รหัสโครงการ SUT7-704-46-12-31

รายงานการวิจัย

โครงการวิจัยบ่งชี้ระบบควบคุมจราจรที่เหมาะสมในจังหวัดนครราชสีมา

(Identification of Suitable Trsffic Control system for Nakhonrajsima Province)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมประสงค์ สัตยมัลลี

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

นาย ศิวกิจ เสรีรัตนสกุล

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2546

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

พฤศจิกายน 2549

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

การดำเนินการโครงการวิจัยเรื่อง"โครงการวิจัยบ่งชี้ระบบควบคุมจราจรที่เหมาะสมในจังหวัดนครราชสีมา"ได้รับงบประมาณเป็นทุนอุดหนุนการวิจัยทั้งหมดจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีประจำปี 2546 ความสำเร็จของโครงการวิจัยนี้ ได้รับความร่วมมือจนสำเร็จลุล่วงจากบุคคลต่อไปนี้

1. ดร. ถิรยุทธ ลิมานนท์ อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิศวกรรมศาสตร์ ที่ช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในระหว่างการดำเนินการวิจัย

2. นาย ศิวกิจ เสรีรัตนสกุล นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมขนส่ง ที่ช่วยดำเนินการทดสอบและประมวลผลข้อมูล

ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคคลดังกล่าวทุกท่านที่มีส่วนสนับสนุนให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ดร. สมประสงค์ สัตยมัลลี

หัวหน้าโครงการวิจัย

กันยายน 2549

บทคัดย่อ

จากการเติบโตของเศรษฐกิจในช่วงปีที่ผ่านมาส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณจราจรทุกๆปี จากปี 2543 ถึงปี 2547 โดยมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นถึง 130,000 คันต่อปี ส่งผลกระทบทางด้านการจราจรอันเนื่องมาจากปริมาณรถที่เพิ่มขึ้น ขณะที่การเพิ่มความยาวของถนนมีแนวโน้มว่าจะคงที่ ดังนั้น การจัดระบบการจราจรเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถพัฒนาระบบเพื่อรองรับปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งสามารถลดความล่าช้าในการเดินทาง (Delay) และมลพิษที่เกิดขึ้นจากการจราจรติดขัด (Traffic Congestion) จังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการเจริญเติบโตของสภาพเศรษฐกิจและสังคม ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณจราจรบนโครงข่ายถนน การนำเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรมาใช้ควบคุมจราจรเป็นมาตรการระยะสั้น ซึ่งในระยะยาวการจัดการจราจรแบบยั่งยืนจะต้องใช้ระบบที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสม วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อประเมินสถานการณ์การจัดระบบการจราจรบนโครงข่ายในจังหวัดนครราชสีมา ด้วยการประยุกต์ใช้ชุดข้อมูลคำสั่งคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาหาระบบการจัดการจราจรที่เหมาะสมโดยการเปรียบเทียบผลการจัดการด้วยวิธีการต่างๆและสามารถนำระบบที่พัฒนาได้มาประยุกต์ใช้กับพื้นที่ใกล้เคียงได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

Abstract

During the last several years, economic improvements cause an increase in traffic volume every year from the year 2000 to 2004. There is an increase of 130,000 vehicles per year resulting in negative impact on traffic condition while road length is almost remaining the same. Therefore traffic management is one of the solutions developed to handle a constant increase of traffic volume leading to reduce delay and pollution related to traffic congestion. Nakhonrajsima province also cannot avoid the aforementioned problem due to its economic growth. By utilizing traffic police in managing traffic at an intersection is not a sustainable solution for long term plan. An effective and suitable method is a solution to fix the crisis. The main objective of this study is to evaluate traffic management plan on Nakhonrajsima road network using computer program for searching for suitable traffic control plan by comparing several traffic control plans and employs a suitable one with neighboring area with effective and suitability.

