perm)	0.950	1.000	1.000	0.950	1.000	1.000	0.318	1.000	1.000	0.083	1.000	1.000
Right Ped Bike Factor	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Left Ped Factor	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Saturated Flow Rate (perm)	3433	3539	1583	1770	3539	1583	592	3539	1583	155	3539	1583
Right Turn on Red	—	—	Yes	—	—	Yes	—	—	Yes	—	—	Yes
Saturated Flow Rate (RTOR)	0	0	136	0	0	7	0	0	38	0	0	148
Headway Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

รูปที่ 3.26 การตั้งค่าลักษณะทางกายภาพของช่องทางจราจร

4) ข้อมูลปริมาณจราจรของแต่ละช่องทาง (volume setting)

ข้อมูลปริมาณจราจรเป็นข้อมูลปริมาณจราจรสูงสุดรายชั่วโมงที่เก็บได้จากข้อมูลสำรวจยานพาหนะแต่ละประเภทของแต่ละช่องทาง การตั้งค่าสามารถแสดงดังรูป 3.27

VOLUME WINDOW	EBL	EBT	EBH	WBL	WBT	WBH	NBL	NBT	NBH	SBL	SBT	SBH
Traffic Volume (vph)	350	1000	150	100	700	200	150	2000	250	100	600	250
Conflicting Bikes (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conflicting Bikes (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	EB	—	—	WB	—	—	—	—	—	SB	—
Adjusted Flow (vph)	350	1000	150	100	700	200	150	2000	250	100	600	250
Lane Group Flow (vph)	350	1000	150	100	700	200	150	2000	250	100	600	250

Movement Volume, in vehicles per hour

รูปที่ 3.27 การตั้งค่าข้อมูลปริมาณจราจรของแต่ละช่องทาง

5) การตั้งค่าเวลาและลำดับสัญญาณไฟจราจร (timing setting)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรของโปรแกรม Synchro จะต้องทำการตั้งค่ารอบเวลาสัญญาณไฟ, ลำดับและเฟสสัญญาณไฟสำหรับรถเลี้ยว ได้แก่ เฟสสัญญาณไฟ, การเลี้ยวที่ได้รับการป้องกัน (protected), การเลี้ยวที่มีทิศทางตัดกระแสการจราจรอื่น ดังแสดงในรูปที่ 3.28

Synchro 5: C:\Program Files\Trafficware\Fixed Cycle Coordination.sp6

File Transfer Options Optimize Help

Main Street & 3rd St

Options >

Controller Type: Actuated-Coord

Cycle Length: 110.0

Actuated C.L.: 110.0
 Natural C.L.: 130.0
 Max v/c Ratio: 1.09
 Int. Delay: 51.5
 Int. LOS: D
 ICU: 107.32
 ICU LOS: F

Lock Timings

Offset Settings

Offset: 80.0

Reference Style: Begin of Greer

Reference Phase: 2+6 - EBT WB

Master Interscn.

TIMING WINDOW		EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR
Lanes and Sharing (#L)		↑↑	↑↑	↑	↑	↑↑	↑	↑↑	↑↑	↑
Traffic Volume (vph)		350	1000	150	100	700	200	150	2000	250
Turn Type		Prot	- pm+ov		Prot	- pm+ov		pm+pt	- pm+ov	
Protected Phases		5	2	3	1	6	7	8	1	
Permitted Phases				2			6			8
Detector Phases		5	2	3	1	6	7	8	1	
Minimum Interval (s)		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Minimum Split (s)		8.0	19.0	8.0	8.0	19.0	8.0	8.0	19.0	8.0
Total Split (s)		15.0	33.0	12.0	9.0	27.0	8.0	12.0	60.0	9.0
Yellow Time (s)		3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
All-Red Time (s)		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Lead/Lag		Lag	Lag	Lead	Lead	Lead	Lag	Lead	Lead	Lead
Allow Lead/Lag Optimize?		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Recall Mode		None	Coord	None	None	Coord	None	None	Min	None
Actuated Effct. Green (s)		12.0	30.0	41.9	6.1	24.0	32.0	57.0	57.0	63.0
Actuated g/C Ratio		0.11	0.27	0.38	0.06	0.22	0.29	0.52	0.52	0.57
Volume to Capacity Ratio		0.93	1.04	0.22	1.03	0.91	0.43	0.37	1.09	0.27
Control Delay (s)		59.2	62.7	1.6	117.3	47.8	28.3	14.2	73.0	6.5
Level of Service		E	E	A	F	D	C	B	E	A
Approach Delay (s)		-	55.7	-	-	50.9	-	-	62.4	-
Approach LOS		-	E	-	-	D	-	-	E	-
Queue Length 50th (ft)		118	~397	7	~75	265	120	54	~839	0
Queue Length 95th (ft)		m#206	#521	m#14	m#174	#366	m#184	90	#978	69
Queuing Penalty		0	86	0	0	21	0	0	64	0
Stops (vph)		368	1150	13	142	685	375	76	2515	108
Fuel Used (g/hr)		11	34	2	5	20	7	2	75	3

Left or Right Turn Treatment

v/c > 1

Mins ok

รูปที่ 3.28 การตั้งค่าเวลาสัญญาณไฟจราจร

3.10 หน่วยค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล

หน่วยค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคลเป็นหน่วยที่ใช้แปลงขนาดยานแต่ละประเภทที่มีทั้งขนาดและลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกัน ให้มาอยู่ในหน่วยเดียวกัน หรือเรียกว่า passenger car unit (PCU) งานวิจัยนี้ได้ใช้ค่า PCU ที่อ้างอิงมาจากการศึกษาโครงการพัฒนารูปแบบจำลองและระบบฐานข้อมูลจราจร (UTDM) ตามโครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองในภูมิภาคจังหวัดนครราชสีมา สรุปได้ดังนี้

- | | |
|--|------|
| ● รถสามล้อ | 0.70 |
| ● รถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคล/รถปิกอัพ | 1.00 |
| ● รถสองแถว/รถมินิบัส | 1.50 |
| ● รถยนต์โดยสารขนาดใหญ่ | 2.00 |
| ● รถบรรทุกขนาดกลาง (6 ล้อ) | 2.00 |
| ● รถบรรทุกขนาดใหญ่ (10 ล้อขึ้นไป รวมถึงรถพ่วง) | 2.50 |

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ข้อมูลและผลการศึกษาจากแบบจำลองบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ aaSidra และ Synchro ตัวอย่างข้อมูลผลลัพธ์การวิเคราะห์สภาพจราจรก่อนและหลังปรับปรุงสัญญาณไฟจราจรของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ aaSidra และ Synchro ในภาคผนวก ข, ค, ง และ จ ตามลำดับ และรายละเอียดการวิเคราะห์สภาพจราจรของแต่ละทางแยกในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ฉ, ช ตามลำดับ

การปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟจะแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ ก่อนและหลังปรับปรุงรอบสัญญาณไฟ “ก่อน คือ ข้อมูลจังหวะสัญญาณไฟจราจรของทางแยกที่สำรวจภายในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาโดยปกติตำรวจจราจรจะเป็นคนควบคุมสัญญาณไฟจราจร ส่วนหลัง คือ รอบสัญญาณไฟที่โปรแกรมคำนวณรอบสัญญาณไฟให้มีความเหมาะสมกับสภาพจราจรบนทางแยกและโครงข่าย” จะทำให้มีความล่าช้า, มลพิษ และปริมาณเชื้อเพลิง มีค่าที่ลดลง การวิเคราะห์สภาพการจราจรของโปรแกรม aaSidra จะวิเคราะห์สภาพการจราจรแบบเป็นทางแยก สำหรับโปรแกรม Synchro จะวิเคราะห์สภาพจราจรระดับทางแยกและโครงข่าย พื้นที่ของโครงข่ายจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ผังเมืองเก่าและผังเมืองใหม่ เนื่องจากมีความแตกต่างของจังหวะสัญญาณไฟและปริมาณจราจร

4.2 ผลทดสอบการจำลองสภาพการจราจรบนโครงข่ายจราจรในพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมา

การศึกษาครั้งนี้ ประเมินสภาพการจราจรบนโครงข่ายถนนในพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมา ณ บริเวณทางแยกสัญญาณไฟ จำนวน 34 ทางแยกเชื่อมต่อกันโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ aaSidra และ Synchro เปรียบเทียบผล “ก่อน” และ “หลัง” เพื่อหารอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสม คำนึงชีวิตประสิทธิภาพประกอบด้วย ความล่าช้า, ระดับการให้บริการ, การเผาผลาญเชื้อเพลิงและปริมาณมลพิษ

4.2.1 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟ

จราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าโดยโปรแกรม aaSidra

ผลจากการจำลองสถานการณ์ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (7.30-8.30น.) โดยโปรแกรม aaSidra ก่อนและหลังปรับปรุงรอบสัญญาณไฟดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยแบ่งการวิเคราะห์สภาพการจราจรออกเป็น 2 ส่วน คือ ก่อนและหลังปรับปรุงรอบสัญญาณไฟ ส่วนแรก “ก่อน” ปรับปรุงพบทางแยกที่มีระดับการให้บริการอยู่ในระดับติดขัดมากที่สุด (LOS F) จำนวน 17 แห่ง ความเร็วของปริมาณจราจรมีค่าเฉลี่ยประมาณ 25.39 กิโลเมตร/ชั่วโมง ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) 18.99 กิโลกรัม และการเผาผลาญเชื้อเพลิงจำนวน 15,991.00 ลิตร ส่วนที่สอง “หลัง” ปรับปรุงรอบสัญญาณไฟที่เหมาะสม ผลลัพธ์ที่ได้ คือ จำนวนทางแยกสัญญาณไฟที่มีระดับการให้บริการอยู่ในระดับติดขัดมากที่สุด (LOS F) ลดลงเหลือจำนวน 15 แห่ง ความเร็วบนโครงข่ายถนนเพิ่มขึ้นเป็น 25.67 กิโลเมตร/ชั่วโมง หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.09 การเผาผลาญเชื้อเพลิงลดลง 1.66% หรือ 266.50 ลิตร ก๊าซมลพิษลดลงถึง 5.12% สรุปสภาพการจราจรของโครงข่ายก่อนและหลังการปรับปรุงรอบสัญญาณไฟจราจรสามารถแสดงดังตารางที่ 4.2 และกราฟแผนภูมิเส้นการเผาผลาญเชื้อเพลิง, ปริมาณมลพิษ และความเร็ว บริเวณทางแยก 34 ทางแยก สามารถแสดงตามรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าโดยโปรแกรม aaSidra

จุดที่	ระดับการให้บริการ		ความล่าช้าทั้งหมด (วินาที/คัน)		การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) (กิโลกรัม)			ความยาวสัญญาณไฟ จราจร (วินาที)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง
1	F	F	178.3	90.6	499.8	349	30.2	73.7	40.7	44.8	115	100
2	F	E	84.0	71.0	1268.8	1217.5	4.0	88	89.3	-1.5	154	190
3	C	C	19.6	22.5	231.2	230.6	0.3	126	127.5	-1.2	70	65
4	E	E	57.6	50.0	135.6	125.6	7.4	90.9	87.8	3.4	84	150
5	E	D	44.2	42.8	140.7	136.9	2.7	90.6	91	-0.4	82	105
6	B	B	15.2	12.8	126.7	127.6	-0.7	123.2	130.1	-5.6	60	37
7	F	F	445.5	223.9	1420.3	1017.6	28.4	37.6	28.2	25.0	145	250
8	F	F	355.0	312.4	796.3	731.3	8.2	13.4	22.2	-65.7	109	200
9	F	F	84.1	86.7	150.3	111.3	25.9	113.5	111.8	1.5	60	150
10	F	F	395.8	276.6	498.9	393.3	21.2	57.2	80.4	-40.6	60	120
11	E	D	59.5	46.5	525.5	468.8	10.8	65.4	67.4	-3.1	105	200
12	F	E	89.9	72.3	496.4	471.3	5.1	80.8	84.2	-4.2	110	150

ตารางที่ 4.1 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าโดยโปรแกรม aaSidra (ต่อ)

จุดที่	ระดับการให้บริการ		ความล่าช้าทั้งหมด (วินาที/คัน)		การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			การปล่อยมลพิษนอกไอซัด (CO) (กิโลกรัม)			ความยาวสัญญาณไฟ จราจร (วินาที)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง
13	F	F	400.3	395.2	2256.5	2243	0.6	69.8	78.3	-12.2	185	240
14	F	F	91.6	88.0	286	284	0.7	33.1	34.9	-5.4	110	95
15	F	F	74.8	70.3	458.1	465.9	-1.7	66.8	67	-0.3	175	120
16	F	F	164.2	145.5	418.6	398.7	4.8	48.8	54.5	-11.7	77	130
17	B	B	16.7	15.2	89.7	92.7	-3.3	63.5	64.1	-0.9	74	50
18	D	D	39.8	37.5	170.8	164.6	3.6	86.5	91.6	-5.9	77	100
19	B	B	13.1	10.1	61.9	61.6	0.5	72.8	74.7	-2.6	61	36
20	D	D	42.8	39.3	158.5	152.3	3.9	102	115.1	-12.8	66	100
21	C	C	18.9	18.1	88.9	90.7	-2.0	65.3	68.4	-4.7	78	60
22	B	B	14.6	13.0	80.6	82.5	-2.4	89.9	93.7	-4.2	68	45
23	F	F	163.3	151.9	496.9	476.5	4.1	98.8	102	-3.2	123	205

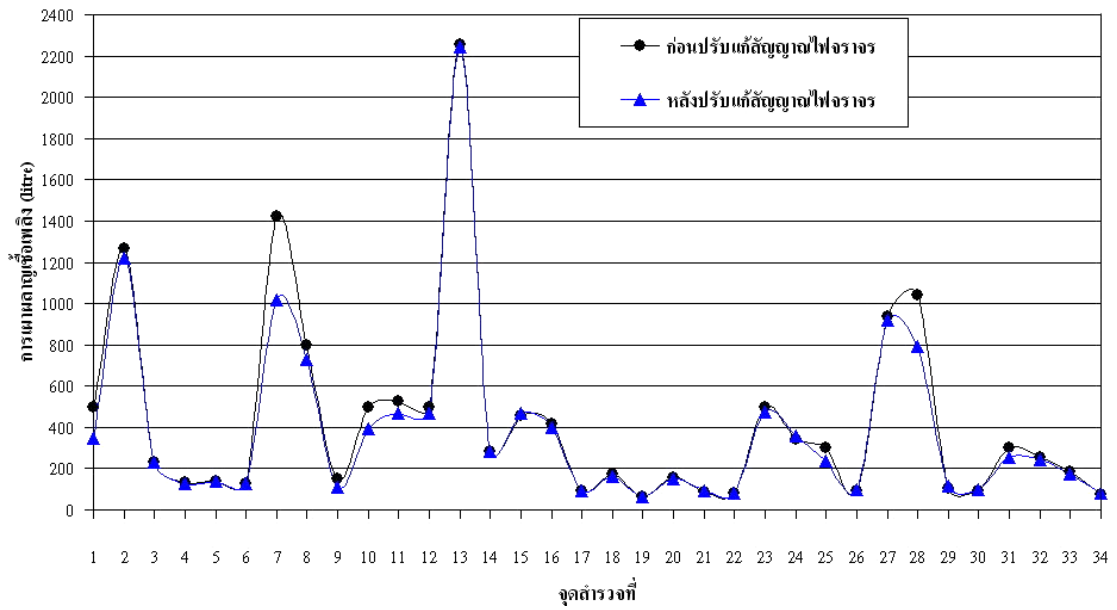
ตารางที่ 4.1 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าโดยโปรแกรม aaSidra (ต่อ)

จุดที่	ระดับการให้บริการ บริการ		ความล่าช้าทั้งหมด (วินาที/คัน)		การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			การปล่อยมลพิษนอกไอซัด (CO) (กิโลกรัม)			ความยาวสัญญาณไฟ จราจร (วินาที)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง
24	F	F	313.9	290.9	2256.5	2243	0.6	69.8	78.3	-12.2	132	225
25	F	F	120.7	83.1	303.5	236.8	22.0	21.1	22.8	-8.1	60	170
26	C	B	16.9	13.3	93.5	95.6	-2.2	95.6	82.7	13.5	77	35
27	F	F	81.8	78.8	939.1	919.1	2.1	96.6	107.7	-11.5	115	160
28	F	F	445.9	329.6	1039	793.3	23.6	74.9	74.1	1.1	100	245
29	B	B	15.5	12.9	103.8	113.8	-9.6	41.3	36.2	12.3	66	34
30	B	B	13.5	11.3	95	96	-1.1	109.9	109.3	0.5	86	60
31	F	F	183.9	145.5	300.6	257	14.5	132.1	133.3	-0.9	81	200
32	D	D	39.0	35.0	254.2	242.6	4.6	43.7	52.5	-20.1	75	110
33	E	E	66.7	59.2	184.9	174.9	5.4	87.8	94.2	-7.3	66	110
34	B	B	14.2	13.0	76.7	79	-3.0	99.1	88.4	10.8	60	40

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังการปรับปรุงรอบสัญญาณไฟจราจร โดยโปรแกรม aaSidra ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า

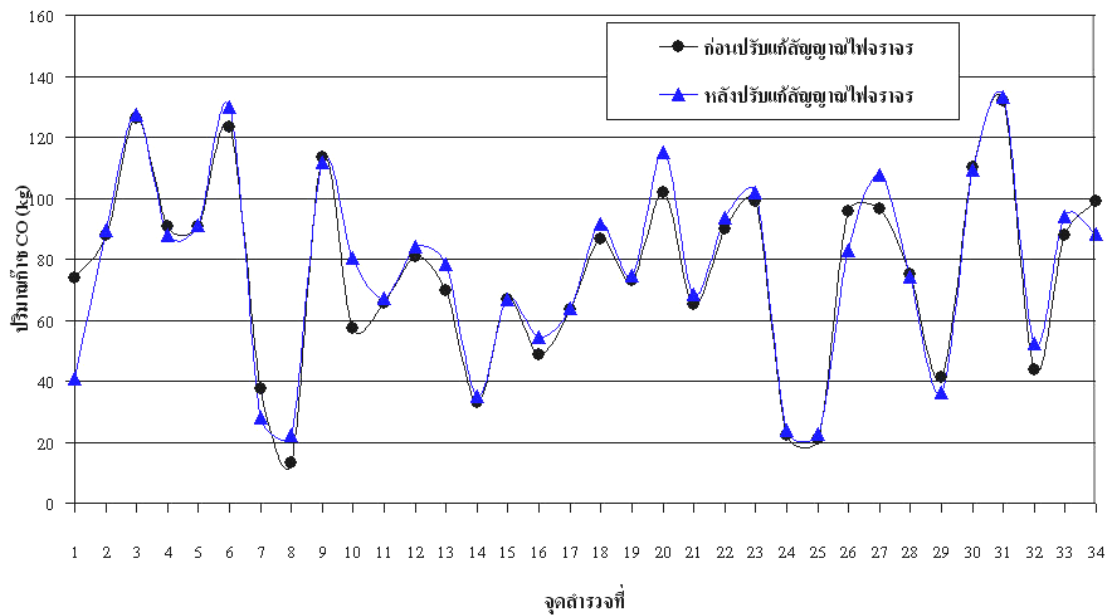
	ก่อนปรับปรุง เวลาสัญญาณ ไฟ	หลังปรับปรุง เวลาสัญญาณ ไฟ	ผลต่างก่อนและ หลังการปรับ ปรุงรอบเวลา สัญญาณไฟ	เปรียบเทียบผล ก่อนและหลัง
จำนวนสัญญาณ ไฟจราจร	34	34	0	-
ความล่าช้า ทั้งหมด (วินาที/คัน)	38.72	31.89	-6.38	ลดลง 17.64%
การเผาผลาญ เชื้อเพลิง (ลิตร)	15,991.00	15,724.50	-266.50	ลดลง 1.66%
ก๊าซคาร์บอน มอนนอกไซด์ (CO) (กิโลกรัม)	18.99	18.02	-0.77	ลดลง 5.12%
ความเร็ว (กิโลเมตร/ ชั่วโมง)	25.39	25.67	+0.28	เพิ่มขึ้น 1.09%

การเผาผลาญเชื้อเพลิงบริเวณจุดสำรวจ

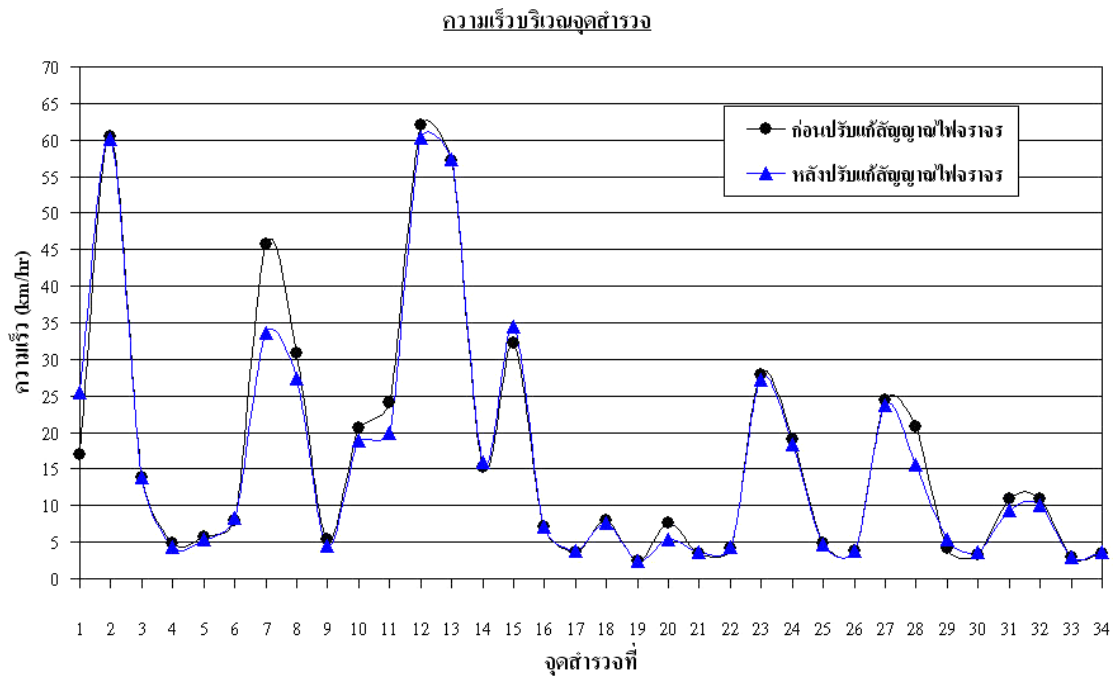


รูปที่ 4.1 การเผาผลาญเชื้อเพลิงบริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งค่านตอนเช้า โดยโปรแกรม aaSidra

ปริมาณก๊าซ CO บริเวณจุดสำรวจ



รูปที่ 4.2 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์บริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งค่านตอนเช้า โดยโปรแกรม aaSidra 2.0



รูปที่ 4.3 ความเร็วบริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้าโดยโปรแกรม aaSidra 2.0

4.2.2 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็นโดยโปรแกรม aaSidra

ผลจากการจำลองสถานการณ์ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (17.00-18.00น.) โดยโปรแกรม aaSidra ก่อนและหลังปรับปรุงรอบสัญญาณไฟดังแสดงในตารางที่ 4.3 โดยแบ่งการวิเคราะห์สภาพการจราจรออกเป็น 2 ส่วน คือ ก่อนและหลังปรับปรุงรอบสัญญาณไฟ ส่วนแรก “ก่อน” ปรับปรุงพบทางแยกที่มีระดับการให้บริการบริการอยู่ในระดับติดขัดมากที่สุด (LOS F) จำนวน 16 แห่ง ความเร็วของปริมาณจราจรมีค่าเฉลี่ยประมาณ 27.08 กิโลเมตร/ชั่วโมง ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) 18.92 กิโลกรัม และการเผาผลาญเชื้อเพลิงจำนวน 14,131.00 ลิตร ส่วนที่สอง “หลัง” ปรับปรุงรอบสัญญาณไฟที่เหมาะสม ผลลัพธ์ที่ได้ คือ จำนวนทางแยกสัญญาณไฟที่มีระดับการให้บริการบริการอยู่ในระดับติดขัดมากที่สุด (LOS F) ลดลงเหลือจำนวน 15 แห่ง ความเร็วบนโครงข่ายถนนเพิ่มขึ้นเป็น 27.50 กิโลเมตร/ชั่วโมง หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.53 การเผาผลาญเชื้อเพลิงลดลง 20.32% หรือ 2871.60 ลิตร ก๊าซมลพิษลดลงถึง 6.50% สรุปสภาพการจราจรของโครงข่ายก่อนและหลังการปรับปรุงรอบสัญญาณไฟจราจรสามารถแสดงดังตารางที่ 4.4 และกราฟแผนภูมิเส้นการเผาผลาญเชื้อเพลิง, ปริมาณมลพิษ และความเร็ว บริเวณทางแยก 34 ทางแยก สามารถแสดงตามรูปที่ 4.4, 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลารุ่งควนเย็น โดยโปรแกรม aaSidra

จุดที่	ระดับการให้บริการ		ความล่าช้าทั้งหมด (วินาที/คัน)		การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) (กิโลกรัม)			ความยาวสัญญาณไฟ จราจร (วินาที)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง
1	D	D	42.3	36.6	1716.9	1705.5	0.7	93.64	95.68	-2.2	115	85
2	E	E	79.4	64.4	1055.2	999.2	5.3	143.55	142.34	0.8	154	190
3	B	B	15.4	10.6	205.2	187.6	8.6	35	28.9	17.4	70	100
4	F	F	116.2	96.1	191.4	171.4	10.4	28.58	25.89	9.4	84	170
5	F	F	135.1	117.3	231.4	213.2	7.9	34.83	32.48	6.7	82	200
6	B	B	14.4	14.6	303.5	303	0.2	36.37	35.56	2.2	60	63
7	F	F	223.9	122.8	863.6	722.3	16.4	122.18	99.86	18.3	145	180
8	F	F	252.9	216.9	582.9	527.6	9.5	68.33	62.29	8.8	109	190
9	D	D	42.4	33.5	110.8	96.9	12.5	16.51	15.07	8.7	60	70
10	F	F	466.1	231.6	466.1	349.6	25.0	61.64	56.13	8.9	60	160
11	C	B	27.6	17.8	341.7	311.4	8.9	50.45	44.03	12.7	105	180
12	D	D	39.4	38.9	427.4	425.4	0.5	139.33	137.18	1.5	110	130