สารบัญ

(Contents)

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 2

บทที่ 2 หลักการ ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทั่วไปของโปรแกรมซอฟแวร์คอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการคำนวณเวลาในการออกแบบระบบไฟสัญญาณควบคุมการจราจร 3

2.2 ทฤษฎีการวิเคราะห์การออกแบบสัญญาณไฟจราจร 3

2.2.1 รอบเวลาสัญญาณไฟ 3

2.2.2 เวลาล่าช้าของการเริ่มต้นและสุดท้าย 4

2.2.3 การสูญเปล่าของการเคลื่อนที่ 5

2.2.4 การเคลื่อนที่วิกฤต 6

2.2.5 เวลาสูญเปล่าของทางแยก 7

2.3 ทฤษฎีการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของทางแยกที่ควบคุมด้วยสัญญาณไฟ 7

2.3.1 การพิจารณาการเคลื่อนที่ 7

2.3.2 ความล่าช้า 8

2.4 ทฤษฎีการเผาผลาญเชื้อเพลิงและ การปลดปล่อยของมลพิษของยานพาหนะ 8

2.4.1 ช่วงที่รถหยุด 13

2.4.2 ช่วงที่รถแล่น 14

2.4.3 ช่วงที่รถเกิดความเร่ง 15

2.4.4 ช่วงที่รถเกิดความหน่วงหรือเบรก..... 16
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย
3.1 การวางแผนระเบียบวิธีการวิจัยเบื้องต้น..... 17
3.2 การศึกษา..... 17
3.3 การสำรวจ..... 17
3.4 การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล..... 18
บทที่ 4 ผลการทดสอบ
4.1 ผลการทดสอบ..... 21
บทที่ 5 สรุปผล ข้อเสนอแนะ และแนวทางการศึกษาต่อเนื่อง
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 57
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 57
5.3 แนวทางการศึกษาต่อเนื่อง..... 57
บรรณานุกรม..... 58
ภาคผนวก ก. ตัวอย่างข้อมูลการทดสอบการวิเคราะห์การจราจรในระดับมหภาค
โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Sidraในการวิเคราะห์จราจรก่อนปรับปรุง
สัญญาณไฟจราจร..... 59
ภาคผนวก ข. ตัวอย่างข้อมูลการทดสอบการวิเคราะห์การจราจรในระดับมหภาค
โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Sidraในการวิเคราะห์จราจรหลังปรับปรุง
สัญญาณไฟจราจร..... 63
ภาคผนวก ค. แสดงตัวอย่างเปรียบเทียบค่าปริมาณก๊าซมลพิษ อัตราการสิ้นเปลือง
น้ำมันก่อนและหลังการปรับปรุงของทางแยกที่ทำการศึกษา..... 67
ประวัติผู้วิจัย..... 78

สารบัญตาราง

(List of tables)

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงพารามิเตอร์สำหรับการประมาณการใช้เชื้อเพลิงและการปลดปล่อยของมลพิษ	9
2.2 แสดงข้อมูลสำหรับรถยนต์ขนาดเบาและหนักของโปรแกรม SIDRA	10
2.2 แสดงข้อมูลสำหรับรถยนต์ขนาดเบาและหนักของโปรแกรม SIDRA (ต่อ)	11
2.3 แสดงค่าตั้งต้น (Default) ของการจำลองพารามิเตอร์ราคามาตรฐานของโปรแกรม SIDRA	12
4.1 ผลการทดสอบก่อนและหลังปรับแก้รอบสัญญาณไฟจราจรจากโปรแกรม aaSidra ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า (7.30-8.30น.)	22
4.2 ผลการทดสอบก่อนและหลังปรับแก้รอบสัญญาณไฟจราจรจากโปรแกรม aaSidra ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น (17.00-18.00น.)	39
4.3 สรุปปริมาณก๊าซก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(co_2) และการเผาผลาญเชื้อเพลิงของยานพาหนะใน ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น	56

สารบัญภาพ

(List of Figures)

รูปที่ คำอธิบาย	หน้า
2.1 แสดงรอบเวลาสัญญาณไฟ	4
2.2 แสดงเวลาล่าช้าของการเริ่มต้นและสุดท้าย	5
2.3 การสูญเปล่าของการเคลื่อนที่	5
2.4 แสดงวัฏจักรการจำลองการขับขี่ของยานพาหนะ	8
3.1 พื้นที่ศึกษาโครงข่ายจราจรในเขตเทศบาลนคร นครราชสีมา	19
3.2 แสดงแนวทางการดำเนินการวิจัย	20

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์

c = รอบเวลาสัญญาณไฟ

I = เวลาระหว่างไฟเขียว

G = เวลาแสดงไฟเขียว

a = ผลรวมของเวลาช่วง Intergreen บวกกับเวลาที่สูญเสียช่วงเริ่มต้น

b = เวลาล่าช้าของการสิ้นสุด

I = เวลาระหว่างไฟเขียว

ee' = เวลาล่าช้าของการเริ่มต้น

ff' = เวลาล่าช้าการสิ้นสุด

ℓ = เวลาสูญเปล่าของการเคลื่อนที่

g = เวลาไฟเขียวประสิทธิภาพ สำหรับการเคลื่อนที่วิกฤต

Q = ความจุ

S = ปริมาณจราจรอิ่มตัว

u = อัตราส่วนของเวลาไฟเขียว

y = อัตราส่วนการไหล

x = ระดับความอิ่มตัวของการเคลื่อนที่

UD = ความล่าช้าเฉลี่ยสม่ำเสมอต่อคัน

f_i = สมมติการใช้เชื้อเพลิง หรือ อัตราการปล่อยมลพิษ

d_i = เวลาที่รถหยุด

E = ขนาดของเครื่องยนต์

f_c = สมมติการใช้เชื้อเพลิงขณะขับรถหรืออัตราการปล่อยก๊าซต่อหน่วยระยะทาง

v_c = ความเร็วแล่นเฉลี่ย

A,B = เป็นพารามิเตอร์เกี่ยวกับการต้านทานการลื่นไถล

β_1, β_2 = เป็นพารามิเตอร์ประสิทธิภาพ

M = มวลของรถ

Gr = ความชันถนน

E_{k+} = ค่าผลรวมของการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์

v_f, v_i = ค่าความเร็วสุดท้ายและความเร็วเริ่มต้น

L_a = ค่าระยะทางความเร่งและลดความเร่ง

t_a = เวลาที่ใช้ในความเร่งและลดความเร่ง

บทที่1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

จากการเจริญเติบโตของจังหวัดนครราชสีมาที่เพิ่มขึ้นในรอบทศวรรษที่ผ่านมา ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณจราจรอย่างมาก ขณะที่ระบบจัดการจราจร และ โครงสร้างระบบในการจัดการจราจร และขนส่งยังไม่มีความพร้อมหรือพอเพียง หรือ พัฒนาตามในการรองรับปริมาณจราจรดังกล่าว ทำให้มีการนำเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรมาใช้เพื่อควบคุมการจราจรในหลายพื้นที่ โดยนับวันจะต้องจัดเพิ่มจำนวนเจ้าหน้าที่ขึ้น ซึ่งเป็นการแก้ไขปัญหาที่ไม่เหมาะสม และ ผิดหลักการจัดการจราจรขั้นต้นตามฐานเพราะไม่ใช่การแก้ไขปัญหาอย่างเหมาะสม เนื่องจากขาดความยั่งยืนและไม่สามารถควบคุมได้ตลอดเวลา

ปัจจุบัน สภาพการจราจรในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาเริ่มส่งสัญญาณในทางลบ และมีแนวโน้มที่จะส่งผลต่อปัญหาในอนาคต เช่น ความเร็วในการเดินทางที่ค่อนข้างต่ำโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 20 กิโลเมตร/ชั่วโมง ซึ่งถือว่าเป็นค่าความเร็วที่ต่ำกว่าค่าที่ควรจะเป็น ประกอบกับจังหวัดนครราชสีมามีรูปแบบในการเดินทางอันหลากหลาย ทั้งที่มี และไม่มีเครื่องยนต์ มีการเดินทางโดยรถไฟผ่านเมือง ที่สำคัญจังหวัดนครราชสีมาเป็นประตูทางผ่านในการสัญจรไปมาหาสู่ระหว่างอินโดจีน ดังนั้น การจัดการจราจรที่ดำเนินการโดยเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรย่อมไม่เป็นวิธีการที่ดีที่สุดเนื่องจากไม่มีความยั่งยืน และ เป็นการใช้ทรัพยากรมนุษย์ในทางที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากในความจริงตำรวจจราจรมีหน้าที่หลักในการบังคับใช้กฎจราจรและการควบคุมการจราจรควรเป็นบทบาทของท้องถิ่น(เทศบาลนคร) ในการดำเนินการให้มีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1) เพื่อให้การใช้งานโครงข่ายจราจรที่มีอยู่เกิดประโยชน์สูงสุด

1.2.2) เพื่อลดความสูญเสียจากการเดินทางในโครงข่ายจราจรทั้งในรูปของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เผาผลาญไปโดยไม่เกิดการสร้างงานและความล่าช้าในโครงข่าย

1.2.3) เพื่อนำเสนอวิธีการในการจัดการจราจรอย่างยั่งยืนและได้มาตรฐาน

1.2.4) เพื่อเป็นโครงการนำร่องในการจัดการปัญหาที่เห็นผลสัมฤทธิ์ไปใช้ประโยชน์

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1) ขอบเขตการศึกษาจะครอบคลุมพื้นที่เขตผังเมืองรวม จ. นครราชสีมา