ตารางที่ 4.3 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น โดยโปรแกรม aaSidra (ต่อ)

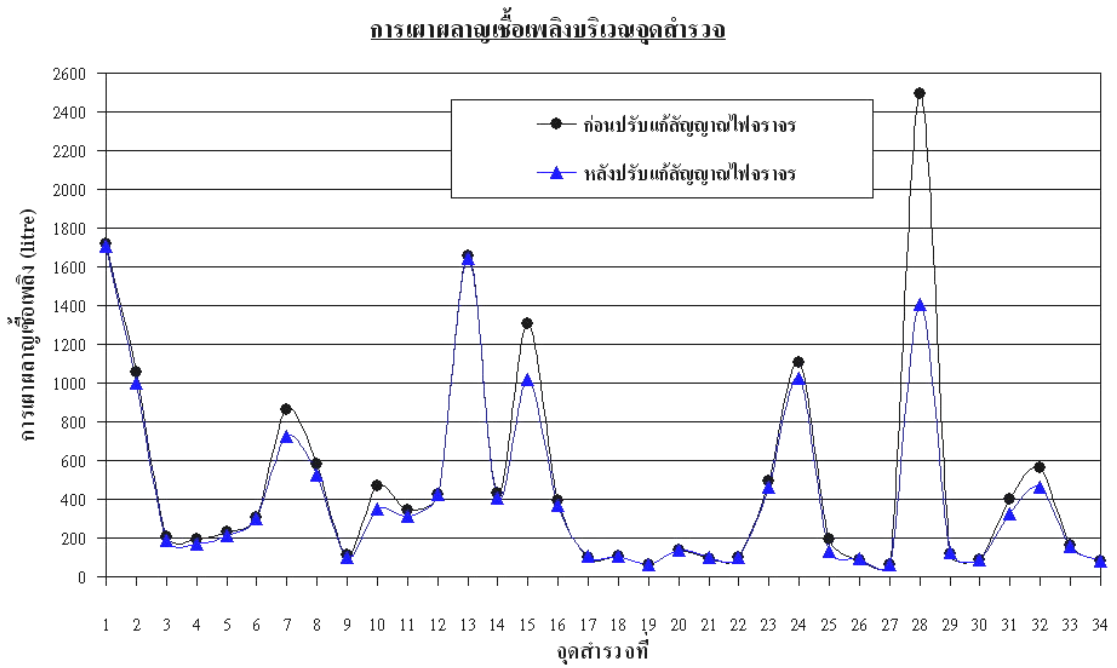
จุดที่	ระดับการให้บริการ		ความล่าช้าทั้งหมด (วินาที/คัน)		การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			การปล่อยมลพิษนอกไอซิป (CO) (กิโลกรัม)			ความยาวสัญญาณไฟ จราจร (วินาที)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง
13	F	F	246.3	273.6	1659.2	1641	1.1	139.86	138.97	0.6	185	230
14	F	F	262.6	241.3	429.6	408.9	4.8	76.13	75.89	0.3	110	80
15	F	F	192.4	97.3	1307.7	1020.3	22.0	134.82	134.89	-0.1	175	185
16	F	F	139.5	119.1	392.2	369	5.9	33.47	32.05	4.2	77	150
17	B	B	16	15.2	102.9	104.4	-1.5	16.73	17.29	-3.3	74	60
18	B	B	17.5	16.6	105.6	108.4	-2.7	19.21	20.5	-6.7	77	50
19	B	B	12.8	10.6	63.8	63.9	-0.2	9.19	9.31	-1.3	61	40
20	C	C	23.1	22.7	136.3	134.7	1.2	24.04	23.4	2.7	66	70
21	B	B	17.3	15.9	96.1	98.7	-2.7	16.38	17.08	-4.3	78	50
22	B	B	15.8	14.2	97.3	99.6	-2.4	19.53	21.08	-7.9	68	40
23	F	F	159.6	142.7	496	465.2	6.2	86.71	82.21	5.2	123	230

ตารางที่ 4.3 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นโดยโปรแกรม aaSidra (ต่อ)

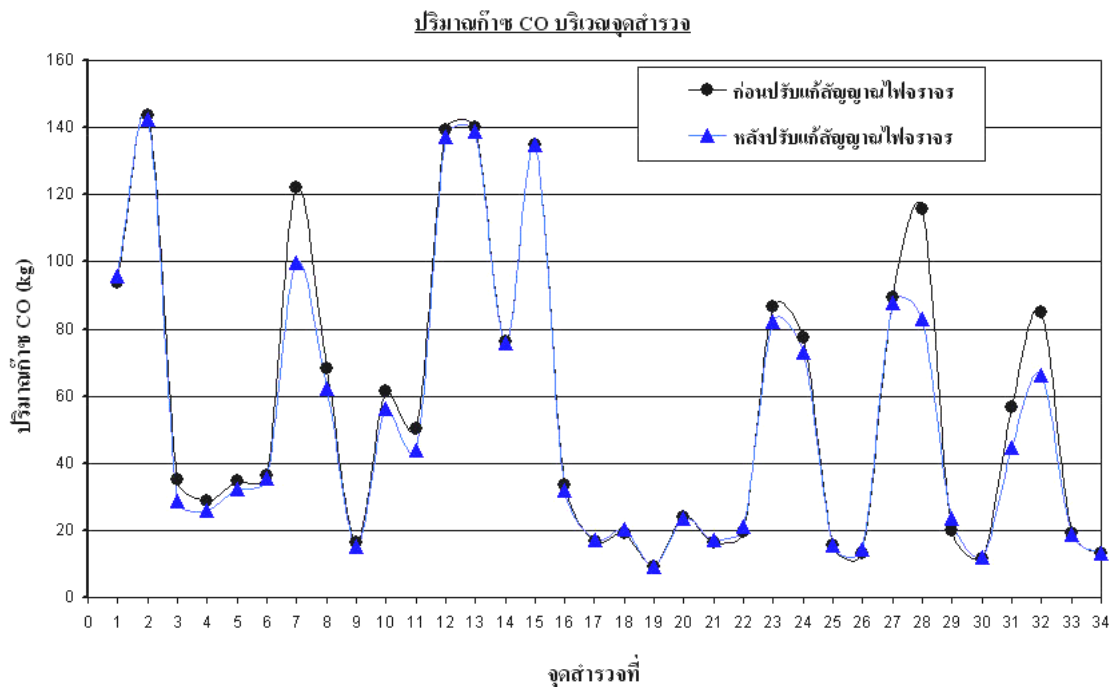
จุดที่	ระดับการให้บริการ บริการ		ความล่าช้าทั้งหมด (วินาที/คัน)		การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			การปล่อยมลพิษนอกไซต์ (CO) (กิโลกรัม)			ความยาวสัญญาณไฟ จราจร (วินาที)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง
24	F	F	239.9	204.4	1106.1	1026.5	7.2	77.42	72.87	5.9	185	240
25	D	B	44.2	17.2	196.7	130.1	33.9	15.65	15.41	1.5	60	150
26	B	B	16.8	13.5	90.1	93.2	-3.4	13.12	14.43	-10.0	77	30
27	F	F	60.7	59.6	60.7	59.6	1.8	89.23	87.67	1.7	115	160
28	F	F	1428.2	661.2	2490.78	1409.3	43.4	115.63	82.96	28.3	100	280
29	B	B	16.2	13.8	115.7	123.2	-6.5	19.85	23.54	-18.6	66	34
30	B	B	12.3	11.1	88.2	88.4	-0.2	11.46	11.96	-4.4	86	70
31	F	F	244	193.2	397.2	328	17.4	56.61	44.66	21.1	81	230
32	F	F	231.3	174.9	565.3	463.9	17.9	85	66.37	21.9	75	240
33	F	D	39.4	38.5	159.8	158.4	0.9	19.06	18.77	1.5	66	76
34	B	B	13.4	12.6	78.4	79.3	-1.1	13.24	13.17	0.5	60	50

ตารางที่ 4.4 สรุปผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังการปรับปรุงรอบสัญญาณไฟจราจร โดยโปรแกรม aaSidra ในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น

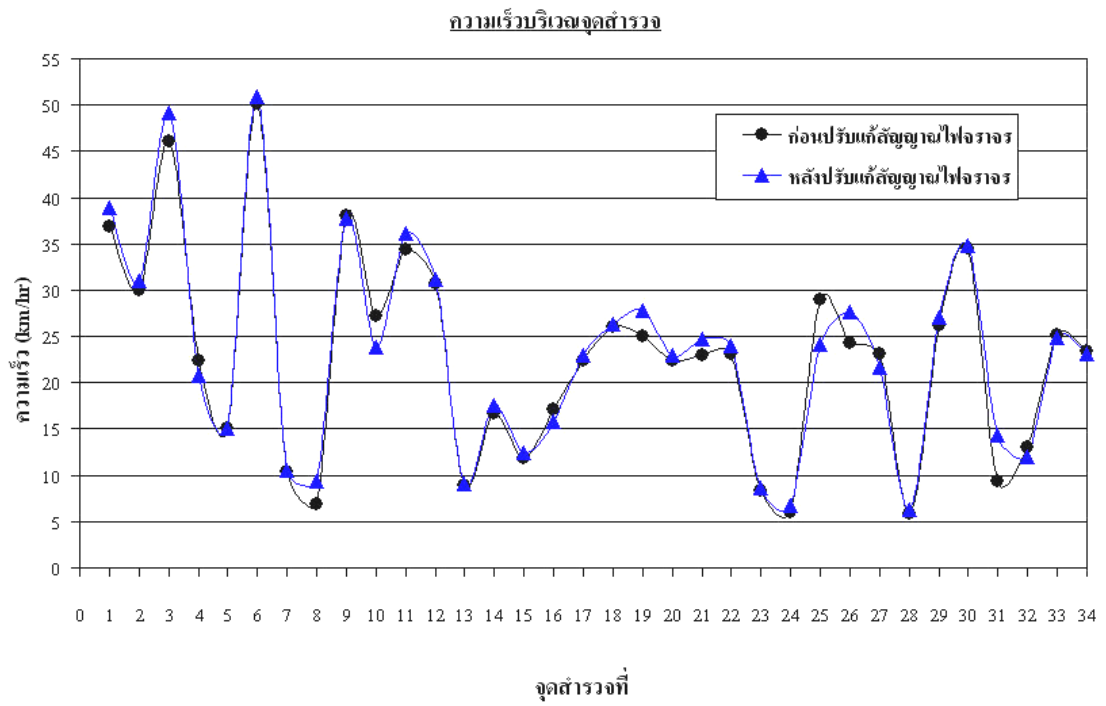
	ก่อนปรับปรุง เวลาสัญญาณ ไฟ	หลังปรับปรุง เวลาสัญญาณ ไฟ	ผลต่างก่อนและ หลังการปรับ ปรุงรอบเวลา สัญญาณไฟ	เปรียบเทียบผล ก่อนและหลัง
จำนวนสัญญาณ ไฟจราจร	34	34	0	-
ความล่าช้า ทั้งหมด (วินาที/คัน)	473.63	320.38	-153.25	ลดลง 32.36%
การเผาผลาญ เชื้อเพลิง (ลิตร)	14,130.70	11,259.10	-2871.60	ลดลง 20.32%
ก๊าซคาร์บอน มอนนอกไซด์ (CO) (กิโลกรัม)	18.92	17.69	-1.23	ลดลง 6.50%
ความเร็ว (กิโลเมตร/ ชั่วโมง)	27.08	27.50	+0.42	เพิ่มขึ้น 1.53%



รูปที่ 4.4 การเผาผลาญเชื้อเพลิงบริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น โดยโปรแกรม aaSidra 2.0



รูปที่ 4.5 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์บริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น โดยโปรแกรม aaSidra 2.0



รูปที่ 4.6 ความเร็วบริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็นโดยโปรแกรม aaSidra 2.0

4.2.3 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าโดยโปรแกรม Synchro

ผลจากการจำลองสถานการณ์ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (7.30-8.30น.) โดยโปรแกรม Synchro ก่อนและหลังปรับปรุงรอบสัญญาณไฟดังแสดงในตารางที่ 4.5 โดยแบ่งการวิเคราะห์สภาพการจราจรออกเป็น 2 ส่วน คือ ก่อนและหลังปรับปรุงรอบสัญญาณไฟ ส่วนแรก “ก่อน” ปรับปรุง พบทางแยกที่มีระดับการให้บริการบริการอยู่ในระดับติดขัดมากที่สุด (LOS F) จำนวน 10 แห่ง ความเร็วของปริมาณจราจรมีค่าเฉลี่ยประมาณ 20.00 กิโลเมตร/ชั่วโมง ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) 241.08 กิโลกรัม และการเผาผลาญเชื้อเพลิงจำนวน 18,896.00 ลิตร ส่วนที่สอง “หลัง” ปรับปรุงรอบสัญญาณไฟที่เหมาะสม ผลลัพธ์ที่ได้ คือ จำนวนทางแยกสัญญาณไฟที่มีระดับการให้บริการบริการอยู่ในระดับติดขัดมากที่สุด (LOS F) ลดลงเหลือจำนวน 7 แห่ง ความเร็วบนโครงข่ายถนนเพิ่มขึ้นเป็น 24.00 กิโลเมตร/ชั่วโมง หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.60 การเผาผลาญเชื้อเพลิงลดลง 8.22% หรือ 19.81 ลิตร ก๊าซมลพิษลดลงถึง 8.22% สรุปสภาพการจราจรของโครงข่ายก่อนและหลังการปรับปรุงรอบสัญญาณไฟจราจรสามารถแสดงดังตารางที่ 4.6 และกราฟแผนภูมิเส้นการเผาผลาญเชื้อเพลิง, ปริมาณมลพิษ และความเร็ว บริเวณทางแยก 34 ทางแยก สามารถแสดงตามรูปที่ 4.7, 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลารุ่งเช้าโดยโปรแกรม Synchro

จุดที่	ระดับการให้บริการ		ความล่าช้าทั้งหมด (วินาที/คัน)		การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) (กิโลกรัม)			ความยาวสัญญาณไฟ จราจร (วินาที)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง
1	E	D	70	50	430	342	20.5	7.99	6.36	20.4	115	100
2	C	C	32	42	996	968	2.8	18.52	18.01	2.8	154	100
3	B	B	12	8	224	201	10.3	4.17	3.74	10.3	70	100
4	A	B	16	8	98	90	8.2	1.83	1.67	8.7	84	100
5	B	B	17	14	109	100	8.3	2.02	1.87	7.4	82	100
6	B	C	11	18	149	138	7.4	2.77	2.57	7.2	60	50
7	F	F	112	92	737	677	8.1	13.72	12.58	8.3	145	100
8	E	E	72	58	386	343	11.1	7.19	6.39	11.1	109	100
9	A	A	10	7	82	71	13.4	1.53	1.32	13.7	60	100
10	F	E	106	70	387	262	32.3	7.2	4.87	32.4	60	100
11	C	C	32	23	390	326	16.4	7.25	6.05	16.6	105	100
12	B	B	19	15	292	288	1.4	5.42	5.36	1.1	110	60

ตารางที่ 4.5 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าโดยโปรแกรม Synchro (ต่อ)

จุดที่	ระดับการให้บริการ		ความล่าช้าทั้งหมด (วินาที/คัน)		การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			การปล่อยมลพิษนอกไซต์ (CO) (กิโลกรัม)			ความยาวสัญญาณไฟ จราจร (วินาที)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง
13	F	F	142	85	1610	1452	9.8	29.95	27.01	9.8	185	50
14	F	D	60	52	276	258	6.5	5.14	4.79	6.8	110	100
15	F	F	106	82	1102	1021	7.4	20.5	19	7.3	175	100
16	E	D	58	37	203	169	16.7	3.77	3.15	16.4	77	100
17	B	B	13	15	81	97	-19.8	1.51	1.8	-19.2	74	100
18	B	A	12	8	124	120	3.2	2.3	2.23	3.0	77	50
19	A	A	9	8	59	56	5.1	1.1	1.04	5.5	61	50
20	B	B	19	19	139	134	3.6	2.59	2.48	4.2	66	100
21	A	A	15	10	84	84	0.0	1.57	1.57	0.0	78	50
22	B	B	12	16	73	76	-4.1	1.35	1.42	-5.2	68	100
23	C	C	30	24	273	262	4.0	5.07	4.88	3.7	123	100

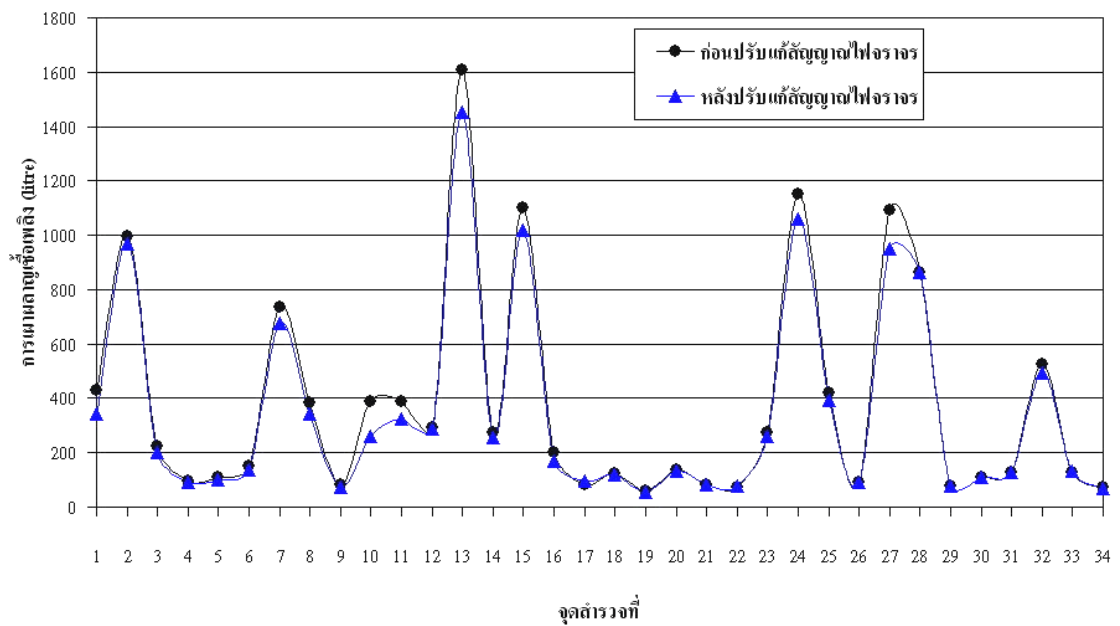
ตารางที่ 4.5 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าโดยโปรแกรม Synchro (ต่อ)

จุดที่	ระดับการให้บริการ		ความล่าช้าทั้งหมด (วินาที/คัน)		การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			การปล่อยมลพิษนอกไอซัด (CO) (กิโลกรัม)			ความยาวสัญญาณไฟ จราจร (วินาที)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง
24	F	F	142	114	1150	1058	8.0	21.39	19.68	8.0	132	100
25	F	F	113	121	421	393	6.7	7.83	7.31	6.6	60	100
26	A	A	15	10	90	90	0.0	1.67	1.67	0.0	77	100
27	F	E	103	71	1092	951	12.9	20.31	17.69	12.9	115	100
28	F	F	174	173	862	862	0.0	16.03	16.03	0.0	100	100
29	B	B	12	10	79	78	1.3	1.47	1.46	0.7	66	50
30	B	B	16	14	111	110	0.9	2.07	2.05	1.0	86	100
31	B	B	18	18	128	126	1.6	2.38	2.35	1.3	81	100
32	F	F	126	125	525	495	5.7	9.76	9.2	5.7	75	100
33	B	B	12	13	127	131	-3.1	2.37	2.44	-3.0	66	100
34	B	A	11	9	74	67	9.5	1.38	1.25	9.4	60	50

ตารางที่ 4.6 สรุปผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังการปรับปรุงรอบสัญญาณไฟจราจร
โดยโปรแกรม Synchro ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า

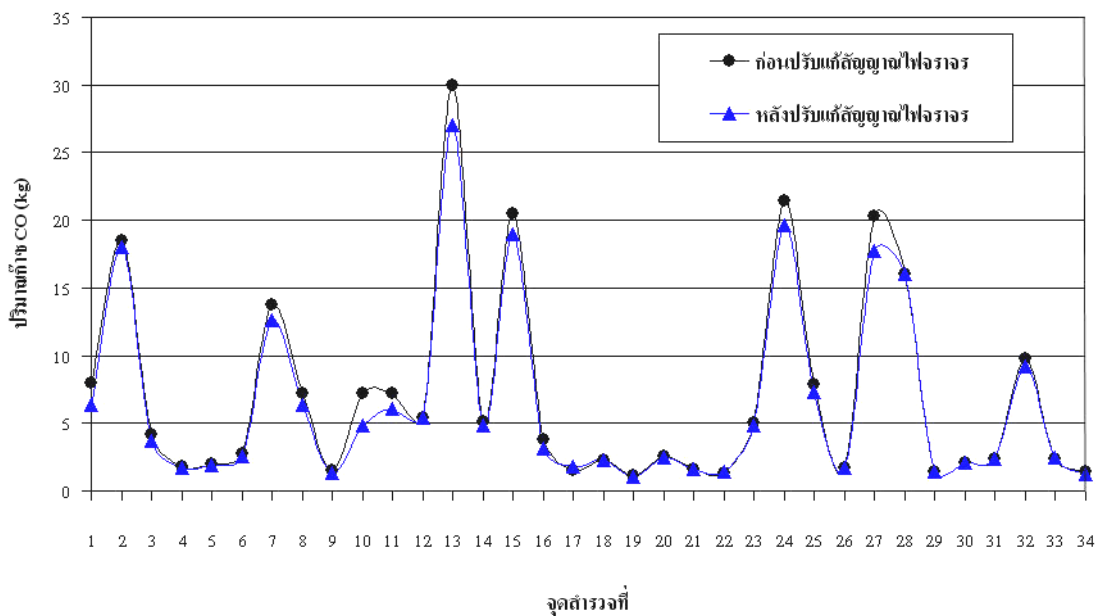
	ก่อนปรับปรุง เวลาสัญญาณ ไฟ	หลังปรับปรุง เวลาสัญญาณ ไฟ	ผลต่างก่อนและ หลังการปรับ ปรุงรอบเวลา สัญญาณไฟ	เปรียบเทียบผล ก่อนและหลัง
จำนวนสัญญาณ ไฟจราจร	34	34	0	-
ความล่าช้า ทั้งหมด (วินาที/คัน)	68.00	53.00	-15.00	ลดลง 22.0%
การเผาผลาญ เชื้อเพลิง (ลิตร)	18,896.00	12,961.00	-5,935.00	ลดลง 8.22%
ก๊าซคาร์บอน มอนอกไซด์ (CO) (กิโลกรัม)	241.08	221.27	-19.81	ลดลง 8.22%
ความเร็ว (กิโลเมตร/ ชั่วโมง)	20.00	24.00	+4.00	เพิ่มขึ้น 16.6%
จำนวนหยุด ทั้งหมด	99,927	99,339	-588	ลดลง 0.5%
เวลาการ เดินทาง ทั้งหมด (ชั่วโมง)	2,705	2,313	-392	ลดลง 14.49%
ระยะทางการ เดินทาง (กิโลเมตร)	54,555	54,555	-	-

การเผาผลาญเชื้อเพลิงบริเวณจุดสำรวจ



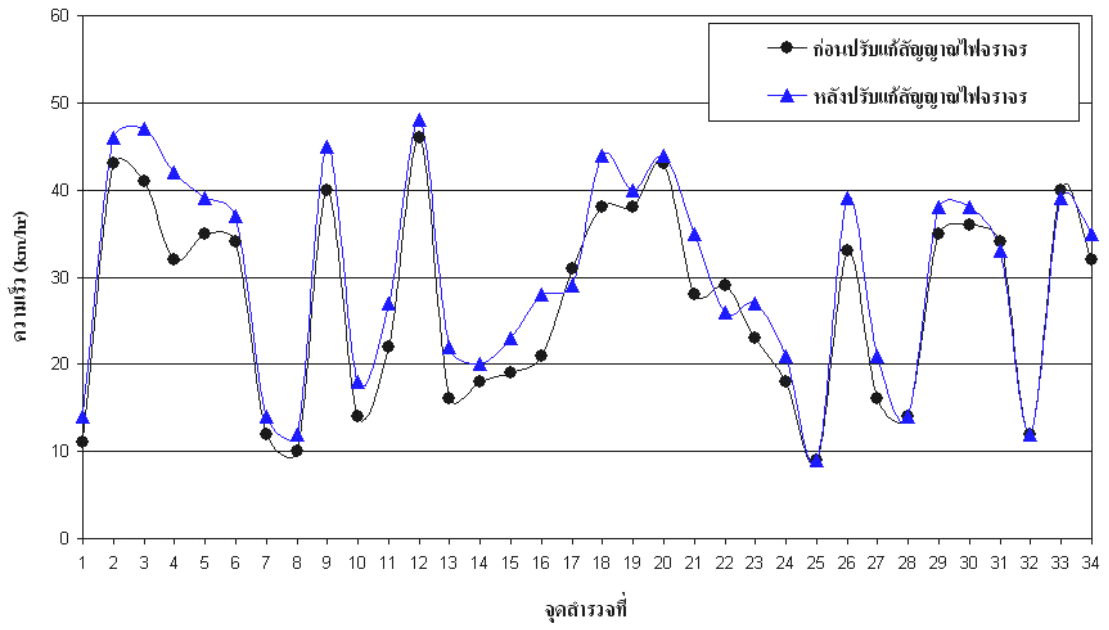
รูปที่ 4.7 การเผาผลาญเชื้อเพลิงบริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า โดยโปรแกรม Synchro 5