1.3.2) ศึกษาระบบสัญญาณไฟจราจร จังหวะเวลารอบสัญญาณไฟจราจร ในแต่ละแยกที่มีสัญญาณไฟจราจรควบคุม

1.3.3) ใช้ข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรที่ดีที่สุดที่มีการเก็บรวบรวมไว้ในปี พ.ศ. 2546

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1) เป็นการลดความสูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิงที่เกิดจากการควบคุมจราจรที่ไม่มีประสิทธิภาพ

1.4.2) เป็นการลดมลภาวะที่ได้จากการปรับปรุงการให้บริการจราจรที่ดีขึ้น

1.4.3) การบังคับใช้กฎหมายทำได้อย่างเต็มที่จากกำลังพลตำรวจจราจรที่เพิ่มขึ้น

1.4.4) เสริมประสิทธิภาพงานจราจรและการบังคับใช้กฎหมาย

1.4.5) ได้ระบบควบคุมจัดการจราจรที่เหมาะสมกับสภาพการจราจรในท้องถิ่น

1.4.5) ผู้ใช้สายทาง ประชาชนทั่วไป และ หน่วยงานท้องถิ่นได้ประโยชน์โดยรวมจากเลือกหาระบบที่เหมาะสม และ ยั่งยืนมาใช้งานที่ทำให้ลดการสูญเสียงบประมาณลง

บทที่ 2
หลักการ ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1 ซอฟแวร์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการคำนวณเวลาในการออกแบบระบบไฟสัญญาณควบคุมการจราจร

aaSIDRA (Akcelik & Associates Signalised & Unsignalised Intersection Design and Research Aid) เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้วิเคราะห์การจำลองสภาพการจราจรของทางแยกเดี่ยว (Isolated Intersection) และ วงเวียน (Roundabout) รวมทั้งวิเคราะห์สภาพการจราจรในโครงข่ายจราจรได้อย่างเหมาะสม ส่วนประกอบหลักของโปรแกรม sidra จะประกอบส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนแรกจะประกอบด้วย การนำค่าข้อมูลที่เก็บได้จากสภาพจริง ใส่ค่าลงในโปรแกรม RIDES ซึ่งการทำงานจะทำงานในโปรแกรมดอส (DOS) ข้อมูลที่เก็บได้จากสภาพจริง ประกอบด้วย เฟสสัญญาณไฟจราจร, ปริมาณจราจรที่นับได้ และ ความกว้างช่องทาง เป็นต้น ส่วนที่สองจะประกอบด้วย ส่วนแสดงผลผลลัพธ์ข้อมูลทางที่ทำการวิเคราะห์จากโปรแกรม RIDES มาแสดงผลลัพธ์ ผลลัพธ์ส่วนนี้จะแสดงในส่วนของวินโดว์ (Window) การวิเคราะห์ของโปรแกรม sidra สามารถประยุกต์เทคนิคจัดแบ่งเวลาไฟเขียว เวลาที่เหลื่อมกันของแต่ละไฟเขียวแต่ละทางแยก ให้ประสานสัมพันธ์กัน ให้มีความล่าช้าและการหยุดน้อยที่สุดเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด นอกจากนี้สามารถประเมินอัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิงและอัตราการปลดปล่อยมลพิษบริเวณทางแยก ของยานพาหนะที่อยู่ในแถวคอยสัญญาณไฟได้

2.2 ทฤษฎีการวิเคราะห์การออกแบบสัญญาณไฟจราจร

การวิเคราะห์การออกแบบสัญญาณไฟจราจรมีด้วยกันหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งได้แก่ รอบเวลาสัญญาณไฟ (Signal Cycle) เวลาล่าช้าของการเริ่มต้นและสุดท้าย (Start and End Lag Time) การสูญเปล่าของการเคลื่อนที่ (Movement Lost Time) การเคลื่อนที่วิกฤต (Critical Movement) เวลาสูญเปล่าของทางแยก (Intersection Lost Time) สามารถสรุปได้ดังนี้

2.2.1 รอบเวลาสัญญาณไฟ (Signal Cycle)