ปริมาณก๊าซ CO บริเวณจุดสำรวจ



รูปที่ 4.8 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์บริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า โดยโปรแกรม Synchro 5

ความเร็วบริเวณจุดสำรวจ



รูปที่ 4.9 ความเร็วบริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้าโดยโปรแกรม Synchro 5

4.2.4 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็นโดยโปรแกรม Synchro

ผลจากการจำลองสถานการณ์ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (17.00-18.00น.) โดยโปรแกรม Synchro ก่อนและหลังปรับปรุงรอบสัญญาณไฟดังแสดงในตารางที่ 4.7 โดยแบ่งการวิเคราะห์สภาพการจราจรออกเป็น 2 ส่วน คือ ก่อนและหลังปรับปรุงรอบสัญญาณไฟ ส่วนแรก “ก่อน” ปรับปรุงพบทางแยกที่มีระดับการให้บริการบริการอยู่ในระดับติดขัดมากที่สุด (LOS F) จำนวน 10 แห่ง ความเร็วของปริมาณจราจรมีค่าเฉลี่ยประมาณ 18.00 กิโลเมตร/ชั่วโมง ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) 258.35 กิโลกรัม และมีการเผาผลาญเชื้อเพลิงจำนวน 13,860.00 ลิตร ส่วนที่สอง “หลัง” ปรับปรุงรอบสัญญาณไฟที่เหมาะสม ผลลัพธ์ที่ได้ คือ จำนวนทางแยกสัญญาณไฟที่มีระดับการให้บริการบริการอยู่ในระดับติดขัดมากที่สุด (LOS F) ลดลงเหลือจำนวน 7 แห่ง ความเร็วบนโครงข่ายถนนเพิ่มขึ้น เป็น 25.00 กิโลเมตร/ชั่วโมง หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 28 การเผาผลาญเชื้อเพลิงลดลง 18.94% หรือ 2,632.00 ลิตร ก๊าซมลพิษลดลงถึง 18.94% สรุปสภาพการจราจรของโครงข่ายก่อนและหลังการปรับปรุงรอบสัญญาณไฟจราจรสามารถแสดงดังตารางที่ 4.8 และกราฟแผนภูมิเส้นการเผาผลาญเชื้อเพลิง, ปริมาณมลพิษ และความเร็ว บริเวณทางแยก 34 ทางแยก สามารถแสดงตามรูปที่ 4.10, 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น โดยโปรแกรม Synchro

จุดที่	ระดับการให้บริการ		ความล่าช้าทั้งหมด (วินาที/คัน)		การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) (กิโลกรัม)			ความยาวสัญญาณไฟ จราจร (วินาที)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง
1	C	B	47	14	313	54	82.7	5.82	3.31	43.1	115	100
2	D	C	83	24	1041	721	30.7	19.35	13.42	30.6	154	100
3	D	B	82	15	388	189	51.3	7.21	3.51	51.3	70	100
4	B	B	22	12	108	94	13.0	2.01	1.75	12.9	84	100
5	B	C	18	22	120	132	-10.0	2.23	2.45	-9.9	82	100
6	C	B	23	19	157	155	1.3	2.92	2.88	1.4	60	50
7	F	E	138	75	790	558	29.4	14.69	10.38	29.3	145	100
8	E	D	61	45	330	274	17.0	6.13	5.1	16.8	109	100
9	A	A	11	3	85	62	27.1	1.58	1.15	27.2	60	50
10	F	E	122	67	420	246	41.4	7.82	4.58	41.4	60	100
11	C	B	24	19	269	232	13.8	5	4.31	13.8	105	100
12	B	B	73	14	414	287	30.7	7.69	5.33	30.7	110	60

ตารางที่ 4.7 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น โดยโปรแกรม Synchro (ต่อ)

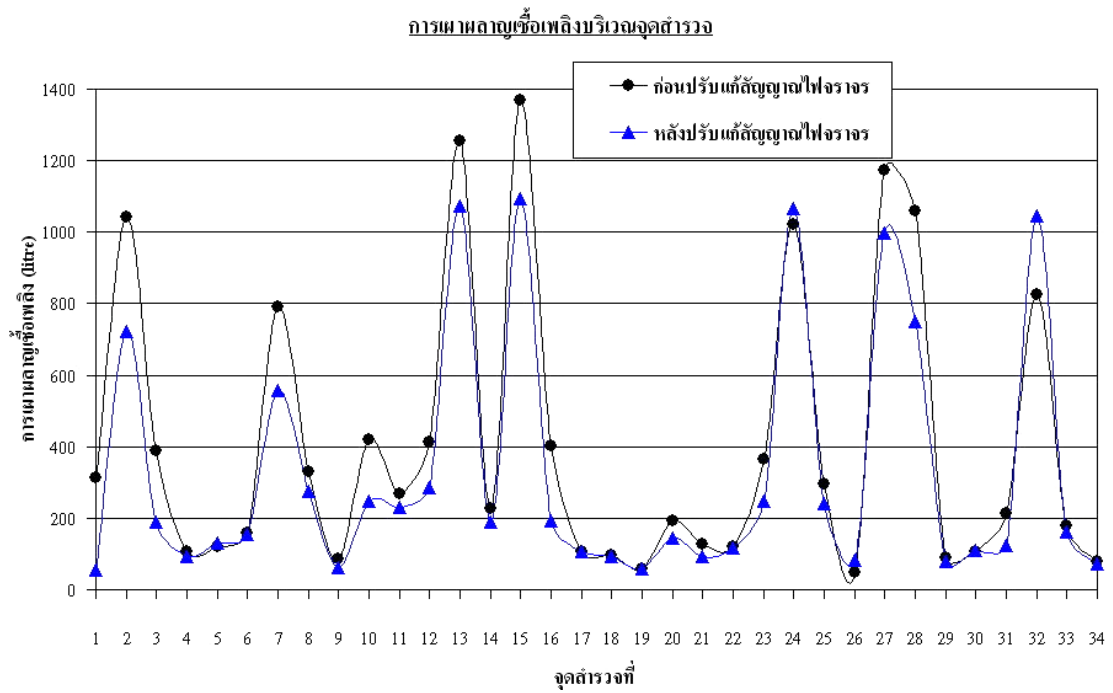
จุดที่	ระดับการให้บริการ บริการ		ความล่าช้าทั้งหมด (วินาที/คัน)		การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			การปล่อยมลพิษนอกไซต์ (CO) (กิโลกรัม)			ความยาวสัญญาณไฟ จราจร (วินาที)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง
13	F	E	117	57	1255	1074	14.4	23.34	19.98	14.4	185	50
14	F	C	44	26	227	188	17.2	4.23	3.49	17.5	110	100
15	F	F	149	91	1368	1094	20.0	25.45	20.35	20.0	175	100
16	E	D	163	51	402	194	51.7	7.48	3.61	51.7	77	100
17	B	B	18	16	106	105	0.9	1.97	1.96	0.5	74	100
18	B	A	11	7	98	93	5.1	1.82	1.73	4.9	77	50
19	B	A	10	7	60	57	5.0	1.11	1.06	4.5	61	50
20	B	B	40	19	192	144	25.0	3.57	2.68	24.9	66	100
21	B	B	31	11	126	92	27.0	2.34	1.71	26.9	78	50
22	C	C	28	29	119	117	1.7	2.22	2.17	2.3	68	100
23	C	B	53	20	363	246	32.2	6.75	4.57	32.3	123	100

ตารางที่ 4.7 ผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นโดยโปรแกรม Synchro (ต่อ)

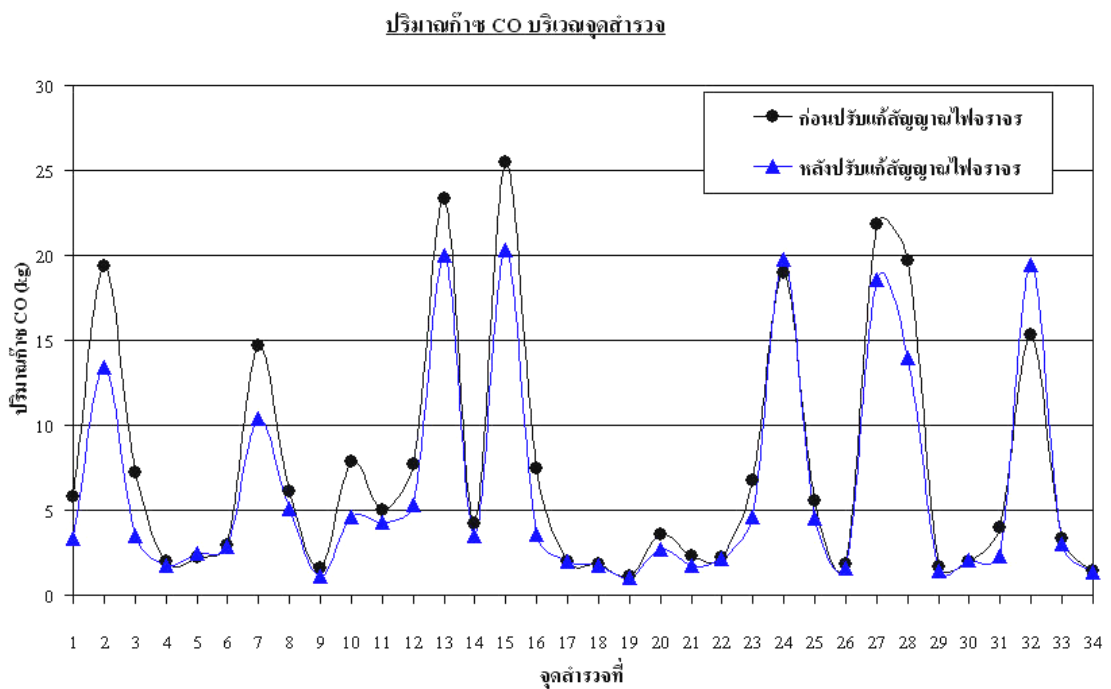
จุดที่	ระดับการให้บริการ		ความล่าช้าทั้งหมด (วินาที/คัน)		การเผาผลาญเชื้อเพลิง (ลิตร)			การปล่อยมลพิษนอกไซต์ (CO) (กิโลกรัม)			ความยาวสัญญาณไฟ จราจร (วินาที)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง	ความ แตกต่าง (%)	ก่อน	หลัง
24	F	F	100	101	1021	1065	-4.3	18.99	19.8	-4.3	132	100
25	F	E	77	63	297	242	18.5	5.53	4.51	18.4	60	100
26	B	A	19	9	47	84	-78.7	1.85	1.56	15.7	77	50
27	F	E	108	79	1172	998	14.8	21.81	18.57	14.9	115	100
28	F	F	241	141	1058	749	29.2	19.67	13.93	29.2	100	100
29	B	A	13	9	90	78	13.3	1.67	1.44	13.8	66	50
30	B	B	15	13	108	110	-1.9	2	2.05	-2.5	86	100
31	C	B	49	16	214	124	42.1	3.98	2.31	42.0	81	100
32	F	F	196	222	825	1045	-26.7	15.35	19.43	-26.6	75	50
33	C	C	33	25	178	160	10.1	3.3	2.98	9.7	66	100
34	B	A	14	8	78	71	9.0	1.45	1.33	8.3	60	50

ตารางที่ 4.8 สรุปผลการจำลองสภาพการจราจรก่อนและหลังการปรับปรุงรอบสัญญาณไฟจราจร
โดยโปรแกรม Synchro ในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น

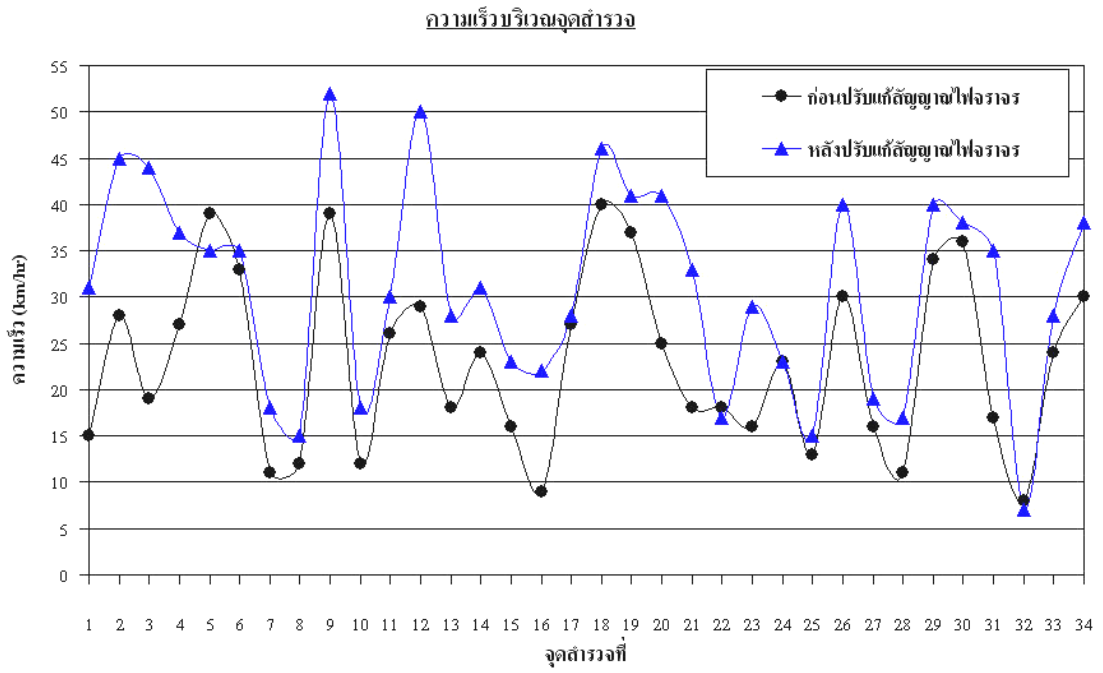
	ก่อนปรับปรุง เวลาสัญญาณ ไฟ	หลังปรับปรุง เวลาสัญญาณ ไฟ	ผลต่างก่อนและ หลังการปรับ ปรุงรอบเวลา สัญญาณไฟ	เปรียบเทียบผล ก่อนและหลัง
จำนวนสัญญาณ ไฟจราจร	34	34	-	-
ความล่าช้า ทั้งหมด (วินาที/คัน)	80.00	49.00	-31.00	ลดลง 38.75%
การเผาผลาญ เชื้อเพลิง (ลิตร)	13,890.00	11,258.00	-2632.00	ลดลง 18.94%
ก๊าซคาร์บอน มอนอกไซด์ (CO) (กิโลกรัม)	258.35	209.40	-48.95	ลดลง 18.94%
ความเร็ว (กิโลเมตร/ ชั่วโมง)	18.00	25.00	+6.00	เพิ่มขึ้น 28%
จำนวนหยุด ทั้งหมด	108,482	95,901	-12,581	ลดลง 11.60%
เวลาการ เดินทาง ทั้งหมด (ชั่วโมง)	2,905	2,152	-753	ลดลง 27%
ระยะทางการ เดินทาง (กิโลเมตร)	53,013	53,013	-	-



รูปที่ 4.10 การเผาผลาญเชื้อเพลิงบริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น โดยโปรแกรม Synchro 5



รูปที่ 4.11 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์บริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น โดยโปรแกรม Synchro 5



รูปที่ 4.12 ความเร็วบริเวณจุดสำรวจช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น โดยโปรแกรม Synchro 5

4.3 ผลการวิเคราะห์การปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

aaSidra

การวิเคราะห์ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ aaSidra สามารถบอกผลลัพธ์ได้ดีในระดับทางแยก แต่มีข้อเสีย คือ ทางแยกที่มีปริมาณจราจรมาก ๆ ค่าปริมาณจราจรต่อความจุมากกว่า 1 ($v/c > 1$) จะทำให้ความล่าช้ามีค่าที่สูงขึ้นมากผิดปกติ ความล่าช้าที่ได้จากการวิเคราะห์จึงมีค่าผิดจากความจริง นอกจากนี้การปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟจากการวิเคราะห์ระดับทางแยก โปรแกรม aaSidra หาค่าความล่าช้าและดัชนีพฤติกรรมที่น้อยที่สุดของทางแยก ค่าที่ได้จากผลการทดสอบก่อนและหลังปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรจึงมีค่าไม่ต่างกันมากนัก จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพปริมาณจราจรช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็นของโปรแกรม aaSidra พบว่า จำนวนทางแยกที่มีระดับการให้บริการติดขัดที่สุด (ระดับ F) มีค่าลดลง 1 แห่ง, ความเร็วปริมาณจราจรทั้งโครงข่ายมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.09-1.53, การเผาผลาญเชื้อเพลิงลดลงร้อยละ 1.66-20.32, ปริมาณมลพิษทั้งโครงข่ายลดลงประมาณร้อยละ 5.12-6.50 และความล่าช้าทั้งโครงข่ายลดลงร้อยละ 17.64-32.36

4.4 ผลการวิเคราะห์การปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

Synchro

การวิเคราะห์ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Synchro สามารถวิเคราะห์ได้ดีในระดับทางแยกและโครงข่ายเนื่องจากขั้นตอนการปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟมี 2 ส่วน คือ ขั้นตอนแรกวิเคราะห์จราจรระดับทางแยก ขั้นตอนที่สองวิเคราะห์จราจรระดับโครงข่าย โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าความล่าช้าและดัชนีพฤติกรรมที่น้อยสุดภายในโครงข่าย ขั้นตอนการปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟจึงมีความเหมาะสมมากกว่า จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพปริมาณจราจรช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็นของโปรแกรม Synchro พบว่า จำนวนทางแยกที่มีระดับการให้บริการติดขัดที่สุด (ระดับ F) จาก 10 แห่งลดลงเหลือ 7 แห่ง, ความเร็วปริมาณจราจรเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 16.60-28.00%, การเผาผลาญเชื้อเพลิงลดลง 8.22-18.94%, ปริมาณมลพิษลดลงประมาณ 8.22-18.94%, ความล่าช้าทั้งโครงข่ายลดลงร้อยละ 22.00-38.75, จำนวนการหยุดลดลงร้อยละ 0.50-11.60 และเวลาการเดินทางลดลง 14.49-27.00%

บทที่ 5

สรุปผลข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟภายในเขตเทศบาลนครราชสีมา จำนวน 34 ทางแยก ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้าและเย็น โดยสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรด้วยโปรแกรม aaSidra และ Synchro และทำการเปรียบเทียบผล “ก่อน” และ “หลัง” ปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรของโครงข่ายถนน พบว่า การวิเคราะห์ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ aaSidra สามารถบอกผลลัพธ์ได้ดีในระดับทางแยก แต่มีข้อเสีย คือ ทางแยกที่มีปริมาณจราจรมาก ๆ อัตราปริมาณจราจรต่อความจุมากกว่า 1 ($v/c > 1$) ทำให้ความล่าช้ามีค่าที่สูงขึ้นมากผิดปกติ ความล่าช้าที่ได้จากการวิเคราะห์จึงมีค่าผิดจากความจริง นอกจากนี้ การปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟจะทำการวิเคราะห์ห้ระดับทางแยก ผลการทดสอบก่อนและหลังจึงมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก การวิเคราะห์ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Synchro สามารถวิเคราะห์ได้ดีในระดับทางแยกและโครงข่ายเนื่องจากขั้นตอนการปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟมี 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกวิเคราะห์จราจรระดับทางแยก ขั้นตอนที่สองวิเคราะห์จราจรระดับโครงข่าย โปรแกรมจะทำการคำนวณหาความล่าช้าและดัชนีพฤติกรรมที่น้อยสุดภายในโครงข่าย ขั้นตอนการปรับปรุงรอบสัญญาณไฟจึงมีความเหมาะสมมากกว่า การศึกษาที่ใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ 4 ตัว คือ ความล่าช้า, ความเร็ว, การเผาผลาญเชื้อเพลิงและมลพิษ (ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์) สาเหตุที่นำก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์มาเป็นตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์การปลดปล่อยมลพิษเนื่องจากเป็นปริมาณก๊าซที่ยานพาหนะปล่อยออกมามากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (สงวน โกษารักษ์, 2544) ได้ศึกษาการประเมินมลภาวะอากาศจากการคมนาคมขนส่งในเขตเทศบาลนครราชสีมา พบว่า สัดส่วนมวลสารที่ถูกปล่อยออกมาจากยานพาหนะชนิดต่างๆ มากที่สุด ได้แก่ CO (54.30%) จะเกิดปัญหามลภาวะอากาศและสุขภาพของประชาชน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพปริมาณจราจรช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็นของโปรแกรม aaSidra พบว่า ระดับการให้บริการที่ดีที่สุด (ระดับ F) มีค่าลดลง 1 แห่ง, ความเร็วปริมาณจราจรทั้งโครงข่ายมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.31, การเผาผลาญเชื้อเพลิงลดลงร้อยละ 10.99, ปริมาณมลพิษทั้งโครงข่ายลดลงประมาณร้อยละ 5.81 และความล่าช้าทั้งโครงข่ายลดลงร้อยละ 25 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพปริมาณจราจรช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็นของโปรแกรม Synchro พบว่า ระดับการให้บริการที่ดีที่สุด (ระดับ F) จาก 10 แห่งลดลงเหลือ 7 แห่ง, ทั้งโครงข่ายมี

ความเร็วปริมาณจราจรเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 22.33, การเผาผลาญเชื้อเพลิงลดลงร้อยละ 13.58, ปริมาณมลพิษลดลงประมาณร้อยละ 13.58, ความล่าช้าทั้งหมดลดลงร้อยละ 30.38, จำนวนการหยุดลดลงร้อยละ 6.05 และเวลาการเดินทางลดลง 20.75% สอดคล้องกับผลการศึกษาของ (Mayer, 1997) ที่ได้กล่าวถึง การเปลี่ยนรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรให้เหมาะสมกับสภาพการจราจรจะส่งผลให้เวลาการเดินทางลดลง 10.00-20.00% และปรับปรุงความเร็วได้เพิ่มขึ้น 17.50%

สรุปผลการทดสอบก่อนและหลังการปรับปรุงความยาวรอบสัญญาณไฟที่เหมาะสมของโปรแกรม aaSidra และ Synchro จากการเปรียบเทียบตัวชี้วัดประสิทธิภาพของโครงข่าย พบว่าการพัฒนาระบบควบคุมสัญญาณไฟในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา การวิเคราะห์สภาพการจราจรระดับโครงข่ายเหมาะสมกว่าวิเคราะห์ระดับทางแยกจากการศึกษาของงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่า การจำลองสภาพการจราจรของโปรแกรม Synchro ให้ผลลัพธ์เหมาะสมต่อการแก้ไขปัญหาการวิเคราะห์สภาพการจราจรมากกว่าโปรแกรม aaSidra เนื่องจากขั้นตอนการวิเคราะห์ปรับเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรมีขั้นตอนที่ละเอียดมากกว่า, สำหรับทางแยกที่มีปริมาณจราจรมาก ($v/c > 1$) ค่าความล่าช้าจะมีค่าสูงไม่มากจนผิดปกติเมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ของโปรแกรม aaSidra

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลที่ใช้สำรวจปริมาณจราจรเป็นข้อมูลปี 2546 ซึ่งมีการเก็บข้อมูลที่สมบูรณ์ที่สุด แต่สภาพการจราจรย่อมมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี การเก็บข้อมูลควรปรับปรุงให้มีความทันสมัย (update) ตลอดเวลาเพื่อการวิเคราะห์สภาพการจราจรอย่างถูกต้องและเหมาะสมเพื่อพัฒนาระบบการควบคุมที่เหมาะสมต่อไป

การประเมินสภาพจราจรของการสูญเสียเวลาการเดินทางและรูปแบบน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกเผาผลาญไปภายในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาพบว่า ตลอดระยะเวลา 1 ปีจะเสียค่าใช้จ่ายของสภาพจราจรติดขัดประมาณ 7,330,989,960 บาท การพัฒนาปรับปรุงระบบสัญญาณไฟจราจรเป็นการนำอุปกรณ์ควบคุมการจราจรที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด รวมทั้งการนำระบบขนส่งอัจฉริยะมาพัฒนาระบบการควบคุมสัญญาณไฟจราจรของเทศบาลนครนครราชสีมาจะเป็นหนทางหนึ่งที่สามารถพัฒนาสภาพการจราจรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น รัฐหรือเมืองใหญ่ ๆ ของประเทศสหรัฐอเมริกา เช่น แคลิฟอร์เนีย ฟลอริดา และลอสแอนเจลิส มีการนำระบบ ITS มาใช้ประยุกต์ควบคุมสัญญาณไฟจราจร ผลการศึกษา พบว่า สามารถลดการเผาผลาญเชื้อเพลิงรายปีได้ในอัตราส่วน 5:1 ราคาทำไรต่อลงทุน รวมทั้งลดเวลาการเดินทาง 11% ความล่าช้า 25% และจำนวนการหยุด 27% (Institute of Transportation Engineering, 2005; Skabardonis, 2004) สำหรับราคาการลงทุนนั้น จากเอกสารยื่นประมูลงานของ (บริษัท ไทโก้ อินเตอร์เนชั่นแนล ประเทศไทย จำกัด, 2549) ได้กล่าวถึง ราคาการติดตั้งสัญญาณไฟอุปกรณ์ทั้งหมด ค่าใช้จ่ายต่อ 5 ทางแยก 8,460,000 บาท

ระบบเครือข่ายใยแก้วนำแสงค่าใช้จ่ายต่อ 5 ทางแยก 856,000 บาท และระบบวิถีทัศนียภาพงานสภาพการจราจร จะใช้ค่าใช้จ่ายต่อ 5 ทางแยก 3,173,620 บาท ทั้งหมด 12,489,950 บาทต่อ 5 ทางแยก การปรับปรุงและพัฒนาระบบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมของจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 34 ทางแยก ประเมินราคาการปรับปรุงสัญญาณไฟจราจรการเชื่อมต่อและติดตั้งสัญญาณไฟได้ประมาณ 87,429,650 บาท จะช่วยให้เพิ่มประสิทธิภาพสภาพจราจรให้มีความคล่องตัวมากขึ้น และลดการสูญเสียเงินตราของประเทศในการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิง รวมทั้งช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิตประชาชนให้มีระดับที่ดีขึ้น

5.3 แนวทางการศึกษาต่อเนื่อง

จากการศึกษาวิจัย พบว่าโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรควรใช้โปรแกรมที่มีระดับการวิเคราะห์สูงขึ้น เพื่อความถูกต้องของการแสดงผลลัพธ์ข้อมูล เช่น โปรแกรม Aimsun, Paramics และ TRANSYT เป็นต้น การนำเทคโนโลยีอุปกรณ์ควบคุมการจราจรที่ทันสมัยมาพัฒนาควบคุมจราจรที่เหมาะสมส่วนของระบบขนส่งอัจฉริยะ (intelligent transport system) เข้ามาประยุกต์เกี่ยวกับเรื่องควบคุมเชื่อมต่อสัญญาณไฟจราจรที่บริเวณทางแยกและจุดตัดถนน เช่น การจัดการระบบควบคุมและปฏิบัติงานด้านจราจร เพื่อพัฒนาระบบสภาพควบคุมสภาพการจราจรให้เหมาะสมกับสภาพการจราจร ซึ่งจะสามารถช่วยลดปริมาณมลพิษและการเผาผลาญเชื้อเพลิงที่สูญเสียไปได้มากกว่านี้

รายการอ้างอิง

- กมล ปุ่นศิริ. (2542). การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SIDRA ในการวิเคราะห์สัญญาณไฟจราจรในเมืองหาดใหญ่และเมืองอุบลราชธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา (การขนส่ง) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- โชติรส ชูโตและเทิดศักดิ์ ร่องวิริยะพานิช. (2548). การจัดการจราจรแบบจุลภาคเพื่อลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันและการระบายสารมลพิษจากยานพาหนะ [CD-ROM]. ในเอกสารการประชุมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 11 (หน้า 1542-1546). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ภัทรพล ตูลารักษ์. (2546). การประเมินผลกระทบทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมจากการติดไฟแดงบนทางหลวง [CD-ROM]. ในเอกสารวิชาการขนส่งแห่งชาติครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สงวน โกษารักษ์. (2544). การประเมินมลภาวะอากาศจากการคมนาคมขนส่งในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2546). โครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองในภูมิภาคจังหวัดนครราชสีมา (ครั้งที่2). นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- บริษัท ไทโก้ อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล (ประเทศไทย) จำกัด. (2549). รายละเอียดการติดตั้งระบบสัญญาณไฟจราจร. เอกสารยื่นประมูลงาน.
- Akcelik and Associates. (2002). **aaSidra traffic model reference guide** [Computer Software]. Melbourne: Akcelik and Associates Pty Ltd.
- Akcelik, R. (2004). **Traffic model** [on-line]. Available: <http://www.aatraffic.com/TrafficModels.htm>.
- Button, K. J., Hensher, D. A. (2001). **Handbook of transport systems and traffic control** (Vol. III). United Kingdom: Pergamon.
- Federal Highway Administrations (FHWA). (1980). **Procedure for estimating highway user costs, fuel consumption, and air pollution**. Washington, D.C: U.S. Department of Transportation.

- Husch, D., Albeck, J. (2003). **Synchro 5 user guide** [on-line]. Albany: Trafficware, Ltd.
- Highway Capacity Manual. (2000). **Signalized intersections methodology** [CD-ROM].
Washington, D.C: Transportation Research Board/Nation Research Council.
- Institute of Transportation Engineering (2005). **Benefit of retiming traffic signal**.
Washington, United States of American: Institute of Transportation Engineering Press.
- Khisty, C.B., Lall, B.K. (2003). **Transportation engineering an introduction** (3rd ed.). New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Kutz, M. (2004). **Handbook of transportation engineering**. United States: McGraw-Hill.
- Mannering, F.L., Kilareski, W.P., and Washburn, S.S. (2005). **Principle of highway engineering and traffic analysis** (3rd ed.). United States of American: Wiley.
- Mayer, M.D. (1997). **A toolbox alleviating traffic congestion and enhancing mobility**.
United States of American: Institute of Transportation Engineering.
- Prabnasak, J., Yue, W.L. (2541). Using aaSIDRA and paramics in evaluation of a traffic signal coordination development in khon kaen city, thailand [CD-ROM]. ในเอกสารการประชุมวิชาการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 3 (หน้า 33-46). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Skabardonis A. (2004). Traffic control signal system. In D.Gillen and D. Levinson (eds.).
Assesing the benefits and cost ifits making the business case for its investigation.
(volume 10, pp. 131-144). United States of American:Klumar Academic Publishers.
- Slinn, M., Matthews, P. and Guest, P. (1998). **Traffic engineering design principles and practice**. London: Arnold.
- Transportation Research Board / National Research Council. (2000). **Traffic analysis software tools** [On-line]: Available: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec014.pdf>.

ภาคผนวก ก

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการคำนวณเวลาออกแบบ
รอบเวลาสัญญาณไฟจราจร

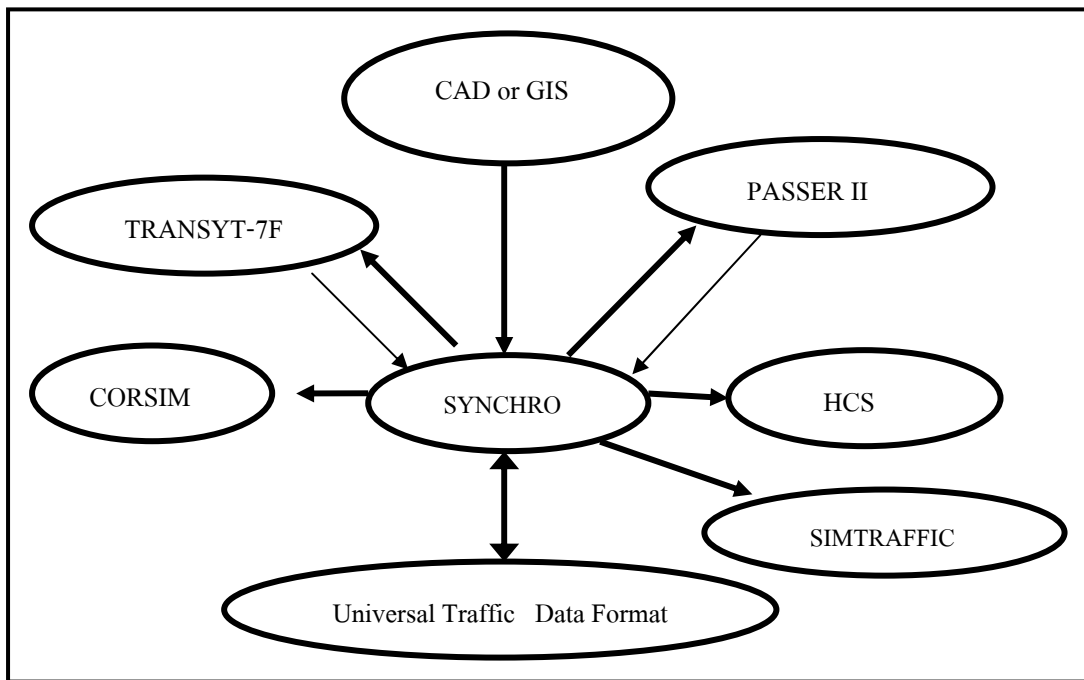
ก.1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการคำนวณเวลาการออกแบบรอบเวลาสัญญาณไฟจราจร

ซอฟต์แวร์โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่นำมาจำลองและวิเคราะห์สภาพการจราจรของทางแยกและโครงข่ายนั้นวิเคราะห์ในระดับจุลภาคและมหภาค การวิจัยครั้งนี้เลือกใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ aaSidra และ Synchro วิเคราะห์สัญญาณไฟจราจรของทางแยกเดี่ยวและโครงข่ายในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา สำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์นำมาคำนวณรอบเวลาสัญญาณไฟ จะสามารถจำแนกรายละเอียดโปรแกรมและระดับการจราจร ตามตารางที่ ก.1

aaSidra (Akcelik & Associates Signalised & Unsignalised Intersection Design and Research Aid) เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิเคราะห์จำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค (microscopic) ของทางแยกเดี่ยว (isolated intersection) และ วงเวียน (roundabout) ส่วนประกอบหลักมี 2 ส่วน คือ ส่วนแรกประกอบด้วย การใส่ค่าพารามิเตอร์หรือตัวแปรข้อมูลที่เก็บจากสภาพการสำรวจจริงในสนาม เช่น รอบสัญญาณไฟ, ลักษณะทางกายภาพ และปริมาณจราจรลงในโปรแกรม RIDES การทำงานจะทำภายใต้ระบบปฏิบัติการแบบ disk operation system (DOS) ส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์จากโปรแกรม RIDES จะแสดงในส่วนของระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (window) โปรแกรม aaSidra มีฟังก์ชันการทำงานการปรับปรุงความยาวรอบเวลาและการแบ่งช่วงเวลาไฟเขียวให้ความล่าช้ารวมของขบวนบนถนนน้อยที่สุด รวมทั้งประยุกต์การเผาผลาญเชื้อเพลิงและมลพิษบริเวณทางแยก ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาของ (Transportation Research Board / National Research Council, 2000) สามารถจำแนกการประยุกต์ การใช้งานและฟังก์ชันของโปรแกรม เพื่อง่ายต่อการเข้าใจและศึกษาตามตารางที่ ก.2

Synchro (Traffic Signal Timing Software) เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิเคราะห์สภาพการจราจรระดับมหภาค (macroscopic) ของระดับทางแยก (isolated intersection) และโครงข่าย (network) โดยปกติจะใช้วางแผนส่วนวิเคราะห์สัญญาณไฟจราจรสำหรับถนนสายหลัก (arterial) และโครงข่าย (network) การหารอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมของโปรแกรม Synchro แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ ความยาวรอบสัญญาณไฟและแบ่งช่วงเวลาไฟเขียว (ทางแยก), แบ่งพื้นที่ (โครงข่าย), ความยาวรอบสัญญาณไฟ (โครงข่าย) และการเหลื่อมล้ำสัญญาณไฟเขียวและลำดับสัญญาณไฟ (โครงข่าย) ผลการศึกษาของ (Transportation Research Board / National Research Council, 2000) สามารถจำแนกการประยุกต์ การใช้งานและฟังก์ชันของโปรแกรม เพื่อง่ายต่อการเข้าใจและศึกษาตามตาราง ก.3

ทฤษฎีของโปรแกรม Synchro ใช้หลักการของวิเคราะห์สัญญาณไฟจราจรที่นำเสนอไว้ในคู่มือ highway capacity manual 2000 (HCM 2000) ประกอบด้วย ระดับการให้บริการ (LOS), ความยาวแถวคอย (queue lengths), เวลาการเดินทาง (travel time), ความล่าช้า (delay) เป็นต้น นอกจากนี้ โปรแกรม Synchro มีความยืดหยุ่นสูงสามารถแปลงข้อมูลส่งและรับข้อมูลเพื่อประยุกต์ใช้งานกับโปรแกรมวิเคราะห์สภาพการจราจรอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงรูปที่ ก.1



หมายเหตุ จาก “Traffic analysis software tools”, โดย Transportation Research Board / National Research Council., 2000, Available: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec014.pdf>.

รูปที่ ก.1 แผนผังแสดงความสามารถการส่งและรับข้อมูลของโปรแกรม Synchro

ตารางที่ ก.1 จำแนกรายละเอียดโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในระดับต่าง ๆ

	รายละเอียดระดับจราจรและเรขาคณิตทางของถนน		
	ระดับมหภาค	ระดับกึ่งจุลภาค	ระดับจุลภาค
	การจำลอง	Passer Saturn Synchro Transyt (UK) Transyt7f (USA)	contram
การวิเคราะห์	Arcady rodel	hcs	aaSidra
	โปรแกรมวางแผนการขนส่งสำเร็จรูป (e.g. EMMME/2, QRS II, Traffix)		

หมายเหตุ จาก “Traffic Model” โดย Akcelik, R., 2004, Available:

<http://www.aattraffic.com/TrafficModels.htm>

ตารางที่ ก.2 ลักษณะเฉพาะและความสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานของโปรแกรม aaSidra

โปรแกรม	ประยุกต์						
	การประเมินค่า เวลาที่มีอยู่	ลำดับเฟส สัญญาณที่ เหมาะสม	ความยาว สัญญาณไฟที่ เหมาะสม	การแบ่งเวลา ความเหมาะสม	HCS ระดับการ ให้บริการ	การวิเคราะห์ต่อ ช่องทาง	การควบคุมแบบ ปรับตามปริมาณ จราจร
HCS-Signals	√	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	√	ไม่มี	√
HCM/CINEMA	√	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	√	ไม่มี	√
SOAP	√	ไม่มี	√	√	√	ไม่มี	√
SIGNAL 97	√	√	√	√	√	ไม่มี	√
SIDRA	√	√	√	√	√	√	√
TEXAS	√	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	√	√
EVIPAS	√	ไม่มี	√	√	√	√	√

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ลักษณะเฉพาะและความสามารถการนำไปประยุกต์ใช้งานของโปรแกรม aaSidra

โปรแกรม	การเคลื่อนไหว		ปริมาณขีดประสิทธิภาพ					
	เคลื่อนที่	เคลื่อนที่	ระดับการให้บริการ	ความล่าช้า	การเผาผลาญเชื้อเพลิง	การปลดปล่อยมลพิษ	แถวคอย	การหยุด
HCS-Signals	ไม่มี	ไม่มี	√	หยุด	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
HCM/CINEMA	√	√	√	หยุดทั้งหมด	√	√	√	√
SOAP	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	หยุด	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
SIGNAL 97	ไม่มี	√	√	หยุด/หยุดทั้งหมด	√	√	√	√
SIDRA	ไม่มี	√	√	หยุด/หยุดทั้งหมด	√	√	√	√
TEXAS	√	√	ไม่มี	√	√	√	แถวคอยมากที่สุด	√
EVIPAS	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	หยุด/หยุดทั้งหมด	√	√	ไม่มี	√

หมายเหตุ จาก “Traffic analysis software tools”, โดย Transportation Research Board / National Research Council., 2000, Available:

<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec014.pdf>.

ตารางที่ ก.3 ลักษณะเฉพาะและความสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานของโปรแกรม Synchro

โปรแกรม	ประยุกต์						
	การประเมินค่า เวลาที่มีอยู่	ลำดับเฟส สัญญาณที่ เหมาะสม	ความยาว สัญญาณไฟที่ เหมาะสม	การเหลื่อมล้ำ ของเวลา สัญญาณไฟที่ เหมาะสม	การแบ่งเวลา สัญญาณไฟที่ เหมาะ สม	HCS ระดับการ ให้บริการ ที่ เหมาะสม	การวิเคราะห์ต่อ ช่องทาง
Passer IV	ไม่มี	√	√	√	√	ไม่มี	ไม่มี
Transyt-7f	√	ไม่มี	√	√	√	ไม่มี	√
Synchro	√	√	√	√	√	√	√
Corsim	√	√	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
Netflo 1	√	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
Netflo 2	√	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
Passer IV	ไม่มี	√	√	√	√	ไม่มี	ไม่มี

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ลักษณะเฉพาะและความสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานของโปรแกรม Synchro

โปรแกรม	การเคลื่อนไหว		ปริมาณชี้วัดประสิทธิภาพ					
	เคลื่อนที่	ไม่เคลื่อนที่	ระดับการให้บริการ	ความล่าช้า	การเผาผลาญเชื้อเพลิง	การปลดปล่อยมลพิษ	แถวคอย	การหยุด
Passer IV	ไม่มี	ไม่มี	√	หยุดทั้งหมด	√	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
Transyt-7f	ไม่มี	ไม่มี	√	หยุดทั้งหมด	√	ไม่มี	แถวคอย ย้อนกลับมาก สุด	√
Synchro	ไม่มี	ไม่มี	√	หยุดทั้งหมด	√	√	ความยาว แถวคอยมาก สุด	√
Corsim	√	√	ไม่มี	หยุดทั้งหมด	√	√	√	√
Netflo 1	√	√	ไม่มี	หยุดทั้งหมด	√	√	√	√
Netflo 2	√	√	ไม่มี	√	√	√	√	√

หมายเหตุ จาก “Traffic analysis software tools”, โดย Transportation Research Board / National Research Council., 2000, Available:

<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec014.pdf>.

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างข้อมูลผลลัพธ์วิเคราะห์ก่อนปรับปรุงสัญญาณไฟจราจรระดับจุดภาค
โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ aaSidra

Time and Date of Analysis 11:15 PM, 2 Sep 2006

Filename: C:\Documents and Settings\chalot\My Documents\aaSIDRA Projects\point 1\point 1 am.OUT

MANAT RD. VS. HIGHWAY NO.224

Intersection ID:

RUN INFORMATION

* Basic Parameters:

Intersection Type: Signalised - Fixed Time
Driving on the left-hand side of the road
Input data specified in Metric units
Default Values File No. 1
Peak flow period (for performance): 30 minutes
Unit time (for volumes): 60 minutes (Total Flow Period)
Delay definition: Control delay
 Geometric delay included
aaSIDRA Standard Delay and Queue models used
Level of Service based on: Delay (HCM method)
Queue definition: Back of queue, 95th Percentile

* No. of Main (Timing-Capacity) Iterations = 1

Comparison of last two iterations:

Difference in intersection degree of satn = 0.0 %
Difference in total vehicle capacity = 0.0 %
Largest difference in eff. green times = 0 secs
(max. value for stopping = 0 secs)

Table S.1 - MOVEMENT PHASE AND TIMING PARAMETERS

Mov No.	Mov Typ	P H A S E M A T R I X								Lost Tim		Req.Mov.Time		Eff. Grn	
		First Green				Second Green				1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
		Fr	To	Op	Pr	Fr	To	Op	Pr	Grn	Grn	Grn	Grn	Grn	Grn
South: MANAT RD.															
1	L			K	J					5		32.5			49
3	R			*L	J					5		62.9			22
East: HIGHWAY NO.224 (R)															
4	L			L	K					5		47.6			83
5	T			J	K					5		37.1			56
West: HIGHWAY NO.224 (L)															
11	TR			*J	L					5		77.2			83
12	R			K	L					5		29.4			22
Pedestrians															
S1	(Ped)	J	K							15		21.0Min			46
Current Phase Sequence No.: 8															
Input phase sequence: J K L															
Output phase sequence: J K L															

Movement Types: Under heading 'Op':

Ped	Pedestrian	L	"Left" turns are opposed
Dum	Dummy	R	"Right" turns are opposed
Und	Undetected in both green periods	LR	"Left and Right" opposed
Un1	Undetected in 1st green period	C	"Constant" saturation flow
Un2	Undetected in 2nd green period		

Cycle Time:

Minimum	Maximum	Practical	Chosen
43	150	****	115

(Cycle time specified by the user)

**** Y and U values are too large ****

Intersection Level of Service	=	F
Worst movement Level of Service	=	F
Average intersection delay (s)	=	178.3
Largest average movement delay (s)	=	1309.8
Largest back of queue, 95% (m)	=	1127
Performance Index	=	400.67
Degree of saturation (highest)	=	2.369
Practical Spare Capacity (lowest)	=	-62 %
Total vehicle capacity, all lanes (veh/h)	=	5967
Total vehicle flow (veh/h)	=	4132
Total pedestrian flow (ped/h)	=	53
Total person flow (pers/h)	=	6251
Total vehicle delay (veh-h/h)	=	206.17
Total pedestrian delay (ped-h/h)	=	0.30
Total person delay (pers-h/h)	=	309.55
Total effective vehicle stops (veh/h)	=	2790
Total effective pedestrian stops (ped/h)	=	32
Total effective person stops (pers/h)	=	4217
Total vehicle travel (veh-km/h)	=	1222.9
Total cost (\$/h)	=	5307.62
Total fuel (L/h)	=	463.3
Total CO2 (kg/h)	=	1161.31

Table S.12A - FUEL CONSUMPTION, EMISSIONS AND COST - TOTAL

Mov No.	Fuel Total L/h	Cost Total \$/h	HC Total kg/h	CO Total kg/h	NOX Total kg/h	CO2 Total kg/h

South: MANAT RD.						
1 L	15.6	99.15	0.077	3.62	0.093	39.0
3 R	311.2	4458.09	1.755	25.49	0.760	779.4
	326.8	4557.25	1.831	29.11	0.852	818.4

East: HIGHWAY NO.224 (R)						
4 L	0.1	0.59	0.000	0.01	0.000	0.2
5 T	74.2	414.37	0.290	13.70	0.416	186.6
	74.3	414.96	0.291	13.72	0.417	186.8

West: HIGHWAY NO.224 (L)						
11 TR	53.5	263.23	0.172	6.12	0.245	134.1
12 R	8.7	66.15	0.044	1.81	0.047	21.9
	62.2	329.39	0.216	7.93	0.293	156.0

Pedestrians						
51		6.03				
		6.03				

ALL VEHICLES:	463.3	5301.59	2.338	50.76	1.562	1161.2

INTERSECTION:	463.3	5307.62	2.338	50.76	1.562	1161.2

Table S.15 - CAPACITY AND LEVEL OF SERVICE

Mov No.	Mov Typ	Green Time Ratio (g/C)		Total Flow	Total Cap.	Deg. of Satn	Aver. Delay	LOS
		1st grn	2nd grn	(veh /h)	(veh /h)	(v/c)	(sec)	

South: MANAT RD.								
1	L	0.426		259	513	0.504	31.7	C
3	R	0.191*		528	223	2.369*	1309.8	F
				787	736	2.369	889.2	F

East: HIGHWAY NO.224 (R)								
4	L	0.722		1	2	0.462	64.3	E
5	T	0.487		1041	2016	0.516	29.8	C
				1042	2019	0.516	29.8	C

West: HIGHWAY NO.224 (L)								
11	TR	0.722*		2183E	2789	0.783	2.0	A
12	R	0.191		120	120<	0.999	57.8	E
				2303	2909	0.999	4.9	A

Pedestrians								
51	(Ped)	0.400		53	4800	0.011	20.7	C
				53	4800	0.011	20.7	C

ALL VEHICLES:				4132	5967	2.369	179.6	F

INTERSECTION (persons):				6251	5967	2.369	178.3	

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างข้อมูลผลลัพธ์วิเคราะห์หลังปรับปรุงสัญญาณไฟจราจรระดับจุดภาค
โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ aaSidra

Filename: C:\Documents and Settings\chalot\My Documents\aaSIDRA Projects\point 1\point 1 am.OUT

MANAT RD. VS. HIGHWAY NO.224

Intersection ID:

RUN INFORMATION

* Basic Parameters:

Intersection Type: Signalised - Fixed Time
Driving on the left-hand side of the road
Input data specified in Metric units
Default Values File No. 1
Peak flow period (for performance): 30 minutes
Unit time (for volumes): 60 minutes (Total Flow Period)
Delay definition: Control delay
 Geometric delay included
aaSIDRA Standard Delay and Queue models used
Level of Service based on: Delay (HCM method)
Queue definition: Back of queue, 95th Percentile

* No. of Main (Timing-Capacity) Iterations = 1

Comparison of last two iterations:

Difference in intersection degree of satn = 0.0 %
Difference in total vehicle capacity = 0.0 %
Largest difference in eff. green times = 0 secs
(max. value for stopping = 0 secs)

Table S.1 - MOVEMENT PHASE AND TIMING PARAMETERS

Mov No.	Mov Typ	P H A S E				M A T R I X				Lost Tim		Req.Mov.Time		Eff. Grn	
		First Green		Second Green		-----		-----		1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
		Fr	To	Op	Pr	Fr	To	Op	Pr	Grn	Grn	Grn	Grn	Grn	Grn
South: MANAT RD.															
1	L			K	J					5		32.5			49
3	R			*L	J					5		62.9			22
East: HIGHWAY NO.224 (R)															
4	L			L	K					5		47.6			83
5	T			J	K					5		37.1			56
West: HIGHWAY NO.224 (L)															
11	TR			*J	L					5		77.2			83
12	R			K	L					5		29.4			22
Pedestrians															
51	(Ped)	J	K							15		21.0Min			46
Current Phase Sequence No.: 8															
Input phase sequence: J K L															
Output phase sequence: J K L															

Cycle Time:

Minimum	Maximum	Practical	Chosen
43	180	91	85

(Variable cycle times: Program-determined)

Intersection Level of Service	=	D
Worst movement Level of Service	=	F
Average intersection delay (s)	=	36.6
Largest average movement delay (s)	=	80.8
Largest back of queue, 95% (m)	=	342
Performance Index	=	278.43
Degree of saturation (highest)	=	1.000
Practical Spare Capacity (lowest)	=	-10 %
Total vehicle capacity, all lanes (veh/h)	=	4628
Total vehicle flow (veh/h)	=	3897
Total pedestrian flow (ped/h)	=	53
Total person flow (pers/h)	=	5899
Total vehicle delay (veh-h/h)	=	39.69
Total pedestrian delay (ped-h/h)	=	0.42
Total person delay (pers-h/h)	=	59.96
Total effective vehicle stops (veh/h)	=	3794
Total effective pedestrian stops (ped/h)	=	44
Total effective person stops (pers/h)	=	5734
Total vehicle travel (veh-km/h)	=	5946.9
Total cost (\$/h)	=	3778.13
Total fuel (L/h)	=	679.9
Total CO2 (kg/h)	=	1705.47

Table S.12A - FUEL CONSUMPTION, EMISSIONS AND COST - TOTAL

Mov No.	Fuel Total L/h	Cost Total \$/h	HC Total kg/h	CO Total kg/h	NOX Total kg/h	CO2 Total kg/h