ลำดับเวลาจังหวะสัญญาณไฟช่วงเวลาที่ครบ 1 รอบของวงรอบ เรียกว่า รอบเวลาสัญญาณไฟ (c) ผลรวมของเวลาระหว่างไฟเขียวและเวลาแสดงไฟเขียวของทุกเฟส คือรอบเวลาสัญญาณไฟ (Cycle time) สามารถคำนวณได้จากสมการ

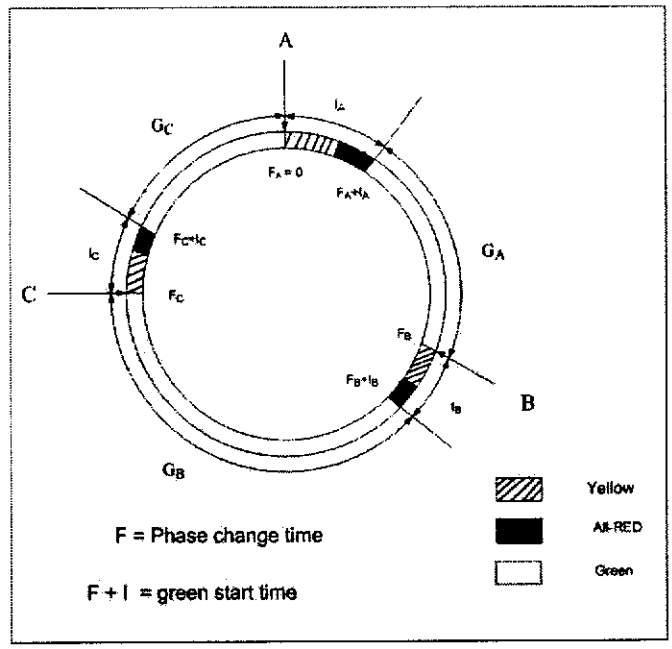
$$c = \sum (I + G) \tag{2.1}$$

เมื่อ

c คือ รอบเวลาสัญญาณไฟ (วินาที)

I คือ เวลาระหว่างไฟเขียว (วินาที)

G คือ เวลาแสดงไฟเขียว (วินาที)



รูปที่ 2.1 แสดงรอบเวลาสัญญาณไฟ (Cycle Time)

2.2.2 เวลาล่าช้าของการเริ่มต้นและสุดท้าย (Start and End Lag Time)

Start Lag (a) คือ ผลรวมของเวลาช่วง Intergreen บวกกับเวลาที่สูญเสียช่วงเริ่มต้น

End Lag (b) คือ เวลาล่าช้าของการสิ้นสุด

ดังนั้น

$$\text{Start Lag, a} = I + ee' \tag{2.2}$$

$$\text{End Lag, b} = ff' \tag{2.3}$$

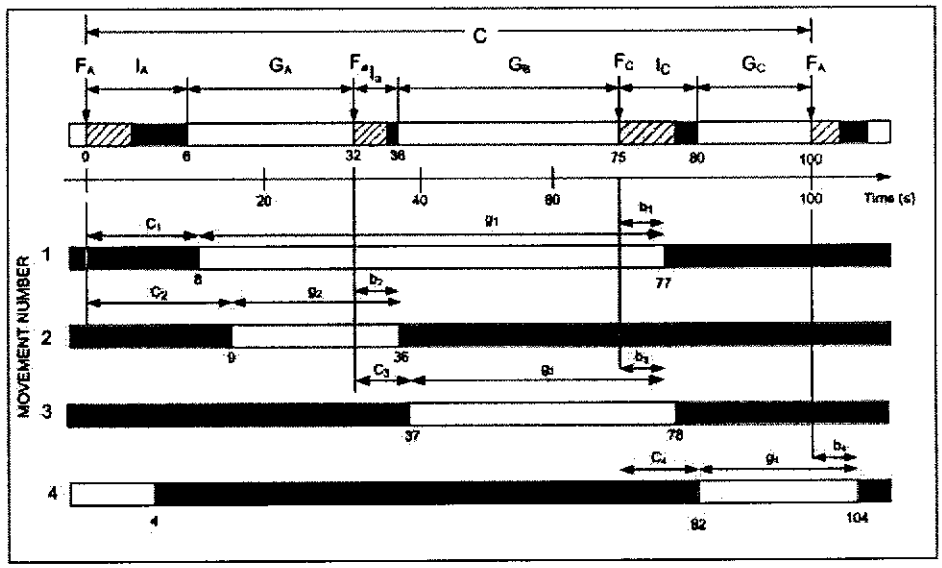
เมื่อ

I คือ เวลาระหว่างไฟเขียว (วินาที)

ee' คือ เวลาล่าช้าของการเริ่มต้น (วินาที)

ff' คือ เวลาล่าช้าการสิ้นสุด (วินาที)