South: MANAT RD.						
1 L	36.2	185.59	0.147	6.85	0.210	90.7
3 R	44.0	297.43	0.200	7.93	0.236	110.1
	80.2	483.02	0.347	14.79	0.446	200.8

East: HIGHWAY NO.224 (R)						
4 L	0.1	0.99	0.001	0.02	0.001	0.3
5 T	167.2	940.20	0.637	27.48	0.886	420.1
	167.4	941.18	0.638	27.50	0.887	420.4

West: HIGHWAY NO.224 (L)						
11 TR	405.7	2172.10	1.406	50.14	1.940	1017.2
12 R	26.6	174.13	0.106	3.26	0.130	66.4
	432.3	2346.24	1.512	53.39	2.070	1083.6

Pedestrians						
51		7.68				
		7.68				

ALL VEHICLES:	679.9	3770.44	2.497	95.68	3.403	1704.8

INTERSECTION:	679.9	3778.13	2.497	95.68	3.403	1704.8

Table S.15 - CAPACITY AND LEVEL OF SERVICE

Mov No.	Mov Typ	Green Time		Total Flow (veh /h)	Total Cap. (veh /h)	Deg. of Satn (v/c)	Aver. Delay (sec)	LOS
		Ratio (g/C)	(g/C)					
		1st grn	2nd grn					

South: MANAT RD.								
1	L	0.588		383	686	0.558	16.2	B
3	R	0.400*		436	480	0.908	48.8	D
				819	1166	0.908	33.6	C

East: HIGHWAY NO.224 (R)								
4	L	0.753		1	2	0.664	80.8	F
5	T	0.294*		1094	1240	0.882	51.6	D
				1095	1242	0.882	51.6	D

West: HIGHWAY NO.224 (L)								
11	TR	0.482		1844E	2082	0.886	28.2	C
12	R	0.129*		139	139<	1.000*	49.8	D
				1983	2221	1.000	29.7	C

Pedestrians								
51	(Ped)	0.176		53	2118	0.025	28.8	C
				53	2118	0.025	28.8	C

ALL VEHICLES:				3897	4628	1.000	36.7	D

INTERSECTION (persons):				5899	4628	1.000	36.6	

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างข้อมูลผลลัพธ์วิเคราะห์ก่อนปรับปรุงสัญญาณไฟจราจรระดับมหภาค

โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Synchro

Lanes, Volumes, Timings
 1: highway 224 & manut road

4/22/200:



Lane Group	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR
Lane Configurations	↑↑↑		↑	↑↑↑	↑	↑
Total Lost Time (s)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Satd. Flow (prot)	4995	0	1807	4768	1738	1633
Flt Permitted			0.950		0.950	
Satd. Flow (perm)	4995	0	1807	4768	1738	1633
Satd. Flow (RTOR)						
Volume (vph)	989	0	885	1303	502	246
Lane Group Flow (vph)	1099	0	983	1448	558	273
Turn Type			Prot		pt+ov	
Protected Phases	4		3	8	2	2 3
Permitted Phases						
Total Split (s)	26.0	0.0	54.0	80.0	35.0	89.0
Act Effct Green (s)	23.0		50.9	77.1	32.0	86.0
Actuated g/C Ratio	0.20		0.44	0.67	0.28	0.75
w/c Ratio	1.10		1.23	0.45	1.15	0.22
Uniform Delay, d1	46.0		32.0	9.0	41.5	4.4
Delay	93.9		125.5	9.1	111.7	4.5
LOS	F		F	A	F	A
Approach Delay	93.9			56.2	76.5	
Approach LOS	F			E	E	

Intersection Summary

Cycle Length: 115	
Actuated Cycle Length: 115	
Offset: 0 (0%), Referenced to phase 4:EBT and 8:WBT, Start of Green	
Control Type: Pretimed	
Maximum w/c Ratio: 1.23	
Intersection Signal Delay: 69.5	Intersection LOS: E
Intersection Capacity Utilization 116.6%	ICU Level of Service G

Splits and Phases: 1: highway 224 & manut road

c2	c3	c4
35 s	54 s	26 s
	c8	
	80 s	

Detailed Measures of Effectiveness

4/22/2007

1: highway 224 & manut road

Lane Group	EBT	WBL	WBT	NBL	NBR
Volume (vph)	989	885	1303	502	246
Perc Sig Delay / Veh	94	126	9	112	4
Total Perc Sig Delay	26	31	3	16	0
Stops / Veh	1.29	1.59	0.44	1.44	0.28
Stops	1279	1409	576	721	68
Average Speed (km/hr)	9	7	38	7	46
Total Travel Time (hr)	30	35	9	18	1
Distance Traveled (km)	256	233	343	128	63
Fuel Consumed (l)	135	151	58	78	8
Fuel Economy (km/l)	19	15	60	17	74
CO Emissions (kg)	2.51	2.81	1.07	1.44	0.16
NOx Emissions (kg)	0.48	0.54	0.21	0.28	0.03
VOC Emissions (kg)	0.58	0.65	0.25	0.33	0.04
Unservd Vehicles (#)	90	164	0	67	0
Vehs dilemma zone (#)	38	0	57	0	0
Queuing Penalty (veh)	0	516	189	0	0

1: highway 224 & manut road

Direction	EB	WB	NB	All
Volume (vph)	989	2188	748	3925
Signal Delay / Veh (s)	94	56	76	70
Total Signal Delay (hr)	26	34	16	76
Stops / Veh	1.29	0.91	1.05	1.03
Stops	1279	1985	789	4053
Average Speed (km/hr)	9	13	10	11
Total Travel Time (hr)	30	44	19	93
Distance Traveled (km)	256	577	191	1023
Fuel Consumed (l)	135	209	86	430
Fuel Economy (km/l)	19	28	22	24
CO Emissions (kg)	2.51	3.88	1.60	7.99
NOx Emissions (kg)	0.48	0.75	0.31	1.54
VOC Emissions (kg)	0.58	0.90	0.37	1.84
Unservd Vehicles (#)	90	164	67	320
Vehicles in dilemma zone (#)	38	57	0	95
Queuing Penalty (veh)	0	705	0	705

Detailed Measures of Effectiveness

4/22/2007

Network Totals

Number of Intersections	34
Signal Delay / Veh (s)	68
Total Signal Delay (hr)	1813
Stops / Veh	1.03
Stops	99339
Average Speed (km/hr)	20
Total Travel Time (hr)	2705
Distance Traveled (km)	54555
Fuel Consumed (l)	12961
Fuel Economy (km/l)	42
CO Emissions (kg)	241.08
NOx Emissions (kg)	46.53
VOC Emissions (kg)	55.60
Unserved Vehicles (#)	7669
Vehicles in dilemma zone (#)	3191
Queuing Penalty (veh)	7318
Performance Index	2291.9

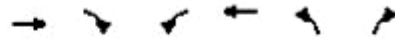
ภาคผนวก จ

ตัวอย่างข้อมูลผลลัพธ์วิเคราะห์หลังปรับปรุงสัญญาณไฟจราจรระดับมหภาค

โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Synchro

Lanes, Volumes, Timings
1: highway 224 & manut road

4/22/2007



Lane Group	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR
Lane Configurations	↑↑↑		↑	↑↑↑	↑	↑
Total Lost Time (s)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Satd. Flow(prot)	4995	0	1807	4768	1738	1633
Flt Permitted			0.950		0.950	
Satd. Flow(perm)	4995	0	1807	4768	1738	1633
Satd. Flow(RTOR)						
Volume (vph)	989	0	885	1303	502	246
Lane Group Flow(vph)	1099	0	983	1448	558	273
Turn Type			Prot		pt+ov	
Protected Phases	4		3	8	2	2 3
Permitted Phases						
Total Split (s)	23.0	0.0	47.0	70.0	30.0	77.0
Act Effct Green (s)	20.0		44.0	67.0	27.0	74.0
Actuated g/C Ratio	0.20		0.44	0.67	0.27	0.74
w/c Ratio	1.10		1.24	0.45	1.19	0.23
Uniform Delay, d1	40.0		28.0	7.8	36.5	4.1
Delay	43.2		110.0	0.2	113.0	3.6
LOS	D		F	A	F	A
Approach Delay	43.2			44.6	77.0	
Approach LOS	D			D	E	

Intersection Summary

Cycle Length: 100	
Actuated Cycle Length: 100	
Offset: 53 (53%), Referenced to phase 4:EBT and 8:WBT, Start of Green	
Control Type: Pretimed	
Maximum w/c Ratio: 1.24	
Intersection Signal Delay: 50.4	Intersection LOS: D
Intersection Capacity Utilization 116.6%	ICU Level of Service G

Splits and Phases: 1: highway 224 & manut road

c2	c3	c4
30 s	47 s	23 s
	c8	
	70 s	

Detailed Measures of Effectiveness

4/22/2007

1: highway 224 & manut road

Lane Group	EBT	WBL	WBT	NBL	NBR
Volume (vph)	989	885	1303	502	246
Perc Sig Delay / Veh	43	110	0	113	4
Total Perc Sig Delay	12	27	0	16	0
Stops / Veh	0.96	1.45	0.04	1.56	0.23
Stops	948	1287	54	782	56
Average Speed (km/hr)	16	8	59	7	49
Total Travel Time (hr)	16	31	6	18	1
Distance Traveled (km)	256	233	343	128	63
Fuel Consumed (l)	86	137	32	80	8
Fuel Economy (km/l)	30	17	108	16	79
CO Emissions (kg)	1.59	2.54	0.59	1.49	0.15
NOx Emissions (kg)	0.31	0.49	0.11	0.29	0.03
VOC Emissions (kg)	0.37	0.59	0.14	0.34	0.03
Unservd Vehicles (#)	90	169	0	80	0
Vehs dilemma zone (#)	43	0	4	0	0
Queuing Penalty (veh)	0	419	0	0	0

1: highway 224 & manut road

Direction	EB	WB	NB	All
Volume (vph)	989	2188	748	3925
Signal Delay / Veh (s)	43	45	77	50
Total Signal Delay (hr)	12	27	16	55
Stops / Veh	0.96	0.81	1.12	0.80
Stops	948	1341	838	3127
Average Speed (km/hr)	16	16	10	14
Total Travel Time (hr)	16	37	19	72
Distance Traveled (km)	256	577	191	1023
Fuel Consumed (l)	86	168	88	342
Fuel Economy (km/l)	30	34	22	30
CO Emissions (kg)	1.59	3.13	1.64	6.36
NOx Emissions (kg)	0.31	0.60	0.32	1.23
VOC Emissions (kg)	0.37	0.72	0.38	1.47
Unservd Vehicles (#)	90	169	80	339
Vehicles in dilemma zone (#)	43	4	0	47
Queuing Penalty (veh)	0	419	0	419

Detailed Measures of Effectiveness

4/22/2007

Network Totals

Number of Intersections	34
Signal Delay / Veh (s)	53
Total Signal Delay (hr)	1421
Stops / Veh	1.03
Stops	99927
Average Speed (km/hr)	24
Total Travel Time (hr)	2313
Distance Traveled (km)	54555
Fuel Consumed (l)	11896
Fuel Economy (km/l)	46
CO Emissions (kg)	221.27
NOx Emissions (kg)	42.71
VOC Emissions (kg)	51.04
Unserved Vehicles (#)	7431
Vehicles in dilemma zone (#)	3306
Queuing Penalty (veh)	3147
Performance Index	1786.5

ภาคผนวก ฉ

ผลการทดสอบก่อนและหลังปรับปรุงความเหมาะสมความยาวรอบสัญญาณไฟ
จราจรจากโปรแกรม aaSidra ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้าและเย็น

ตารางที่ ฉ.1 ผลการทดสอบก่อนและหลังปรับปรุงความเหมาะสมรอบสัญญาณไฟจราจรจากโปรแกรม aaSidra ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า
(7.30-8.30 น.)

จุดที่ 1 ถนนมนัส ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (E)	C	E	29.8	73.1	74.3	116.7	13.72	25.65	25.7	14.0
ทางหลวง 224 (W)	A	F	4.9	86.1	62.2	142.2	7.93	33.84	46.6	18.1
มนัส (S)	F	F	889.2	129.3	326.8	90.1	29.11	17.0	1.4	8.6

จุดที่ 2 ถนนมิตรภาพ ตัดกับซอยสวายเรียง										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มิตรภาพ (E)	D	D	40.2	36.9	6542.5	6542.5	51.06	51.02	36.4	36.8
มิตรภาพ (W)	F	F	113.9	50.9	1971.8	1971.8	127.69	126.46	31.6	32.0
สวายเรียง (S)	F	F	94.2	140.9	18.4	18.4	2.89	2.80	20.0	20.5

จุดที่ 3 ถนนเดชอุดม ตัดกับ ถนนพิบูลละเอียด										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
เดชอุดม (W)	C	C	22.1	22.6	87.4	87.8	16.07	16.16	41.2	40.9
พิบูลละเอียด (N)	B	B	19.0	17.8	84.6	83.9	14.58	14.50	41.8	42.7
พิบูลละเอียด (S)	B	B	17.6	16.3	59.2	58.8	11.04	10.96	43.0	43.9

จุดที่ 4 ถนนไชยณรงค์ ตัดกับ ถนนจอมพล										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมพล (W)	F	F	92.3	93.9	37.8	37.6	7.50	7.31	11.7	11.6
จอมพล (E)	C	D	30.9	46.7	27.1	28.6	4.27	4.28	39.2	33.3
ไชยณรงค์ (N)	F	F	89.5	57.8	57.4	76.7	12.61	10.85	9.6	13.7
ไชยณรงค์ (S)	A	A	6.5	7.2	13.4	12.6	2.83	2.42	42.1	40.8

จุดที่ 5 ถนนประจักษ์ ตัดกับ ถนนอัยญางค์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
อัยญางค์ (W)	E	E	61.3	69.1	31.9	33.1	6.99	7.02	16.1	14.7
อัยญางค์ (E)	E	E	55.5	62.6	37.1	37.8	6.03	6.04	30.9	29.1
ประจักษ์ (N)	E	D	60.9	50.0	56.6	51.5	13.65	12.52	12.8	14.9
ประจักษ์ (S)	A	A	4.8	4.7	37.5	14.6	2.95	2.75	46.9	47.0

จุดที่ 6 ถนนสุรนารี ตัดกับ ถนนจันทร์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สุรนารี (W)	B	A	11.1	8.9	60.6	61.7	10.64	11.56	45.7	48.1
สุรนารี (E)	B	B	14.7	11.7	26.0	26.1	4.94	5.20	40.8	43.7
จันทร์ (N)	B	C	22.8	20.4	40.1	39.8	8.22	8.29	36.7	38.3

จุดที่ 7 ถนนสุรนารายณ์ ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (E)	B	F	19.0	95.4	110.6	176.8	20.28	39.40	37.1	8.4
ทางหลวง 224 (W)	D	F	41.1	406.2	163.2	392.0	114.95	62.40	30.2	10.0
สุรนารายณ์ (N)	F	F	1100.7	226.4	1146.5	418.1	26.67	32.83	3.4	13.6

จุดที่ 8 ถนนประจักษ์ ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (W)	F	F	310.3	264.8	313.7	282.5	41.63	39.07	4.0	4.6
ทางหลวง 224 (E)	F	F	335.8	314.5	321.8	307.1	47.54	46.18	3.4	3.6
ประจักษ์ (S)	F	F	535.7	447.7	160.9	141.3	19.29	18.35	2.1	2.5

จุดที่ 9 ถนนโยธา ตัดกับ ถนนสุรนารี										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สุรนารี (W)	A	A	120.7	50.0	115.3	73.4	25.83	17.73	7.9	16.1
สุรนารี (E)	E	F	5.1	5.8	15.3	15.3	3.33	3.32	46.7	45.7
โยธา (S)	F	D	79.0	110.0	115.3	22.6	4.69	4.18	12.3	9.3

จุดที่ 10 ถนนจอมสุรางค์ยาตร ตัดกับ ถนนโยธา										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมสุรางค์ยาตร (W)	A	A	5.0	2.8	57.5	53.1	7.99	6.10	54.5	56.8
จอมสุรางค์ยาตร (E)	F	F	877.9	606.3	419.9	317.4	39.21	35.26	2.2	3.2
โยธา (N)	B	C	14.8	23.4	21.4	22.8	5.71	5.79	33.5	26.7

จุดที่ 11 ถนนจักรี ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (W)	F	F	138.2	94.5	165.3	139.9	16.82	15.47	51.5	50.5
ทางหลวง 224 (E)	A	A	6.0	6.8	157.3	155.9	40.64	31.54	15.8	18.0
จักรี (S)	F	F	101.5	84.8	202.6	173.1	29.53	25.91	12.5	16.6

จุดที่ 12 ถนนสี่บศิริ ตัดกับ ถนนมุขมนตรี										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มุขมนตรี (W)	B	C	16.2	21.8	9.9	10.4	2.03	2.08	37.1	32.8
มุขมนตรี (E)	F	F	105.1	82.4	195.6	186.0	25.15	24.00	31.2	34.8
สี่บศิริ (S)	F	E	93.2	73.9	290.8	274.9	41.99	39.47	30.4	33.9

จุดที่ 13 ถนนมิตรภาพ ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (W)	F	F	403.2	460.7	927.8	932.4	118.94	117.42	8.2	9.6
ทางหลวง 224 (E)	F	F	237.2	238.0	438.4	439.2	54.35	53.45	11.7	12.8
มิตรภาพ (N)	F	F	518.9	499.6	890.3	871.3	103.15	104.6	6.9	7.2

จุดที่ 14 ห้าแยกประตูไชยณรงค์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ไชยณรงค์ (N)	F	F	115.2	111.3	78.7	77.8	14.0	13.99	14.55	14.9
พิบูลละเอียด (S)	D	C	38.3	33.7	44.7	43.7	8.50	8.45	29.2	31.1
ราชนุกูล (W)	F	F	143.8	92.1	63.5	53.1	9.90	9.13	12.1	16.9
ราชนุกูล (E)	E	D	62.3	53.7	29.5	28.4	5.42	5.33	22.1	24.3
เบญจรงค์ (SE)	F	F	103.7	144.7	69.7	81.0	12.83	14.27	15.4	11.9

จุดที่ 15 ถนนมิตรภาพ ตัดกับ ซอยลำโรงจันทร์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (E)	F	F	97.1	92.9	468.6	478.8	42.75	44.22	29.3	30.8
ทางหลวง 224 (W)	D	C	38.1	34.6	236.3	235.9	88.04	94.81	16.4	16.9
ลำโรงจันทร์ (N)	F	F	148.4	136.7	46.8	45.4	1.08	1.06	20.6	25.0
เสาชง (S)	E	D	69.2	50.8	6.4	5.9	749	7.50	11.8	12.6

จุดที่ 16 ถนนโพธิ์กลาง ตัดกับ ถนนโยธา										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
โพธิ์กลาง (W)	F	F	254.8	206.5	269.8	249.5	52.15	49.64	9.8	11.6
โพธิ์กลาง (E)	A	A	6.8	7.2	35.8	34.3	5.74	5.10	50.6	50.1
โยธา (N)	F	F	152.5	113.1	51.2	46.0	10.49	0.10	7.1	9.2
โยธา (S)	F	F	177.5	215.2	61.8	68.7	12.44	13.32	5.8	4.8

จุดที่ 17 ถนนจ๊กรี ตัดกับ ถนนยมราช										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จ๊กรี (N)	B	B	10.6	10.6	29.1	30.6	6.58	7.30	38.4	38.4
จ๊กรี (S)	B	B	12.8	14.0	18.4	19.9	4.61	5.29	30.6	29.4
ยมราช (W)	C	B	24.9	19.7	18.7	18.6	4.22	4.43	28.3	31.9
ยมราช (E)	C	B	25.6	21.4	23.5	23.5	5.49	5.75	27.6	30.3

จุดที่ 18 ถนนมหาไทย์ ตัดกับ ถนนวัชรสุษดี										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มหาไทย์ (W)	D	D	38.0	42.0	31.8	32.0	7.77	7.54	19.9	18.6
มหาไทย์ (E)	E	E	57.4	55.5	52.8	51.9	10.10	9.83	24.6	25.1
วัชรสุษดี (N)	B	B	14.4	15.3	23.2	22.4	5.60	5.18	33.4	32.4
วัชรสุษดี (S)	D	D	46.6	38.0	63.1	58.1	16.16	15.17	14.8	17.2

จุดที่ 19 ถนนมนัส ตัดกับ ถนนจอมพล										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมพล (W)	B	A	11.1	9.2	22.2	22.7	4.84	5.21	40.7	43.1
จอมพล (E)	B	B	13.5	10.2	10.6	10.5	2.37	2.41	37.5	41.2
มนัส (N)	B	B	15.4	11.3	18.7	18.2	4.80	4.87	30.0	34.6
มนัส (S)	B	A	12.2	8.6	10.4	10.2	2.53	2.58	34.5	39.3

จุดที่ 20 ถนนไชยณรงค์ ตัดกับ ถนนสรรพสิทธิ์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สรรพสิทธิ์ (W)	B	C	18.0	21.3	14.5	14.6	3.19	3.15	36.1	33.6
สรรพสิทธิ์ (E)	E	E	65.6	57.4	71.9	69.4	12.08	11.6	28.1	30.1
ไชยณรงค์ (N)	C	C	23.5	24.3	26.4	25.6	6.92	6.43	23.6	23.2
ไชยณรงค์ (S)	D	D	52.8	46.3	45.7	42.7	11.44	3.15	13.6	15.1

จุดที่ 21 ถนนจักรี ตัดกับ ถนนจอมพล										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมพล (W)	B	B	13.7	15.6	29.7	31.4	7.03	7.65	35.3	33.4
จอมพล (E)	C	A	7.2	6.9	16.7	17.0	3.28	3.44	45.3	45.9
จักรี (N)	C	C	24.4	20.9	20.2	19.9	5.12	5.19	23.6	25.8
จักรี (S)	C	C	33.5	31.2	22.3	22.4	5.44	5.61	21.0	22.0

จุดที่ 22 ถนนจักรี ตัดกับ ถนนอัยสุวงศ์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
อัยสุวงศ์ (W)	B	B	17.3	13.4	15.4	15.2	3.94	4.03	28.6	32.4
อัยสุวงศ์ (E)	C	B	21.9	18.3	20.3	20.2	5.28	5.43	25.2	28.0
จักรี (N)	B	B	11.4	12.1	25.5	27.3	6.89	7.67	32.4	31.6
จักรี (S)	A	A	10.0	9.1	19.4	19.9	4.14	4.43	41.2	42.4

จุดที่ 23 ถนน ราชดำเนิน ตัดกับ ถนนจอมสุรางค์ยาตร										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมสุรางค์ยาตร (W)	F	F	185.1	168.8	131.3	124.5	20.88	20.29	7.9	8.6
จอมสุรางค์ยาตร (E)	F	F	147.4	133.6	224.4	213.0	39.74	38.81	6.8	7.4
ราชดำเนิน (S)	F	F	193.1	187.1	141.2	138.6	22.85	22.49	7.6	7.8

จุดที่ 24 ห้าแยกหัวรถไฟ										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มูขมมนตรี (W)	F	F	429.2	325.7	588.1	521.0	61.02	58.42	12.6	15.5
โพธิ์กลาง (E)	E	F	56.2	89.4	37.2	41.2	6.01	6.04	28.1	21.4
สุรนารี (NE)	F	F	560.6	520.8	151.3	143.5	15.31	14.97	3.6	3.8
จอมสุรางค์ยาตร (SE)	F	F	298.4	271.2	588.1	217.1	26.83	26.16	8.5	9.3
เดชอุดม (S)	F	F	247.9	227.2	249.3	236.1	34.08	33.42	9.0	9.7

จุดที่ 25 ถนนสุรนารี ตัดกับ ถนนบัวรอง										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สุรนารี (W)	F	F	186.6	104.5	190.8	127.2	42.99	29.20	5.1	8.5
สุรนารี (E)	A	A	6.9	7.6	44.2	43.4	7.31	6.85	51.6	51.0
บัวรอง (N)	C	D	20.1	48.3	10.1	11.6	1.93	19.7	38.6	25.7
บัวรอง (S)	F	F	170.6	152.1	58.5	54.1	10.23	9.65	5.4	6.0

จุดที่ 26 ถนนโพธิ์กลาง ตัดกับ ถนนบัวรอง										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
โพธิ์กลาง (W)	B	B	16.5	13.9	33.1	34.1	6.46	7.12	40.1	42.3
โพธิ์กลาง (E)	B	B	15.1	10.6	20.4	20.3	4.29	4.55	37.6	42.3
บัวรอง (N)	B	B	18.2	14.1	18.8	19.0	4.75	5.09	28.8	32.6
บัวรอง (S)	B	B	19.3	16.2	21.1	22.2	6.46	5.67	30.2	32.8

จุดที่ 27 ถนนราชดำเนิน ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (W)	F	F	124.7	115.1	380.3	367.0	62.49	59.74	18.8	19.9
ทางหลวง 224 (E)	F	F	82.4	81.1	172.7	168.8	33.15	31.63	14.7	14.9
ราชดำเนิน (S)	D	D	48.5	47.4	297.0	294.0	49.19	48.17	31.9	32.3
ประปา (N)	E	E	60.7	66.8	89.0	90.1	15.31	15.04	28.3	26.9

จุดที่ 28 ถนนจอมพล ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (N)	F	F	620.0	445.7	506.0	369.5	80.70	54.01	3.4	4.6
ทางหลวง 224 (S)	F	F	369.7	252.1	319.8	230.1	56.80	37.19	5.6	7.9
จอมพล (W)	F	F	627.1	499.3	166.0	141.9	17.90	16.77	3.9	4.8
จอมพล (E)	D	E	36.5	64.1	47.2	51.8	8.59	8.29	31.8	23.5

จุดที่ 29 ถนนมณีส ตัดกับ ถนนยมราช										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ยมราช (W)	B	B	18.8	11.7	28.9	28.2	6.78	6.91	32.3	37.3
ยมราช (E)	C	B	23.6	14.5	27.9	26.8	6.33	6.43	29.3	36.0
มณีส (N)	A	B	10.0	12.9	16.8	19.1	3.36	4.37	41.1	39.2
มณีส (S)	A	B	8.1	12	30.2	39.7	6.78	10.80	39.5	34.1

จุดที่ 30 ถนนมหาไถย ตัดกับถนนไชยณรงค์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มหาไถย (W)	C	C	27.8	21.4	21.3	20.8	3.97	3.98	35.3	39.0
มหาไถย (E)	C	C	30.4	23.0	38.9	38.0	6.27	6.30	39.1	42.7
ไชยณรงค์ (N)	A	A	4.7	4.9	18.2	19.3	3.79	4.33	46.0	45.5
ไชยณรงค์ (S)	A	A	4.2	5.1	16.5	17.9	3.36	3.95	47.0	45.1

จุดที่ 31 ถนนยมราช ตัดกับ ถนนประจักษ์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ยมราช (W)	D	E	42.0	66.0	23.3	25.7	5.33	5.25	21.0	15.3
ยมราช (E)	F	F	308.0	282.7	82.9	79.0	10.30	9.98	9.6	10.3
ประจักษ์ (N)	F	F	327.9	229.4	167.4	130.6	26.81	22.90	3.4	4.8
ประจักษ์ (S)	B	B	15.8	10.0	27.2	21.6	6.68	4.48	30.7	37.4

จุดที่ 32 ถนนราชดำเนิน ตัดกับ ถนนราชนุกูล										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ราชนุกูล (W)	C	C	24.3	29.8	31.5	32.2	6.01	5.92	35.9	32.9
ราชนุกูล (E)	E	D	63.8	52.8	94.1	88.8	16.33	15.09	28.3	31.2
ราชดำเนิน (N)	C	C	23.7	22.7	59.7	57.5	13.47	12.57	32.5	33.1
ราชดำเนิน (S)	D	D	44.2	36.7	68.8	64.0	14.12	12.75	27.0	29.9

จุดที่ 33 ถนนบัวรอง ตัดกับ ถนนจอมสุรางค์ยาตร										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมสุรางค์ยาตร (W)	F	F	106.9	90.8	114.8	105.6	23.01	21.13	14.3	16.1
จอมสุรางค์ยาตร (E)	A	A	3.2	4.2	29.7	29.9	4.19	4.17	53.7	52.1
บัวรอง (N)	F	F	117.7	97.4	31.5	28.9	5.66	5.52	8.6	10.0
บัวรอง (S)	C	D	22.6	46.4	8.8	9.9	1.72	1.77	36.8	26.3

จุดที่ 34 ถนนมนัส ตัดกับ ถนนอัยฎางค์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
อัยฎางค์ (W)	B	B	11.9	12.4	20.6	22.0	4.63	5.30	38.9	38.3
อัยฎางค์ (E)	B	B	13.2	15.8	22.8	25.1	5.19	6.12	37.8	35.2
มนัส (N)	B	B	17.0	12.8	20.3	19.4	5.15	5.02	28.8	33.0
มนัส (S)	B	B	14.6	10.8	13.0	12.4	3.20	3.12	30.8	33.2

ตารางที่ ฉ.2 ผลการทดสอบก่อนและหลังปรับปรุงความเหมาะสมรอบสัญญาณไฟจราจรจากโปรแกรม aaSidra ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น (17.00-18.00 น.)