สำหรับ เวลาระหว่างไฟเขียวของการเคลื่อนที่ ก็คือ เวลาระหว่างไฟเขียวของเฟสที่กำลังจะเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ โดยช่วงประสิทธิภาพไฟเขียวจะเริ่ม (F_i+a) และสิ้นสุด คือ (F_k+b) เมื่อ F_i และ F_k เป็นเวลาของการเปลี่ยนเฟส ซึ่งเริ่มต้นและหยุดตามลำดับ



รูปที่ 2.2 แสดงเวลาล่าช้าของการเริ่มต้นและสุดท้าย (Start and End Lag Time)

2.2.3 การสูญเปล่าของการเคลื่อนที่ (Movement Lost Time)

การสูญเสียเปล่าของการเคลื่อนที่ (Movement Lost Time) คือ ผลต่างระหว่าง Start Lag Time กับ End Lag Time สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$l = a\text{-}b$$
$$= I + ee' - ff' \qquad (2.4)$$

เมื่อ

L คือ เวลาสูญเปล่าของการเคลื่อนที่ (วินาที)

ee' คือ เวลาล่าช้าของการเริ่มต้น (วินาที)

ff' คือ เวลาล่าช้าการสิ้นสุด (วินาที)

จากการสูญเสียเปล่าของการเคลื่อนที่ สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง Movement Lost Time กับ Display Green Time (G) และเวลาไฟเขียวประสิทธิภาพ (g) ได้ดังสมการ

$$g + l = G + I \tag{2.5}$$

2.2.4 การเคลื่อนที่วิกฤต (Critical Movement)

เป็นการเคลื่อนที่ที่ใช้การคำนวณความจุและจังหวะสัญญาณไฟของทางแยกจากสมการ 2.1 การเคลื่อนที่วิกฤตได้อธิบายรอบสัญญาณไฟในรูปผลบวก เวลาไฟเขียวประสิทธิผลและเวลาที่สูญเสียไปของการเคลื่อนที่ ในขณะการเคลื่อนที่วิกฤตสามารถคำนวณได้จากสมการ

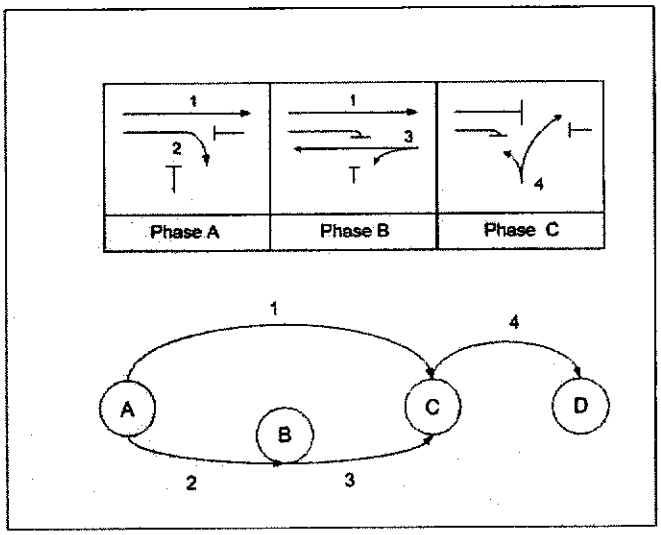
$$c = \sum (g + l) \tag{2.6}$$

เมื่อ

c คือ รอบสัญญาณไฟ (วินาที)

g คือ เวลาไฟเขียวประสิทธิภาพ สำหรับการเคลื่อนที่วิกฤต (วินาที)

l คือ เวลาสูญเปล่าไปของการเคลื่อนที่สำหรับการเคลื่อนที่วิกฤต (วินาที)



รูปที่ 2.3 การสูญเปล่าของการเคลื่อนที่ (Movement Lost Time)

2.2.5 เวลาสูญเปล่าของทางแยก (Intersection Lost Time)

เวลาสูญเปล่าของทางแยก (L) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$L = \sum l \tag{2.7}$$

เมื่อ

L คือ เวลาสูญเปล่าของทางแยก (วินาที)

l คือ เวลาสูญเปล่าไปของการเคลื่อนที่สำหรับการเคลื่อนที่วิกฤต (วินาที)

2.3 ทฤษฎีการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของทางแยกที่ควบคุมด้วยสัญญาณไฟ

2.3.1 การพิจารณาการเคลื่อนที่ (Movement Consideration)

ความจุของทางแยกขึ้นอยู่กับอัตราสูงสุดที่รถยนต์สามารถเคลื่อนที่ออกจากทางแยก คือ ปริมาณจราจรอิ่มตัว (Saturation Flow, s) ความจุของการเคลื่อนที่ที่ทางแยก คำนวณได้จาก

$$Q = s\,(g/c) \tag{2.8}$$

เมื่อ

Q คือ ความจุ (คัน/ชั่วโมง)

s คือ ปริมาณจราจรอิ่มตัว (คัน/ชั่วโมง)

c คือ รอบสัญญาณไฟ (วินาที)

อัตราส่วนของเวลาไฟเขียว (Green time Ratio, u)

$$u = g/c \tag{2.9}$$

อัตราส่วนการไหล (Flow Ratio, y) สำหรับการเคลื่อนที่สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$y = q/s \tag{2.10}$$

ระดับความอิ่มตัวของการเคลื่อนที่ (Movement Degree of Saturation, x) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$x = q/Q = qc/sg = y/u \tag{2.11}$$

2.3.2 ความล่าช้า (Delay)

ความล่าช้าโดยประมาณสำหรับการเคลื่อนที่ที่ทางแยกเดี่ยวแบบกำหนดเวลาแน่นอน สามารถคำนวณจากสมการจำลองความล่าช้าสม่ำเสมอของ Webster ดังสมการที่ 2.12

$$UD = \frac{0.50C\left[1-{}^{g}\!/_{c}\right]^{2}}{1-\left(\frac{g}{c}\right)x} \tag{2.12}$$

เมื่อ

UD คือ ความล่าช้าเฉลี่ยสม่ำเสมอต่อคัน (วินาที/คัน)

C คือ รอบเวลาสัญญาณไฟ (วินาที)

g คือ ประสิทธิภาพไฟเขียว (วินาที)

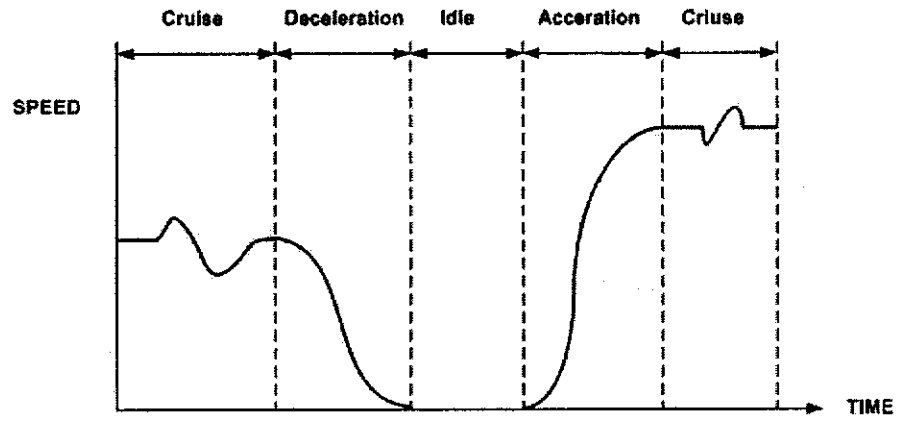
x คือ ความจุความอิ่มตัว

c คือ ความจุของทางแยก(คัน/ชั่วโมง)

2.4 ทฤษฎีการเผาผลาญเชื้อเพลิงและ การปลดปล่อยของมลพิษของยานพาหนะ (Fuel Consumption and Pollution Emission)

โปรแกรม aaSIDRA ใช้หลักการคิดของวัฏจักรการจำลองการขับขี่ของยานพาหนะ (Drive Cycle) เป็นหลัก จะประกอบด้วย 4 ช่วงการจำลองการขับขี่ คือ ช่วงที่รถแล่น (Cruise) ช่วงที่รถเกิดความเร่ง (Acceleration) ช่วงที่รถเกิดความหน่วงหรือเบรก (Deceleration) และช่วงที่รถเกิดการหยุด [Idling (Stopped) Time] ความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถแสดงดังรูปที่ 2.4

หลักการคิดของวัฏจักรการขับขี่ (Drive Cycle) สามารถประมาณอัตราการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะในโครงข่ายจราจรและอัตราการปลดปล่อยมลพิษของยานพาหนะตามตารางที่ 2.1 ตารางที่ 2.2 ตารางที่ 2.3 ตามลำดับ