จุดที่ 1 ถนนมณัส ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (E)	E	D	71.9	51.6	177.4	167.4	28.37	27.50	27.80	32.7
ทางหลวง 224 (W)	D	C	28.9	29.7	426.4	432.2	50.60	53.39	48.8	48.7
มณัส (S)	D	C	35.4	33.6	80.5	80.2	14.67	14.79	34.2	35.2

จุดที่ 2 ถนนมิตรภาพ ตัดกับ ซอยสวายเรียง										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มิตรภาพ (E)	F	F	113.4	88.1	522.3	469.9	88.49	88.56	21.2	22.5
มิตรภาพ (W)	C	C	32.1	29.9	517.1	506.9	52.58	51.46	47.9	48.6
สวายเรียง (S)	F	F	88	158.2	15.8	19.7	2.48	2.32	20.9	21.8

จุดที่ 3 ถนนเดชอุดม ตัดกับ ถนนพิบูลละเอียด										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
เดชอุดม (W)	B	C	15.7	22.2	44.5	45.8	7.88	7.93	45.3	41.2
พิบูลละเอียด (N)	B	A	18.4	7	102.9	89.2	17.22	13.12	42.3	51.8
พิบูลละเอียด (S)	A	A	8.4	4.7	57.8	52.9	9.90	7.85	50.7	54.5

จุดที่ 4 ถนนไชยณรงค์ ตัดกับ ถนนจอมพล										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมพล (W)	F	F	171.7	151.3	43.6	40.5	7.08	6.78	6.9	7.7
จอมพล (E)	D	E	38.4	67.1	28.6	31.3	4.62	4.65	36.2	27.9
ไชยณรงค์ (N)	F	F	176.1	126.4	109.9	90.7	22.07	19.54	5.3	7.1
ไชยณรงค์ (S)	A	A	4	3.8	9.3	8.9	1.89	1.70	47.8	48.1

จุดที่ 5 ถนนประจักษ์ ตัดกับ ถนนอัยญางค์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
อัยญางค์ (W)	C	E	28	60.8	22	25.9	5.11	5.19	26.7	16.2
อัยญางค์ (E)	F	F	198.7	152.3	87.1	78.5	11.67	11.15	13.7	16.7
ประจักษ์ (N)	F	F	207.7	172.3	112.2	98.7	20.91	19.2	4.4	5.3
ประจักษ์ (S)	A	A	7.5	9.5	10.1	10	2.25	2.13	41.9	38.5

จุดที่ 6 ถนนสุรนารี ตัดกับ ถนนจันทร์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สุรนารี (W)	A	A	7.2	7.1	55.5	55.1	9.80	9.67	49.9	50.2
สุรนารี (E)	A	A	9.4	9.4	34.9	34.8	6.07	6.02	46.2	47.6
จันทร์ (N)	C	C	31.9	32.6	213	213.1	20.50	19.87	54.3	54.8

จุดที่ 7 ถนนสุรนารายณ์ ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (E)	B	E	19.1	61	96.2	129.9	24.42	50.97	38.1	15.2
ทางหลวง 224 (W)	D	F	38.2	195.7	192.2	330.3	23.13	42.94	30.2	14.4
สุรนารายณ์ (N)	F	F	663.7	124.7	575.3	262.1	67.64	27.48	5.4	20.9

จุดที่ 8 ถนนประจักษ์ ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (W)	F	F	207.1	177.6	225.2	204	31.81	29.44	5.8	6.7
ทางหลวง 224 (E)	F	F	273	237.6	246.9	223.8	38.21	36.56	4.2	4.8
ประจักษ์ (S)	F	F	338.8	290.7	110.7	99.8	15.07	14.40	3.3	3.8

จุดที่ 9 ถนนโยธา ตัดกับ ถนนสุรนารี										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สุรนารี (W)	E	D	67.7	38.8	63.6	48.4	15.05	11.33	13.0	19.5
สุรนารี (E)	A	A	6.7	6.8	25.7	25	6.08	5.77	43.7	43.9
โยธา (S)	E	E	58.8	77.4	21.5	23.5	4.79	4.87	15.4	12.5

จุดที่ 10 ถนนจอมสุรางค์ยาตร ตัดกับ ถนนโยธา										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมสุรางค์ยาตร (W)	A	A	4.7	65.6	42.5	39.6	5.64	4.43	54.8	56.9
จอมสุรางค์ยาตร (E)	F	F	739.5	3.7	400.1	280.6	42.22	36.68	2.6	4.2
โยธา (N)	B	D	16.6	290.7	23.6	29.4	6.20	6.63	31.7	16.6

จุดที่ 11 ถนนจ๊กรี ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (W)	B	B	11.6	13.4	52	52.8	13.22	12.82	47.3	50.5
ทางหลวง 224 (E)	A	A	9.8	6.8	137.9	134.4	28.67	22.03	21.3	29.6
จ๊กรี (S)	E	D	66	37.2	151.8	124.2	11.16	11.33	45.4	43.9

จุดที่ 12 ถนนสี่บศิริ ตัดกับ ถนนมุขมนตรี										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มุขมนตรี (W)	B	B	17.1	18.9	48.9	49.5	10.62	10.67	36.3	34.9
มุขมนตรี (E)	D	D	41.8	40.8	211.3	210.1	28.70	27.66	43.9	44.2
สี่บศิริ (S)	E	D	56.8	54.4	167.2	165.8	23.20	22.94	37.7	38.3

จุดที่ 13 ถนนมิตรภาพ ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (W)	F	F	302.1	395.9	655.9	649.3	87.43	86.58	10.5	11.2
ทางหลวง 224 (E)	F	F	184.3	181.9	434.7	422.1	54.97	54.82	14.2	14.8
มิตรภาพ (N)	F	F	345.3	346.5	568.6	569.6	69.40	68.75	9.8	9.4

จุดที่ 14 ห้าแยกประตูไชยณรงค์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ไชยณรงค์ (N)	F	F	319.9	325.4	105.5	106.9	15.49	15.40	2.8	2.8
พิบูลละเอียด (S)	D	C	38.9	30.6	32.3	31.2	5.87	5.87	30.3	33.9
ราชนุกูล (W)	F	F	381	332.4	143.9	132	16.46	15.61	7.8	8.8
ราชนุกูล (E)	E	D	58.1	45.4	33.9	32.6	5.50	5.42	28.4	32.1
เบญจรงค์ (SE)	F	F	373.5	370.7	97.1	96.7	12.59	12.58	5.2	5.3

จุดที่ 15 ถนนมิตรภาพ ตัดกับ ซอยลำโรงจันทร์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มิตรภาพ (W)	D	D	50.6	48.1	377.6	367.3	58.04	57.89	33.0	32.6
มิตรภาพ (E)	F	F	221.4	131.6	725.7	575.2	116.33	116.49	13.4	14.8
ลำโรงจันทร์ (N)	F	F	930.4	187.3	198.1	71.3	17.31	17.28	3.0	3.2
เสาชง (S)	E	E	78.5	63.7	6.9	6.4	1.18	1.12	19.0	19.1

จุดที่ 16 ถนนโพธิ์กลาง ตัดกับ ถนนโยธา										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
โพธิ์กลาง (W)	F	F	223.2	183.4	224.5	209.5	42.85	10.90	10.9	12.8
โพธิ์กลาง (E)	A	B	9.7	12.5	44.1	42.7	7.84	7.02	46.8	43.9
โยธา (N)	F	F	237.2	188.8	85.7	77.3	15.90	15.41	4.8	5.9
โยธา (S)	D	E	50.2	65.7	37.9	39.4	9.73	9.62	16.6	13.5

จุดที่ 17 ถนนจ๊กกรี ตัดกับ ถนนยมราช										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จ๊กกรี (N)	A	B	10	10.2	33.2	34.2	7.68	8.14	39.2	38.9
จ๊กกรี (S)	B	B	10.6	11.1	18.3	19.1	4.60	4.95	33.4	32.7
ยมราช (W)	C	C	25.8	22.9	23.5	23.4	4.46	5.56	27.8	29.5
ยมราช (E)	C	C	24.4	22	27.9	27.8	6.67	6.78	28.3	29.9

จุดที่ 18 ถนนมหาไทย์ ตัดกับ ถนนวัชรสุษดี										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มหาไทย์ (W)	C	C	24.5	22.4	22	22.4	5.37	5.68	26.1	27.5
มหาไทย์ (E)	C	B	21.4	19.6	32.7	33.2	6.09	6.50	39.0	40.2
วัชรสุษดี (N)	C	B	16.8	16.6	23.1	24	5.69	6.14	31.1	31.3
วัชรสุษดี (S)	B	B	11.5	11.8	27.8	28.7	7.43	7.86	34.2	33.9

จุดที่ 19 ถนนมนัส ตัดกับ ถนนจอมพล										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมพล (W)	A	A	9.7	9.3	25.7	26.5	5.64	6.08	42.4	42.9
จอมพล (E)	A	A	9.5	9	14.1	14.6	3.00	3.27	42.3	42.9
มนัส (N)	B	B	19.2	13.8	13.4	12.7	3.49	3.40	26.7	31.7
มนัส (S)	B	B	15.1	10.6	10.6	10.2	2.70	2.64	31.3	36.4

จุดที่ 20 ถนนไชยณรงค์ ตัดกับ ถนนสรรพสิทธิ										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สรรพสิทธิ (W)	C	C	20.6	21.7	27.5	27.8	6.12	6.14	34.1	33.3
สรรพสิทธิ (E)	C	C	35.3	38	48.6	49.2	8.26	8.34	37.3	36.2
ไชยณรงค์ (N)	C	C	25.4	22.3	33.1	31.5	8.67	8.20	22.5	24.4
ไชยณรงค์ (S)	B	B	15.6	14.4	27	26.2	7.11	6.86	29.9	31.1

จุดที่ 21 ถนนจักรี ตัดกับ ถนนจอมพล										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมพล (W)	B	B	12.8	16	27	29.6	6.34	7.32	36.5	33.3
จอมพล (E)	A	A	9.6	9.1	22	22.7	4.58	4.97	42.6	43.2
จักรี (N)	C	B	21.2	17	25.3	24.9	6.47	6.60	25.7	28.9
จักรี (S)	C	C	28	22.9	21.8	21.5	5.33	5.51	23.7	26.5

จุดที่ 22 ถนนจักรี ตัดกับ ถนนอัยสุวงศ์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
อัยสุวงศ์ (W)	B	B	26.9	12.9	21.9	21.5	5.16	5.25	33.6	37.5
อัยสุวงศ์ (E)	B	B	20	16.6	29.4	29.2	7.17	7.37	30.8	33.5
จักรี (N)	B	B	13.8	15.1	26.2	28.3	7.36	8.25	28.9	27.8
จักรี (S)	B	B	13	11.6	19.9	20.5	5.00	5.44	32.9	34.7

จุดที่ 23 ถนนราชดำเนิน ตัดกับ ถนนจอมสุรางค์ยาตร										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมสุรางค์ยาตร (W)	F	F	142	132.3	108.9	105	17.94	17.55	9.9	10.5
จอมสุรางค์ยาตร (E)	F	F	170.5	146	307.1	277.8	55.91	51.80	60.	6.9
ราชดำเนิน (S)	F	F	153.7	163.9	80	82.3	12.86	12.86	9.2	8.7

จุดที่ 24 ห้าแยกห้วยรถไฟ										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มูขมมนตรี (W)	F	F	213.8	166.7	483.5	448	55.29	53.12	20.8	24.3
โพธิ์กลาง (E)	D	F	51.9	88.1	38.5	43.4	6.11	6.18	29.3	21.6
สุรนารี (NE)	F	F	363.5	308.3	131	117.6	15.79	14.86	5.3	6.2
จอมสุรางค์ยาตร (SE)	F	F	216.8	188.1	483.5	196.6	29.52	27.86	11.2	12.5
เดชอุดม (S)	F	F	305.6	268.9	239.8	221	32.11	30.15	7.5	8.4

จุดที่ 25 ถนนสุรนารี ตัดกับ ถนนบัวรอง										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สุรนารี (W)	F	A	83.3	7.2	116.2	45.4	29.16	9.45	10.4	42.6
สุรนารี (E)	A	A	6.4	5.5	47.2	45.3	7.65	6.86	52.2	53.2
บัวรอง (N)	C	D	21.6	39.5	11.5	12.6	2.21	2.28	37.6	28.7
บัวรอง (S)	C	D	21.7	53	21.8	26.8	5.79	6.27	26.3	14.5

จุดที่ 26 ถนนโพธิ์กลาง ตัดกับ ถนนบัวรอง										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
โพธิ์กลาง (W)	B	B	16.7	16.2	33	35.1	6.43	7.52	39.9	40.3
โพธิ์กลาง (E)	B	B	14.5	10.7	21.3	21.6	4.45	4.89	38.2	42.2
บัวรอง (N)	B	B	19.9	16.4	21.1	21.4	5.32	5.91	27.5	30.3
บัวรอง (S)	B	B	17.5	11.2	14.6	14.5	3.35	3.63	31.7	38.2

จุดที่ 27 ถนนราชดำเนิน ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (W)	F	F	110.9	98.6	399.2	381.2	67.11	63.49	20.4	22.0
ทางหลวง 224 (E)	D	D	45	51.1	162.4	163.1	35.44	33.98	22.4	20.6
ราชดำเนิน (S)	C	C	30.5	32.2	263.2	264.1	44.20	44.03	38.6	37.9
ประปา (N)	C	D	32.3	40.8	48.3	50.2	9.59	9.66	31.7	28.2

จุดที่ 28 ถนนจอมพล ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (N)	F	F	1941	879.6	1287	726.3	119.56	85.62	2.3	4.8
ทางหลวง 224 (S)	F	F	1351	574.1	755.4	393.7	79.26	53.08	1.7	3.7
จอมพล (W)	F	F	1797	928	388.9	230.9	10.61	20.85	1.9	3.6
จอมพล (E)	F	F	83.1	95.2	59.5	58.6	25.76	9.03	19.9	18.1

จุดที่ 29 ถนนมนัส ตัดกับ ถนนยมราช										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ยมราช (W)	B	B	18.3	14.9	30	30.3	7.03	7.49	32.6	35.6
ยมราช (E)	C	B	21.4	16.1	32.6	32.8	7.44	8.03	30.8	35.0
มนัส (N)	B	B	12.1	12.4	20	21.5	4.37	5.11	38.5	38.3
มนัส (S)	B	B	11	11.4	33.2	38.5	8.04	10.40	35.3	34.8

จุดที่ 30 ถนนมหาไทย ตัดกับถนนไชยณรงค์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มหาไทย (W)	C	C	24.6	21.7	22	21.7	4.19	4.20	37.1	38.8
มหาไทย (E)	C	C	33.9	29.2	33.9	33.4	5.49	5.53	37.6	39.6
ไชยณรงค์ (N)	A	A	3.5	3.5	17.8	18.3	3.46	3.68	48.9	48.7
ไชยณรงค์ (S)	A	A	2.6	2.8	14.5	15	2.51	2.75	51.4	50.7

จุดที่ 31 ถนนยมราช ตัดกับ ถนนประจักษ์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ยมราช (W)	D	E	40.7	63	24.6	26.8	5.70	5.59	21.4	15.8
ยมราช (E)	F	F	433.6	357.1	94.4	84.2	10.35	9.82	7.2	8.5
ประจักษ์ (N)	F	F	416.1	318.1	248.2	197.6	39.24	31.44	2.7	3.5
ประจักษ์ (S)	B	A	19.5	5.3	29.9	19.4	7.02	3.40	27.6	45.5

จุดที่ 32 ถนนราชดำเนิน ตัดกับ ถนนราชนุกูล										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ราชนุกูล (W)	B	D	19	43.4	18.4	20.7	3.40	3.36	39.4	27.3
ราชนุกูล (E)	F	F	358.1	244.6	269.1	210	37.37	28.88	8.2	11.3
ราชดำเนิน (N)	B	C	16.9	30.1	42.5	44.1	9.28	8.59	37.6	28.8
ราชดำเนิน (S)	F	F	322.6	248.8	235.2	189.2	38.35	29.03	6.1	7.6

จุดที่ 33 ถนนบัวรอง ตัดกับ ถนนจอมสุรางค์ยาตร										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมสุรางค์ยาตร (W)	E	E	62.6	63.3	67.9	67.8	13.81	13.81	20.47	20.9
จอมสุรางค์ยาตร(E)	B	B	10.7	10.1	48.1	47.7	9.73	9.50	43.7	43.6
บัวรอง (N)	E	E	64.8	64.8	37.5	36.7	8.13	8.07	13.3	13.6
บัวรอง (S)	B	B	14.2	13.9	6.1	6.2	1.20	1.20	43.4	42.2

จุดที่ 34 ถนนมนัส ตัดกับ ถนนอัยฎางค์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
อัยฎางค์ (W)	A	A	7.9	8	22.5	23	4.89	4.85	44.2	44.2
อัยฎางค์ (E)	A	A	8.8	9.7	27.9	29	6.13	6.05	43.1	43.3
มนัส (N)	C	B	22.1	19.2	12.6	12.3	3.17	3.17	24.9	24.3
มนัส (S)	C	B	20.9	18.1	15.4	15	3.94	3.95	25.4	24.8

ภาคผนวก ช

ผลการทดสอบก่อนและหลังปรับปรุงความเหมาะสมความยาวรอบสัญญาณไฟ
จราจรจากโปรแกรม Synchro ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้าและเย็น

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบก่อนและหลังปรับปรุงความเหมาะสมรอบสัญญาณไฟจราจรจากโปรแกรม Synchro ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า (7.30-8.30น.)

จุดที่ 1 ถนนมนัส ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (E)	E	D	56.2	44.6	209	168	3.88	3.13	13	16
ทางหลวง 224 (W)	F	D	93.9	43.2	135	86	2.51	1.59	9	16
มนัส (S)	E	E	76.5	77.0	86	88	1.60	1.64	10	10

จุดที่ 2 ถนนมิตรภาพ ตัดกับ ซอยสวายเรียง										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มิตรภาพ (E)	C	C	26.6	25.6	739	746	13.75	13.88	49	49
มิตรภาพ (W)	D	C	38.3	27.1.	235	204	4.36	3.80	28	33
สวายเรียง (S)	E	D	69.8	35.9	22	17	0.41	0.32	21	28

จุดที่ 3 ถนนเดชอุดม ตัดกับ ถนนพิบูลละเอียด										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
เดชอุดม (W)	C	C	17.7	24.4	84	91	1.56	1.7	43	39
พิบูลละเอียด (N)	C	A	26.3	3.8	86	53	1.6	0.98	31	56
พิบูลละเอียด (S)	A	A	4.3	5.0	54	57	1.01	1.06	56	51

จุดที่ 4 ถนนไชยณรงค์ ตัดกับ ถนนจอมพล										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมพล (W)	B	A	17.7	9.1	28	26	0.52	0.49	45	51
จอมพล (E)	C	A	21.2	6.4	24	16	0.46	0.30	26	43
ไชยณรงค์ (N)	C	A	14.5	8.4	29	28	0.31	0.51	30	33
ไชยณรงค์ (S)	B	A	11.5	8.5	17	20	0.55	0.37	25	36

จุดที่ 5 ถนนประจักษ์ ตัดกับ ถนนอัยญางค์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
อัยญางค์ (W)	C	C	23.5	29.5	32	34	0.60	0.62	59	53
อัยญางค์ (E)	C	C	28.7	29.6	26	31	0.49	0.57	22	21
ประจักษ์ (N)	B	A	15.3	4.9	35	23	0.65	0.43	25	41
ประจักษ์ (S)	A	A	7.3	6.8	15	13	0.28	0.25	40	42

จุดที่ 6 ถนนสุรนารี ตัดกับ ถนนจันทร์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สุรนารี (W)	B	B	18.7	18.1	23	24	0.42	0.44	29	30
สุรนารี (E)	C	B	24.6	14.9	87	75	1.62	1.39	35	42
จันทร์ (N)	C	C	21.6	21.7	39	40	0.73	0.74	32	32

จุดที่ 7 ถนนสุรนารายณ์ ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (E)	B	B	14	12.3	78	75	1.45	1.40	30	23
ทางหลวง 224 (W)	F	F	149.4	113.0	292	252	5.43	4.69	19	32
สุรนารายณ์ (N)	F	F	177.8	153.3	367	349	6.83	6.50	4	5

จุดที่ 8 ถนนประจักษ์ ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (W)	E	C	56.7	27.6	131	91	2.43	1.70	12	20
ทางหลวง 224 (E)	E	E	73.5	71.9	179	180	3.33	0.77	10	11
ประจักษ์ (S)	F	F	105.4	93.9	77	72	1.43	1.34	7	7

จุดที่ 9 ถนนโยธา ตัดกับ ถนนสุรนารี										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สุรนารี (W)	A	A	2.2	3.5	16	17	0.30	0.31	55	53
สุรนารี (E)	B	A	11.9	4.5	56	41	1.04	0.77	36	48
โยธา (S)	B	B	10.7	19.9	10	13	0.19	0.24	35	26

จุดที่ 10 ถนนจอมสุรางค์ยาตร ตัดกับ ถนนโยธา										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมสุรางค์ยาตร (W)	F	F	219.5	143.2	315	194	5.85	3.61	7	10
จอมสุรางค์ยาตร (E)	A	A	5.5	1.2	60	50	1.11	0.93	53	58
โยธา (N)	A	B	6.7	13.3	13	18	0.24	0.33	40	30

จุดที่ 11 ถนนจักรี ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (W)	C	B	22.9	19.5	86	83	1.6	1.54	25	27
ทางหลวง 224 (E)	C	B	28.5	14.1	199	141	3.71	2.63	26	38
จักรี (S)	D	D	50.9	49.7	104	102	1.94	1.89	15	15

จุดที่ 12 ถนนสี่บศิริ ตัดกับ ถนนมุขมนตรี										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มุขมนตรี (W)	B	B	14.9	12.6	153	153	2.84	2.84	53	54
มุขมนตรี (E)	B	A	17.4	9.8	8	7	0.15	0.14	31	39
สี่บศิริ (S)	C	B	21.1	16.8	130	128	2.42	2.38	37	41

จุดที่ 13 ถนนมิตรภาพ ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (W)	F	F	84.2	133.5	324	32	6.03	9.39	23	17
ทางหลวง 224 (E)	F	C	160.7	33.4	804	76	14.95	9.14	20	42
มิตรภาพ (N)	F	F	165.0	106.4	482	14	8.97	8.47	5	8

จุดที่ 14 ห้าแยกประตูไชยณรงค์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ไชยณรงค์ (N)	B	B	13.6	18.9	27	29	0.50	0.54	29	32
พิบูลละเอียด (S)	F	D	96	91.4	71	67	1.32	1.25	9	10
ราชนุกูล (W)	C	B	20.2	18.9	30	65	0.56	0.56	43	44
ราชนุกูล (E)	E	D	64.1	46.6	72	30	1.35	1.21	27	32
เบญจรงค์ (SE)	F	F	91.8	83.1	76	66	1.41	1.22	6	7

จุดที่ 15 ถนนมิตรภาพ ตัดกับ ซอยลำโรงจันทร์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (E)	F	F	136	108.0	679	625	12.63	11.62	12	14
ทางหลวง 224 (W)	D	C	45.9	32.5	341	326	6.32	6.06	38	43
ลำโรงจันทร์ (N)	D	C	46	24.6	5	4	0.1	0.08	15	23
เสาชง (S)	F	F	164.3	117.3	77	67	1.43	1.24	12	15

จุดที่ 16 ถนนโพธิ์กลาง ตัดกับ ถนนโยธา										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
โพธิ์กลาง (W)	F	F	6.0	9.1	17	20	0.32	0.37	49	45
โพธิ์กลาง (E)	A	A	78.7	36.3	129	89	2.40	1.65	22	34
โยธา (N)	F	F	86.2	90.8	34	40	0.64	0.74	9	8
โยธา (S)	F	F	35.3	20.4	22	21	0.41	0.38	16	24

จุดที่ 17 ถนนจักรี ตัดกับ ถนนยมราช										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จักรี (N)	A	B	8.7	10.9	29	33	0.53	0.61	39	36
จักรี (S)	A	A	8.9	8.6	16	18	0.29	0.33	28	29
ยมราช (W)	B	C	19.2	21.4	20	27	0.38	0.36	27	25
ยมราช (E)	B	C	19.3	26.2	16	20	0.30	0.46	27	22

จุดที่ 18 ถนนมหาไถย ตัดกับ ถนนวัชรสุษดี										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มหาไถย (W)	B	A	15.2	7.1	38	37	0.71	0.69	42	50
มหาไถย (E)	B	B	16.3	10.8	26	24	0.48	0.44	31	37
วัชรสุษดี (N)	B	A	12	6.2	16	14	0.31	0.27	28	37
วัชรสุษดี (S)	A	A	9.1	6.8	43	45	0.80	0.84	43	46

จุดที่ 19 ถนนมนัส ตัดกับ ถนนจอมพล										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมพล (W)	B	B	10.8	11.4	10	10	0.18	0.19	36	38
จอมพล (E)	B	A	11.6	9.4	23	24	0.42	0.44	36	37
มนัส (N)	A	A	8.7	7.3	14	13	0.26	0.24	38	44
มนัส (S)	A	A	5.7	3.0	12	9	0.23	0.17	42	46

จุดที่ 20 ถนนไชยณรงค์ ตัดกับ ถนนสรรพสิทธิ์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สรรพสิทธิ์ (W)	B	C	26.4	34.5	70	70	1.23	1.30	58	50
สรรพสิทธิ์ (E)	E	E	14.6	21.7	69	17	0.29	0.31	42	37
ไชยณรงค์ (N)	C	C	20.9	15.0	28	23	0.56	0.43	19	24
ไชยณรงค์ (S)	D	D	13.3	6.1	43	24	0.51	0.44	38	38

จุดที่ 21 ถนนจักรี้ ตัดกับ ถนนจอมพล										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมพล (W)	B	A	12.1	8.4	19	18	0.36	0.34	36	34
จอมพล (E)	B	B	14.2	10.9	29	28	0.54	0.52	30	41
จักรี้ (N)	B	B	17.8	10.2	19	20	0.35	0.36	22	30
จักรี้ (S)	B	A	17.9	8.7	18	19	0.33	0.35	22	32

จุดที่ 22 ถนนจักรี้ ตัดกับ ถนนอัยญางค์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
อัยญางค์ (W)	B	C	16.2	20.6	21	22	0.39	0.41	30	26
อัยญางค์ (E)	B	B	13.8	19.5	13	14	0.24	0.26	31	26
จักรี้ (N)	B	B	10.6	13.5	22	24	0.42	0.44	26	24
จักรี้ (S)	B	B	10.4	11.9	16	17	0.30	0.31	29	26

จุดที่ 23 ถนนราชดำเนิน ตัดกับ ถนนจอมสุรางค์ยาตร										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมสุรางค์ยาตร (W)	C	C	26.5	21.5	44	122	2.32	2.27	24	27
จอมสุรางค์ยาตร (E)	C	C	34.9	21.9	40	79	1.47	1.46	21	24
ราชดำเนิน (S)	C	C	28.1	20.6	48	62	1.28	1.16	26	31

จุดที่ 24 ห้าแยกห้วยรถไฟ										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มุขมนตรี (W)	D	C	53.2	33.3	44	38	0.82	0.71	28	35
โพธิ์กลาง (E)	F	F	190.1	175.1	582	579	10.83	10.76	22	23
สุรนารี (NE)	F	F	136.1	79.3	96	71	1.79	1.32	12	15
จอมสุรางค์ยาตร (SE)	B	B	14.7	14.7	186	164	3.46	3.82	19	23
เดชอุดม (S)	F	F	139.0	101.9	242	206	4.49	3.05	10	13

จุดที่ 25 ถนนสุรนารี ตัดกับ ถนนบัวรอง										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สุรนารี (W)	A	B	8.3	12.1	30	34	0.55	0.64	8	8
สุรนารี (E)	F	F	184.0	179.5	304	251	5.66	4.66	41	36
บัวรอง (N)	F	F	109.6	150.8	79	98	1.46	1.83	46	38
บัวรอง (S)	A	B	8.4	16.4	8	10	0.16	0.18	5	4

จุดที่ 26 ถนนโพธิ์กลาง ตัดกับ ถนนบัวรอง										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
โพธิ์กลาง (W)	B	A	11.3	8.4	20	20	0.37	0.36	38	42
โพธิ์กลาง (E)	B	B	14.3	11.0	33	35	0.61	0.66	39	43
บัวรอง (N)	B	A	15.8	9.6	17	16	0.31	0.29	24	32
บัวรอง (S)	B	A	18	9.3	20	19	0.37	0.36	26	35

จุดที่ 27 ถนนราชดำเนิน ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (W)	F	E	115.5	70.6	250	195	4.64	3.63	8	13
ทางหลวง 224 (E)	F	D	111.8	53.4	393	298	7.31	5.54	19	30
ราชดำเนิน (S)	F	E	76.2	68.6	341	338	6.35	6.29	23	24
ประปา (N)	C	A	25.9	7.2	108	120	2.00	2.23	3	3

จุดที่ 28 ถนนจอมพล ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (N)	F	F	88.9	88.9	61	61	1.13	1.13	4	4
ทางหลวง 224 (S)	F	F	194.3	191.9	138	136	2.56	2.53	13	13
จอมพล (W)	F	F	216.9	214.6	399	401	7.43	7.45	15	15
จอมพล (E)	F	F	158.4	158.4	264	264	4.91	4.91	15	15

จุดที่ 29 ถนนมณีส ตัดกับ ถนนยมราช										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ยมราช (W)	B	B	13.1	16.2	23	27	0.43	0.50	34	30
ยมราช (E)	B	A	10.8	6.8	22	18	0.40	0.34	35	42
มณีส (N)	B	A	11.4	7.9	19	18	0.35	0.33	48	58
มณีส (S)	B	A	11.7	9.3	16	16	0.29	0.29	27	30

จุดที่ 30 ถนนมหาไถย ตัดกับ ถนนไชยณรงค์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มหาไถย (W)	C	C	32.3	25.3	43	44	0.81	0.82	41	40
มหาไถย (E)	B	B	28	18.3	20	24	0.36	0.45	38	39
ไชยณรงค์ (N)	B	A	13.6	9.5	26	24	0.49	0.44	27	34
ไชยณรงค์ (S)	B	A	12	8.1	22	19	0.41	0.35	27	34

จุดที่ 31 ถนนยมราช ตัดกับ ถนนประจักษ์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ยมราช (W)	C	D	32.3	35.8	44	45	0.82	0.84	37	36
ยมราช (E)	C	C	28.0	20.3	20	17	0.37	0.31	22	27
ประจักษ์ (N)	B	B	15.6	18.8	44	48	0.81	0.90	35	30
ประจักษ์ (S)	A	A	7.4	5.8	20	17	0.37	0.31	36	39

จุดที่ 32 ถนนราชดำเนิน ตัดกับ ถนนราชนุกูล										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ราชนุกูล (W)	F	F	236.2	240.1	249	240	4.63	4.47	11	11
ราชนุกูล (E)	C	C	17.4	24.3	40	50	0.74	0.93	42	38
ราชดำเนิน (N)	B	B	19.5	10.5	51	37	0.95	0.69	31	40
ราชดำเนิน (S)	F	F	198.4	193.5	185	168	3.44	3.12	3	3

จุดที่ 33 ถนนบัวรอง ตัดกับ ถนนจอมสุรางค์ยาตร										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมสุรางค์ยาตร (W)	B	B	11.3	12.5	38	42	0.71	0.77	39	38
จอมสุรางค์ยาตร (E)	B	B	13.7	11.1	66	56	1.22	1.05	40	43
บัวรอง (N)	B	B	10.2	16.5	13	21	0.24	0.39	34	27
บัวรอง (S)	B	B	13.8	17.6	10	12	0.19	0.22	45	42

จุดที่ 34 ถนนมนัส ตัดกับ ถนนอัยฎางค์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
อัยฎางค์ (W)	B	B	11.8	12.7	21	21	0.38	0.39	21	34
อัยฎางค์ (E)	B	A	12.2	6.2	20	16	0.38	0.30	20	43
มนัส (N)	B	A	12.7	8.8	19	16	0.35	0.30	19	31
มนัส (S)	A	A	8.4	8.1	14	14	0.27	0.25	14	33

ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบก่อนและหลังปรับปรุงความเหมาะสมรอบสัญญาณไฟจราจรจากโปรแกรม Synchro ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น
(17.00-8.00น.)

จุดที่ 1 ถนนมณัส ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (E)	B	B	19.1	10.7	161	45	3.00	0.83	14	34
ทางหลวง 224 (W)	B	B	42.9	12.0	59	80	1.09	1.49	27	36
มณัส (S)	C	C	18.2	26.0	93	53	1.74	0.99	10	22

จุดที่ 2 ถนนมิตรภาพ ตัดกับ ซอยสวายเรียง										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มิตรภาพ (E)	D	C	39.0	33.7	518	513	9.64	9.54	45	47
มิตรภาพ (W)	D	B	41.7	14.8	504	190	9.38	3.54	13	42
สวายเรียง (S)	E	C	70.1	34.6	18	18	0.33	0.34	23	29

จุดที่ 3 ถนนเดชอุดม ตัดกับ ถนนพิบูลละเอียด										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
เดชอุดม (W)	A	A	9.1	2.7	40	54	0.75	1.00	52	57
พิบูลละเอียด (N)	F	B	97.9	14.8	287	45	5.34	0.83	10	45
พิบูลละเอียด (S)	A	C	4.0	20.4	60	91	1.12	1.69	53	35

จุดที่ 4 ถนนไชยณรงค์ ตัดกับ ถนนจอมพล										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมพล (W)	C	C	30.7	26.2	21	30	0.38	0.57	27	23
จอมพล (E)	C	B	22.5	16.6	27	31	0.51	0.58	45	46
ไชยณรงค์ (N)	A	A	7.3	5.9	50	10	0.92	0.19	31	42
ไชยณรงค์ (S)	B	A	16.6	5.7	11	22	0.20	0.41	16	39

จุดที่ 5 ถนนประจักษ์ ตัดกับ ถนนอัยญางค์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
อัยญางค์ (W)	B	C	18.8	28.5	45	55	0.35	1.03	28	54
อัยญางค์ (E)	C	C	28.5	24.7	71	30	1.01	0.55	56	24
ประจักษ์ (N)	A	A	8.0	6.4	51	7	0.16	0.14	39	43
ประจักษ์ (S)	B	C	18.7	21.8	34	40	0.72	0.73	24	20

จุดที่ 6 ถนนสุรนารี ตัดกับ ถนนจันทร์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สุรนารี (W)	B	C	14.0	20.1	41	38	0.76	0.71	24	28
สุรนารี (E)	B	B	12.4	13.4	81	75	1.51	1.39	36	43
จันทร์ (N)	E	C	58.4	26.6	35	42	0.65	0.77	37	29

จุดที่ 7 ถนนสุรนารายณ์ ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (E)	A	A	8.8	10.0	134	76	2.50	1.42	13	35
ทางหลวง 224 (W)	F	F	134.5	102.0	414	271	7.70	5.04	14	24
สุรนารายณ์ (N)	F	F	166.0	126.4	242	211	4.49	3.92	5	6

จุดที่ 8 ถนนประจักษ์ ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (W)	E	C	63.6	29.4	177	81	3.28	1.52	10	19
ทางหลวง 224 (E)	E	D	64.4	48.5	84	134	1.57	2.49	19	15
ประจักษ์ (S)	F	E	91.6	72.6	69	59	1.28	1.10	8	9

จุดที่ 9 ถนนโยธา ตัดกับ ถนนสุรนารี										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สุรนารี (W)	A	A	2.8	2.4	27	26	0.50	0.48	53	52
สุรนารี (E)	A	A	9.6	2.6	47	25	0.87	0.46	30	52
โยธา (S)	A	A	9.1	7.0	12	11	0.21	0.21	37	41

จุดที่ 10 ถนนจอมสุรางค์ยาตร ตัดกับ ถนนโยธา										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมสุรางค์ยาตร (W)	F	F	206.7	124.7	358	187	6.66	3.48	6	11
จอมสุรางค์ยาตร (E)	A	A	5.0	1.2	48	39	0.89	0.73	52	58
โยธา (N)	A	B	8.0	15.4	15	20	0.27	0.37	40	28

จุดที่ 11 ถนนจักรี ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (W)	E	D	58.2	43.9	124	111	2.31	2.07	14	16
ทางหลวง 224 (E)	B	A	14.5	9.7	123	96	2.29	1.78	38	45
จักรี (S)	A	A	3.2	4.5	21	25	0.40	0.46	50	47

จุดที่ 12 ถนนสี่บศิริ ตัดกับ ถนนมุขมนตรี										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มุขมนตรี (W)	B	B	12.9	11.2	304	194	5.66	3.61	29	54
มุขมนตรี (E)	B	A	11.3	6.2	18	8	0.33	0.14	13	45
สี่บศิริ (S)	C	B	27.6	19.0	92	85	1.71	1.58	33	39

จุดที่ 13 ถนนมิตรภาพ ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (W)	E	F	78.1	118.3	600	539	11.16	10.02	12	18
ทางหลวง 224 (E)	F	B	149.5	16.4	313	357	5.81	6.65	52	50
มิตรภาพ (N)	F	D	147.0	38.5	342	178	6.37	3.31	86	17

จุดที่ 14 ห้าแยกประตูไชยณรงค์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ไชยณรงค์ (N)	B	B	16.8	17.4	40	31	0.74	0.61	16	26
พิบูลละเอียด (S)	D	D	50.4	44.9	28	33	0.53	0.57	20	17
ราชนุกูล (W)	B	B	19.1	17.3	34	31	0.63	0.59	24	45
ราชนุกูล (E)	C	B	31.2	17.0	94	62	1.74	1.15	40	45
เบญจรงค์ (SE)	D	D	49.0	40.8	32	31	0.59	0.57	15	13

จุดที่ 15 ถนนมิตรภาพ ตัดกับ ขอยตำโโรงจันทร์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มิตรภาพ (W)	F	F	174.2	121.0	768	711	14.28	13.22	20	24
มิตรภาพ (E)	F	D	82.3	53.0	437	288	8.12	5.36	14	23
ตำโโรงจันทร์ (N)	F	F	198.3	131.7	5	4	0.09	0.07	7	14
เสาชง (S)	D	C	39.2	20.7	159	92	2.95	1.71	14	26

จุดที่ 16 ถนนโพธิ์กลาง ตัดกับ ถนนโยธา										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
โพธิ์กลาง (W)	A	A	8.9	10.0	67	24	1.25	0.45	12	44
โพธิ์กลาง (E)	F	E	86.7	65.2	312	99	5.80	1.84	7	25
โยธา (N)	C	C	30.6	21.9	9	19	0.17	0.35	43	23
โยธา (S)	F	F	99.9	87.4	14	52	0.27	0.97	40	9

จุดที่ 17 ถนนจักรี ตัดกับ ถนนยมราช										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จักรี (N)	B	C	18.8	22.7	18	29	0.33	0.55	35	24
จักรี (S)	C	C	21.1	27.4	18	24	0.34	0.44	32	21
ยมราช (W)	A	A	7.7	8.3	24	15	0.44	0.27	16	29
ยมราช (E)	A	B	7.9	11.6	46	38	0.86	0.70	26	35

จุดที่ 18 ถนนมหาไถย ตัดกับ ถนนวัชรสุษดี										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มหาไถย (W)	B	A	11.9	4.5	31	26	0.57	0.48	42	53
มหาไถย (E)	B	A	13.7	8.8	22	18	0.40	0.34	31	40
วัชรสุษดี (N)	A	A	6.4	4.8	28	29	0.52	0.54	49	50
วัชรสุษดี (S)	B	A	14.1	9.1	17	20	0.32	0.38	29	32

จุดที่ 19 ถนนมนัส ตัดกับ ถนนจอมพล										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมพล (W)	A	A	8.9	6.2	11	11	0.21	0.20	43	43
จอมพล (E)	A	A	8.8	5.3	22	20	0.40	0.38	45	46
มนัส (N)	B	A	10.9	8.8	14	12	0.26	0.23	35	42
มนัส (S)	B	A	12.7	11.1	13	13	0.25	0.25	22	28

จุดที่ 20 ถนนไชยณรงค์ ตัดกับ ถนนสรรพสิทธิ์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สรรพสิทธิ์ (W)	B	B	12.9	19.7	39	46	0.73	0.86	90	66
สรรพสิทธิ์ (E)	C	C	23.7	25.6	30	36	0.56	0.68	47	34
ไชยณรงค์ (N)	B	A	13.2	8.4	35	25	0.64	0.46	25	50
ไชยณรงค์ (S)	C	C	27.6	22.7	88	36	1.63	0.68	5	18

จุดที่ 21 ถนนจักรี ตัดกับ ถนนจอมพล										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมพล (W)	B	A	16.8	9.8	47	22	0.87	0.40	14	39
จอมพล (E)	B	B	18.6	14.0	46	28	0.85	0.52	15	30
จักรี (N)	B	A	15.7	8.1	14	18	0.26	0.34	31	34
จักรี (S)	B	A	17.4	9.0	19	23	0.36	0.44	29	32

จุดที่ 22 ถนนจักรี ตัดกับ ถนนอัยสุวงศ์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
อัยสุวงศ์ (W)	D	D	42.6	39.5	56	36	1.04	0.68	11	17
อัยสุวงศ์ (E)	B	B	13.1	17.7	22	19	0.37	0.35	27	27
จักรี (N)	D	D	32.1	38.7	10	32	0.39	0.60	25	12
จักรี (S)	B	C	17.1	20.8	22	29	0.41	0.55	26	17

จุดที่ 23 ถนนราชดำเนิน ตัดกับ ถนนจอมสุรางค์ยาตร										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมสุรางค์ยาตร (W)	B	B	19.2	16.7	253	133	4.70	2.48	12	30
จอมสุรางค์ยาตร (E)	B	B	13.9	14.8	67	65	1.25	1.21	25	28
ราชดำเนิน (S)	C	C	33.3	26.8	43	47	0.82	0.88	28	27

จุดที่ 24 ห้าแยกห้วยรถไฟ										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มุขมนตรี (W)	D	D	54.5	40.5	46	45	0.85	0.84	31	32
โพธิ์กลาง (E)	F	F	162.4	145.2	644	588	11.99	10.93	22	25
สุรนารี (NE)	F	D	174.7	37.9	326	101	1.76	1.87	17	26
จอมสุรางค์ยาตร (SE)	E	F	76.6	120.4	514	110	1.59	2.04	27	13
เดชอุดม (S)	F	E	94.9	78.4	879	222	2.79	4.03	29	19

จุดที่ 25 ถนนสุรนารี ตัดกับ ถนนบัวรอง										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สุรนารี (W)	A	A	6.6	5.3	30	26	0.55	0.49	44	46
สุรนารี (E)	F	F	166.4	95.6	239	151	4.45	2.80	9	13
บัวรอง (N)	C	F	23.1	88.0	18	51	0.34	0.95	20	6
บัวรอง (S)	B	C	12.5	29.2	10	15	0.19	0.27	42	30

จุดที่ 26 ถนนโพธิ์กลาง ตัดกับ ถนนบัวรอง										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
โพธิ์กลาง (W)	B	B	12.8	10.3	24	23	0.45	0.42	34	39
โพธิ์กลาง (E)	B	B	14.6	11.1	44	36	0.82	0.66	29	42
บัวรอง (N)	B	A	16.2	7.6	13	10	0.25	0.18	30	39
บัวรอง (S)	B	A	17.2	7.5	18	16	0.33	0.29	25	35

จุดที่ 27 ถนนราชดำเนิน ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (W)	F	F	113.3	97.1	133	250	2.48	4.64	23	10
ทางหลวง 224 (E)	F	E	103.7	72.9	511	351	9.51	6.54	16	25
ราชดำเนิน (S)	C	B	21.0	13.4	107	26	2.00	0.48	3	16
ประปา (N)	F	F	103.9	88.0	420	371	7.82	6.91	17	21

จุดที่ 28 ถนนจอมพล ตัดกับ ทางหลวง 224										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (N)	D	C	39.6	34.8	13	18	0.24	0.33	16	10
ทางหลวง 224 (S)	F	F	156.2	134.7	67	94	1.25	1.75	25	17
จอมพล (W)	F	F	144.1	128.8	442	266	8.22	4.95	10	18
จอมพล (E)	F	F	194.3	180.2	536	371	9.97	6.90	11	17

จุดที่ 29 ถนนมณีส ตัดกับ ถนนยมราช										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ยมราช (W)	B	B	15.3	14.2	28	31	0.52	0.58	34	32
ยมราช (E)	A	A	9.8	5.0	22	19	0.40	0.35	39	45
มณีส (N)	B	A	14.5	8.5	17	14	0.32	0.26	22	31
มณีส (S)	B	A	13.7	7.8	23	14	0.42	0.26	40	58

จุดที่ 30 ถนนมหาไถย ตัดกับ ถนนไชยณรงค์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มหาไถย (W)	C	C	25.5	28.9	37	38	0.69	0.71	40	38
มหาไถย (E)	C	C	20.3	20.0	22	27	0.42	0.51	38	38
ไชยณรงค์ (N)	B	A	10.6	6.5	21	18	0.38	0.33	30	38
ไชยณรงค์ (S)	B	A	12.9	7.3	27	27	0.51	0.50	29	38

จุดที่ 31 ถนนยมราช ตัดกับ ถนนประจักษ์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ยมราช (W)	D	D	47.5	48.9	75	45	0.69	0.84	43	31
ยมราช (E)	C	B	21.5	18.7	54	16	0.27	0.30	32	28
ประจักษ์ (N)	A	A	6.1	7.1	44	21	0.46	0.39	32	36
ประจักษ์ (S)	C	B	33.3	10.1	15	42	2.55	0.78	8	46

จุดที่ 32 ถนนราชดำเนิน ตัดกับ ถนนราชนุกูล										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ราชนุกูล (W)	F	F	263.0	225.3	478	403	8.89	7.50	8	11
ราชนุกูล (E)	B	A	14.2	8.1	26	233	0.47	0.43	40	50
ราชดำเนิน (N)	F	F	277.4	274.0	256	399	4.76	7.42	3	2
ราชดำเนิน (S)	F	F	248.2	222.9	66	220	1.23	4.09	17	5

จุดที่ 33 ถนนบัวรอง ตัดกับ ถนนจอมสุรางค์ยาตร										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมสุรางค์ยาตร (W)	D	C	51.1	29.2	97	63	1.81	11.17	16	25
จอมสุรางค์ยาตร (E)	B	B	12.3	11.7	49	48	0.91	0.89	41	42
บัวรอง (N)	B	B	15.6	18.4	7	9	0.14	0.17	47	42
บัวรอง (S)	D	D	40.4	40.0	24	40	0.45	0.74	26	15

จุดที่ 34 ถนนมนัส ตัดกับ ถนนอัยฎางค์										
ถนน	LOS		Delay (Sec)		Fuel (L)		CO (Kg)		Speed (Km/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
อัยฎางค์ (W)	A	A	8.2	5.5	29	20	0.54	0.38	32	45
อัยฎางค์ (E)	A	A	8.4	6.5	27	21	0.50	0.39	29	43
มนัส (N)	B	B	15.2	9.6	12	14	0.23	0.26	30	30
มนัส (S)	B	B	15.7	13.2	10	16	0.19	0.30	29	25

ภาคผนวก ซ

ขั้นตอนการปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรของโปรแกรม

aaSidra และ Synchro

ซ.1 ขั้นตอนการปรับปรุงความเหมาะสมรอบเวลาสัญญาณไฟจราจร (Step of optimization)

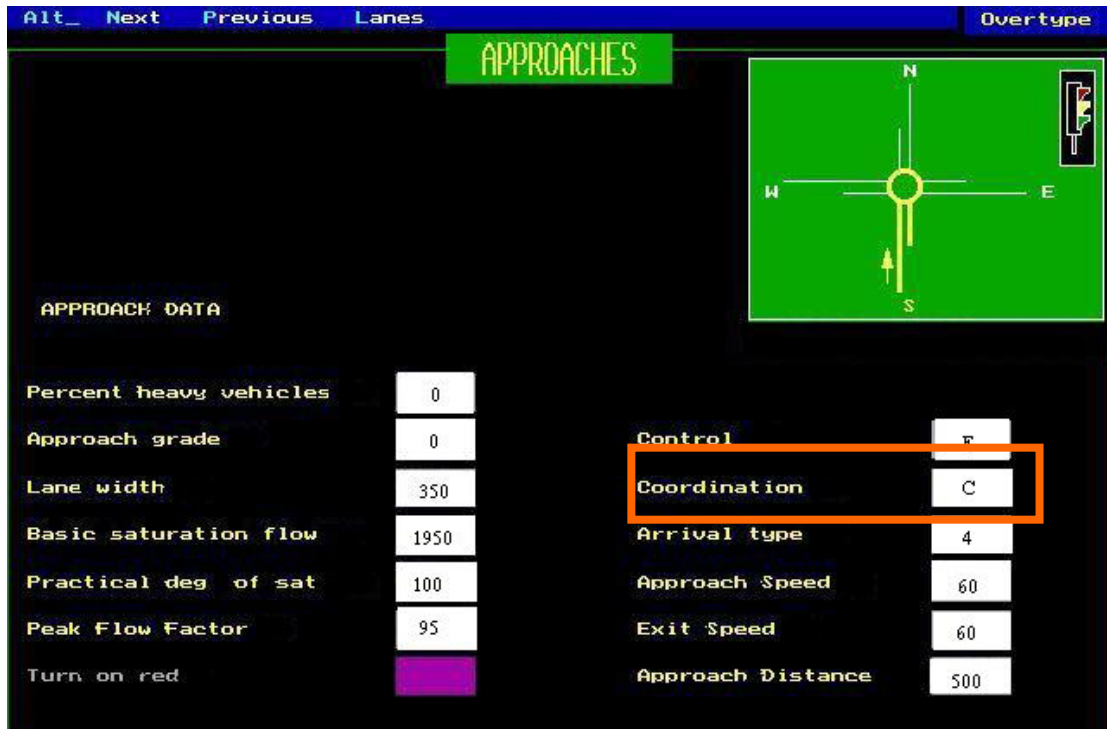
ขั้นตอนนี้เป็นการคำนวณหาค่ารอบเวลาสัญญาณไฟจราจรบนทางแยกและโครงข่ายให้มีประสิทธิภาพของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ aaSidra และ Synchro

ซ.1.1 ขั้นตอนการคำนวณความเหมาะสมของรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรของโปรแกรม aaSidra

ปรับเปลี่ยนและแบ่งช่วงความยาวรอบสัญญาณไฟเขียวให้มีความเหมาะสมสามารถทำได้โดยเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ช่องของเวลาสัญญาณไฟจากตัวเลขปกติเปลี่ยนเป็นค่า P โปรแกรมจะทำการหาสัญญาณไฟจราจรอัตโนมัติ ดังรูปที่ ซ.1 หลังจากนั้นทำการเลือกหัวข้อช่องทาง (approach) เปลี่ยนค่าช่องการเชื่อมต่อสัญญาณไฟทางแยก (connection) เปลี่ยนจากค่าไม่เชื่อมต่อ (ค่า N) เปลี่ยนเป็นการเชื่อมต่อ (ค่า C) ดังรูปที่ ซ.2 เมื่อเปลี่ยนค่าแล้วโปรแกรมจะคำนวณความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรให้อัตโนมัติโดยสอดคล้องกับค่าความล่าช้า, มลพิษ, การเผาผลาญเชื้อเพลิงและดัชนีพฤติกรรมที่น้อยสุด



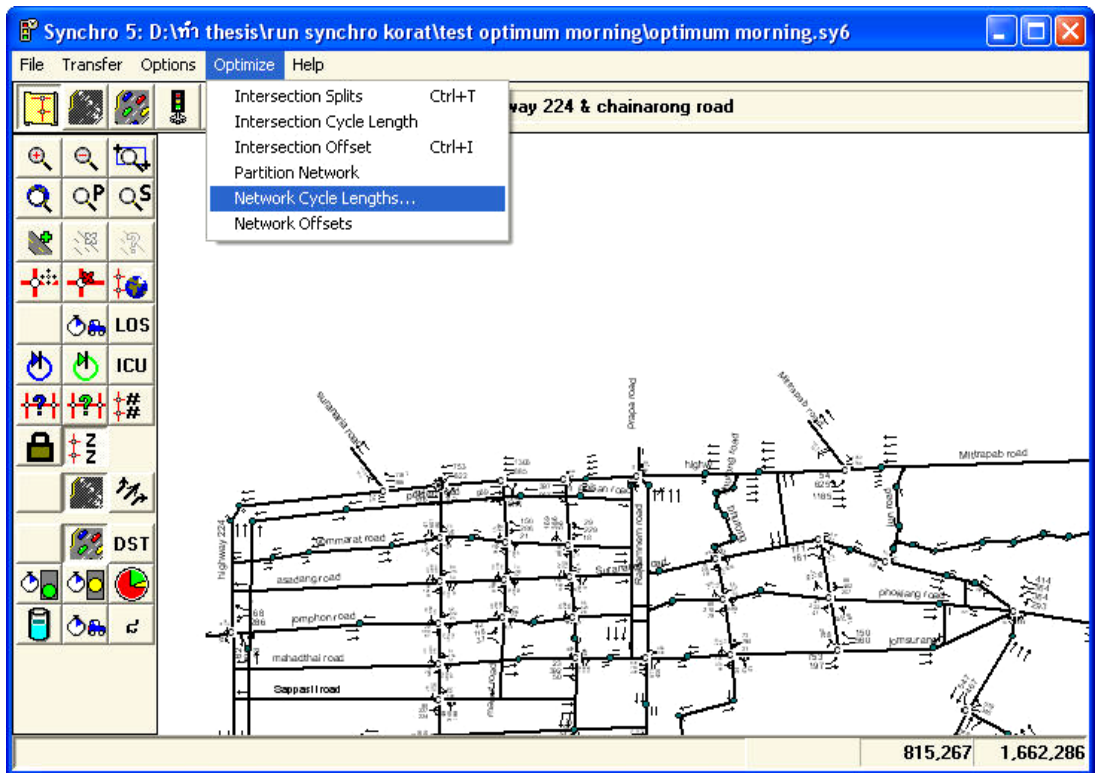
รูปที่ ซ.1 การตั้งค่าโปรแกรมคำนวณความยาวรอบสัญญาณไฟจราจรอัตโนมัติของโปรแกรม aaSidra



รูปที่ ซ.2 การตั้งค่าเชื่อมต่อทางแยกสัญญาณไฟจราจรของโปรแกรม aaSidra

ซ1.2 ขั้นตอนการคำนวณความเหมาะสมของรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรของโปรแกรม Synchro

แบ่งระดับวิเคราะห์ออกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับทางแยกและโครงข่าย สรุปลงฟังก์ชันและรายละเอียดขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ ซ.3 และตารางที่ ซ.1 นอกจากนี้ Husch, D., Albeck, J. (2003) แนะนำวิธีการหาความเหมาะสมรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรที่ดีที่สุด 4 ขั้นตอน ได้แก่ ความยาวรอบสัญญาณไฟและแบ่งช่วงเวลา (ทางแยก), แบ่งส่วนของพื้นที่ (โครงข่าย), ความยาวรอบสัญญาณไฟ (โครงข่าย), การเหลื่อมล้ำสัญญาณไฟเขียวและลำดับสัญญาณไฟ (โครงข่าย) ดังรูปที่ ซ.4



รูปที่ ข.3 วิธีการเลือกฟังก์ชันปรับความเหมาะสมรอบเวลาสัญญาณไฟของโปรแกรม Synchro

ตารางที่ ข.1 สรุปประเภทและรายละเอียดขั้นตอนปรับปรุงความเหมาะสมสัญญาณไฟ

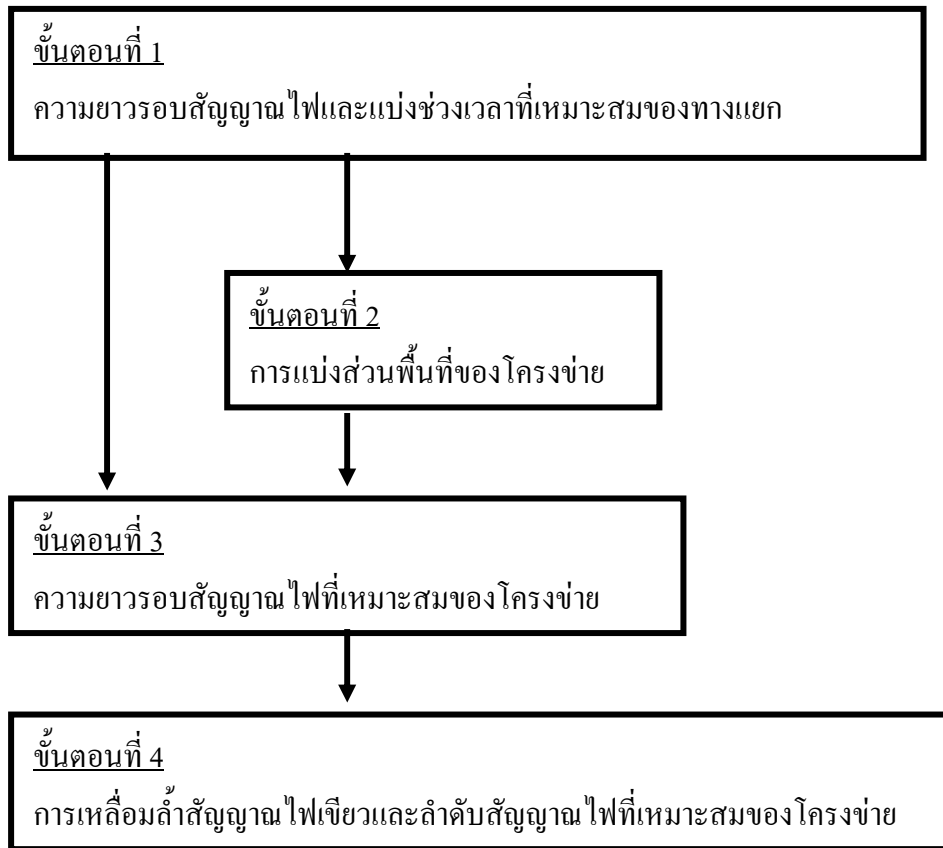
จราจร (Husch, D., Albeck, J., 2003)

ประเภทการปรับเปลี่ยนความเหมาะสม	ขอบเขต	ความเหมาะสม	ค่าจำเป็นสำหรับใส่ข้อมูล
ความยาวสัญญาณไฟจราจร	ทางแยก	ความยาวรอบสัญญาณไฟ, แบ่งช่วงเวลา	ปริมาณจราจร, ช่องทาง, เวลาสัญญาณไฟคงที่
การแบ่งช่วงเวลา	ทางแยก	แบ่งช่วงเวลา	ปริมาณจราจร, ช่องทาง, ช่องเลี้ยวซ้ายเฉพาะ, ความยาวรอบสัญญาณไฟ, เวลาสัญญาณไฟคงที่

ตารางที่ ๗.1 สรุปประเภทและรายละเอียดขั้นตอนปรับปรุงความเหมาะสมสัญญาณไฟ

จรรยา (ต่อ) (Husch, D., Albeck, J., 2003)

ประเภทการ ปรับเปลี่ยนความ เหมาะสม	ขอบเขต	ความเหมาะสม	ค่าจำเป็นสำหรับใส่ ข้อมูล
การแบ่งส่วนพื้นที่ ของโครงข่าย	โครงข่าย	เขตพื้นที่	ปริมาณจราจร, ช่องทาง, เวลาสัญญาณไฟคงที่
ความยาวสัญญาณ ไฟจราจร	โครงข่าย หรือ เขตพื้นที่	ความยาวรอบ สัญญาณไฟ, แบ่งช่วงเวลา, การเหลื่อมล้ำสัญญาณ ไฟเขียว, ลำดับ ก่อน/ หลัง	ปริมาณจราจร, ช่องทาง, เวลาสัญญาณไฟคงที่
การเหลื่อมล้ำ สัญญาณไฟเขียว	ทางแยก	การเหลื่อมล้ำสัญญาณ ไฟเขียว, ลำดับ ก่อน/ หลัง	ปริมาณจราจร, ช่องทาง, เวลาสัญญาณไฟคงที่, ความยาวรอบ สัญญาณไฟ, แบ่งช่วงเวลา
การเหลื่อมล้ำ สัญญาณไฟเขียวและ ลำดับสัญญาณไฟ	โครงข่าย หรือ เขตพื้นที่	การเหลื่อมล้ำสัญญาณ ไฟเขียว, ลำดับ ก่อน/ หลัง	ปริมาณจราจร, ช่องทาง, เวลาสัญญาณไฟคงที่, ความยาวรอบ สัญญาณไฟ, แบ่งช่วงเวลา



รูปที่ ซ.4 ขั้นตอนการปรับปรุงความเหมาะสมรอบเวลาสัญญาณไฟจราจรของโปรแกรม Synchro

ขั้นตอนที่ ซ.1.2.1 ความยาวรอบสัญญาณไฟการแบ่งช่วงเวลาที่เหมาะสมของทางแยก (optimize-intersection cycle length and splits)

หลักการของปริมาณจราจรวิกฤตเป็นหลักแสดงในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ไทล์ ทำการตรวจสอบหาความเหมาะสม ถ้าอัตราส่วนค่าปริมาณจราจรต่อค่าความจุถนนมากกว่า 1 จะใช้หลักการหาค่าดัชนีพฤติกรรมที่ต่ำสุด

การเลือกความยาวรอบสัญญาณไฟที่เหมาะสมของทางแยก (optimize-intersection cycle length) จะเลือกรอบสัญญาณไฟที่มีค่าดัชนีพฤติกรรมต่ำสุดอยู่ในรูปค่าปริมาณจราจรวิกฤตในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ไทล์ สำหรับค่าดัชนีพฤติกรรมสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$PI = \frac{(D * 1) + (S_t * 10) + (QP * 100)}{3600} \quad (ซ.1)$$

<i>PI</i>	คือ	ค่าดัชนีพฤติกรรม
<i>D</i>	คือ	ค่าความล่าช้ารอบเวลาที่แตกต่างกันในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ไทล์ เช่น 90 th , 70 th เป็นต้น
<i>St</i>	คือ	จำนวนยานพาหนะที่หยุดต่อชั่วโมง
<i>QP</i>	คือ	แถวคอยที่เป็นผลกระทบของยานพาหนะ

ตารางที่ ข.2 ค่าความยาวรอบสัญญาณไฟที่เหมาะสมของทางแยกสัมพันธ์กับค่าจราจรวิกฤตในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ไทล์

ความยาวสัญญาณไฟ (วินาที)	ปริมาณจราจรวิกฤต (เปอร์เซ็นต์ไทล์)
0 - 60	90th
61 - 90	70 th
91 ขึ้นไป	50 th ($v/c > 1$)

การแบ่งช่วงเวลาที่เหมาะสมของทางแยก (optimize-intersection splits) โดยปกติจะปรับแก้เฟสอัตโนมัติสำหรับทุกเฟส เวลาที่แบ่งจะใช้พื้นฐานของกลุ่มปริมาณจราจรต่ออัตราส่วนปรับแก้การไหลอิมตัว การตั้งค่าจะทำการตั้งค่าเข้ากับค่าที่น้อยที่สุดของการแบ่งเวลาไฟเขียวสำหรับทุกเฟส

ขั้นตอนที่ ข.1.2.2 การแบ่งส่วนพื้นที่ของโครงข่าย (partition network)

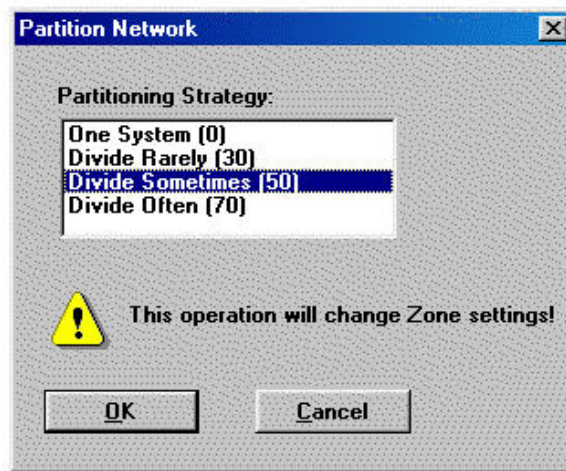
ส่วนของพื้นที่ที่โครงข่ายสามารถแบ่งกำหนดเป็นพื้นที่เดียวกันหรือแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณสภาพการจราจรหรือความยาวรอบเวลาสัญญาณไฟที่แตกต่างกัน การแบ่งพื้นที่มีหลักการดังต่อไปนี้

การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนเดียวกันทั้งหมด (one system)

- อุปกรณ์ควบคุมไม่สนับสนุนระบบที่หลากหลาย
- ทางแยกที่จะรวมเข้าด้วยกันน้อยกว่า 500 ฟุต (152.4 เมตร)

การแบ่งออกเป็นหลาย ๆ พื้นที่ (multiple system)

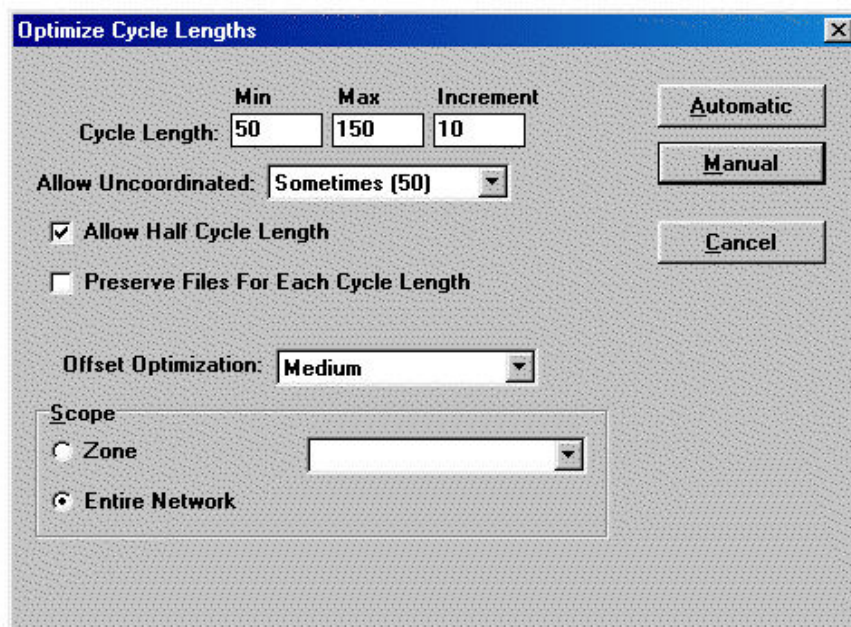
- ต้องเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่และแบ่งส่วนพื้นที่ออกได้เป็นหลาย ๆ ส่วน
- ภายในพื้นที่ทำการศึกษาดูต้องมีปริมาณจราจรที่แตกต่างกันภายใน เช่น บริเวณใจกลางเมือง (center business district) มีระบบควบคุมสัญญาณไฟที่แตกต่างกัน



รูปที่ ข.5 วิธีการแบ่งส่วนต่าง ๆ ของพื้นที่โครงข่ายจราจร

ขั้นตอนที่ ข.1.2.3 ความยาวรอบสัญญาณไฟของโครงข่ายจราจรที่เหมาะสม
ของโครงข่าย (optimize-network cycle length)

ขั้นตอนนี้ผู้ที่ทำการควบคุมสามารถกำหนดตั้งเวลาการควบคุมตั้งแต่
ค่าน้อยที่สุด, มากที่สุด และการเพิ่มเวลาของความยาวรอบสัญญาณไฟได้ดังรูปที่ ข.6



รูปที่ ข.6 ขั้นตอนการกำหนดค่าการตั้งเวลาค่าน้อยที่สุด, มากที่สุด และ
การเพิ่มขึ้นของความยาวรอบสัญญาณไฟ

หลักการคิดของค่าดัชนีพฤติกรรม (performance index) และตัวชี้วัดประสิทธิภาพ (measure of effectiveness) ที่มีค่าน้อยสุดเป็นตัวหลัก ดังแสดงรูปที่ ซ.7

Cycle Length	Perform Index	Total Delay (hr)	Delay / Veh (s)	Total Stops	Stops / Veh	Fuel (gal)	Queue Penalty
110	300	181	54	14676	1.22	391	102
120	206	129	39	12338	1.03	341	130
130	126	82	25	9850	0.82	292	155
140	85	61	18	8284	0.69	268	179
150	59	41	12	6118	0.51	242	202

Zone: [all]

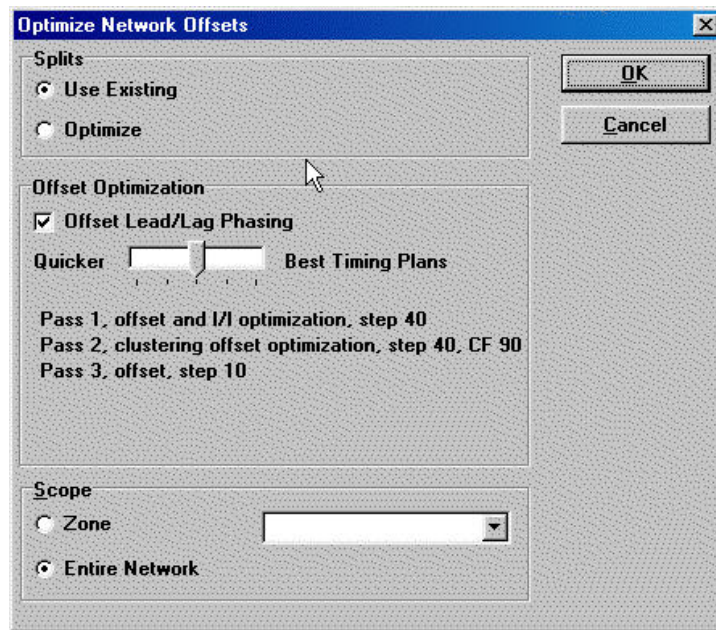
OK Cancel

Cycle Length: 150
 Number of intersections: 4
 Uncoordinated: 0
 Half Cycled: 0
 Locked Other: 0

รูปที่ ซ.7 การเลือกความยาวรอบสัญญาณไฟโดยใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่มีค่าน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ ซ.1.2.4 การเหลื่อมล้ำของสัญญาณไฟเขียวและลำดับสัญญาณไฟที่เหมาะสมของโครงข่ายจราจร (optimize-network offset and phase orders)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการปรับปรุงความเหมาะสมของการเหลื่อมล้ำสัญญาณไฟเขียวของโครงข่ายจะอ้างอิงถึงค่าความล่าช้าน้อยที่สุดของโครงข่ายจะใช้เปอร์เซ็นต์ไทม์ที่ 50 และ 90 เท่านั้น ค่าความล่าช้าเริ่มต้นจะเปลี่ยนทุก ๆ 8 วินาทีของรอบสัญญาณไฟ ขั้นตอนแสดงระดับทางเลือกวิเคราะห์ของการเหลื่อมล้ำสัญญาณไฟเขียวและลำดับสัญญาณไฟ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ ซ.8 และรายละเอียดระดับทางเลือกได้ตามตารางที่ ซ.2



รูปที่ ๗.8 ทางเลือกระดับวิเคราะห์ของการเหลื่อมล้ำของสัญญาณไฟเขียว และลำดับสัญญาณไฟ

ตารางที่ ๗.3 รายละเอียดระดับทางเลือกของการเหลื่อมล้ำสัญญาณไฟเขียวและลำดับสัญญาณไฟ (Husch, D., Albeck, J., 2003)

ระดับทางเลือกหาจุดเริ่มต้นสัญญาณไฟเขียว	อธิบายขั้นตอนระดับการเลือก
รวดเร็ว	การเพิ่มขึ้นของการเหลื่อมล้ำสัญญาณไฟเขียวและลำดับเฟสสัญญาณไฟ, ขั้นตอนที่ 4
ปานกลาง	การเพิ่มขึ้นของการเหลื่อมล้ำสัญญาณไฟเขียวและลำดับเฟสสัญญาณไฟ, ขั้นตอนที่ 4 การรวมกลุ่มของการเหลื่อมล้ำสัญญาณไฟเขียวที่เหมาะสม, ขั้นตอนที่ 2 การเพิ่มขึ้นของการเหลื่อมล้ำสัญญาณไฟเขียว, ขั้นตอนที่ 4

ตารางที่ ซ.3 รายละเอียดระดับทางเลือกของการเชื่อมต่อสัญญาณไฟเขียวและลำดับสัญญาณไฟ
(ต่อ) (Husch, D., Albeck, J., 2003)

ระดับทางเลือกหาจุดเริ่มต้นสัญญาณไฟเขียว	อธิบายขั้นตอนระดับการเลือก
<p>ละเอียด</p>	<p>การเพิ่มขึ้นของการเชื่อมต่อสัญญาณไฟเขียวและลำดับเฟสสัญญาณไฟ, ขั้นตอนที่ 2</p> <p>การรวมกลุ่มของการเชื่อมต่อสัญญาณไฟเขียวที่เหมาะสม, ขั้นตอนที่ 2</p> <p>การเพิ่มขึ้นของการเชื่อมต่อสัญญาณไฟเขียว, ขั้นตอนที่ 1</p>

ประวัติผู้เขียน

นายศิวกิจ เสรีรัตนสกุล เกิดเมื่อวันที่ 28 พฤษภาคม พ.ศ. 2524 ที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เริ่มการศึกษาระดับประถมศึกษา ที่โรงเรียนเล็กโกเมศอนุสรณ์, ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย ที่โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ หอวัง นนทบุรี จังหวัดนนทบุรี ปีการศึกษา 2547 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ขณะศึกษาอยู่ได้ทำงานเป็นผู้ช่วยวิจัยในโครงการวิจัย เรื่อง โครงการบ่งชี้ระบบควบคุมจราจรที่เหมาะสมในจังหวัด นครราชสีมา (**Identification of Suitable Traffic Control System for Nakhon Ratchasima Province**) และผู้ช่วยสอนห้องปฏิบัติการทดสอบวัสดุงานทาง (Highway Materials Testing Laboratory)