รูปที่ 2.4 แสดงวัฏจักรการจำลองการขับขี่ของยานพาหนะ

ตารางที่ 2.1 แสดงพารามิเตอร์สำหรับการประมาณการใช้เชื้อเพลิงและการปลดปล่อยของมลพิษ

Para meter	Description	Unit for Fuel	Unit for Emissio ns	Fuel	CO	HC	NO_x
F_1	Idling fuel consumption or emission rate	mL/h	g/h	1350 (LV) 2000 (HV)	50	8	2
A	Drag fuel consumption or emission parameter, mainly related to rolling resistance	mL/km	g/km	21 (LV) 105 (HV)	1	0	0
10^5B	Drag fuel consumption or emission parameter mainly related to aerodynamic resistance	(mL/km) / (km/h^2)	(g/km)/ (km/h^2)	550 (LV) 1780 (HV)	0	2	6
$10^4\beta_1$	Efficiency parameter	mL/kJ	g/kJ	900 (LV) 800 (HV)	150	0	10
$10^4\beta_2$	Energy-acceleration efficiency parameter	mL/ ($kJ.m/s^2$)	g/ ($kJ.m/s^2$)	300 (LV) 200 (HV)	250	4	2
M_{vLV}	Average vehicle mass for light vehicles(cars, vans)	kg	kg	1400	1400	1400	1400
M_{vHV}	Average vehicle mass for heavy vehicles(trucks, buses)	kg	kg	11000	11000	11000	11000

The parameter vales are used for both light vehicles (LV) and heavy vehicles (HV) unless indicated otherwise

ที่มา : Akcelik, R. (2002). **AaSidra Traffic Model Reference Guide** [Computer software]: Akcelik & Associates Pty Ltd.

ตารางที่ 2.2 แสดงข้อมูลสำหรับรถยนต์ขนาดเบาและหนักของโปรแกรม SIDRA

Vehicle Class	Percentage of Vehicle kilometres	Fuel type (% Diesel)	Idling Fuel cons. (mL/h)	Loaded mass, M(kg)	Max engine power. Pmax (kW)	Power to Weight Ratio (PWR)
Light Vehicles						
Small Car	30%	1	900	1100	64	58.2
Medium Car	30%	2	1296	1250	80	64.0
Large Car	30%	2	1728	1500	110	73.3
Van	8%	13	1728	2000	70	35.0
Light rigid	2%	34	1332	2700	75	27.8
Combined	100%	3	1342	1369	83	60.8
Selected		**3**	**1350**	**1400**	**85**	**60.7**
Heavy Vehicles						
Light/Medium rigid	60%	48	1620	5500	90	16.4
Medium rigid	15%	87	1800	10000	120	12.0
Medium/Heavy truck	15%	98	2340	16000	170	10.6
Heavy truck	5%	100	2520	28000	260	9.3
Heavy articulated	5%	100	2520	38000	300	7.9
Combined	100%	67	1980	10500	126	12.0
Selected		**70**	**2000**	**11000**	**130**	**11.8**

ที่มา : Akcelik, R. (2002). **AaSidra Traffic Model Reference Guide** [Computer software]: Akcelik & Associates Pty Ltd.

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าตั้งต้น (Default) ของการจำลองพารามิเตอร์ราคามาตรฐานของโปรแกรม SIDRA

Parameter	Symbol	Australia	New Zealand	USA
Cost Unit		$ (AUD)	$ (NZD)	$ (USD)
Parameters for operating cost factor	***(k_o)***			
Pump price of fuel in "Cost Unit" per litre (or per gallon)	**(P_p)**	0.85 ($/L)	1.05 ($/L)	$ 0.40 ($/L) (1.60 $/gal)
Fuel resource cost factor	**(f_r)**	0.50	0.60	0.70
Running cost/fuel cost ratio	**(f_c)**	3.0	2.5	3.0
Parameters for time cost	***(k_t)***			
Average income (full time adult average hourly total earnings)in "Cost Unit" per hour	**(W)**	23.00 ($/h)	18.00 ($/h)	17.00 ($/h)
Time value factor as a proportion of average hourly income	**(f_p)**	0.60	0.60	0.40
Average occupancy in persons per vehicle	**(f_o)**	1.5	1.5	1.2
Vehicle parameters				
Light Vehicle Mass (average value in kg or lb)	**(M_{vLV})**	1400	1400	1400 (3100lb)
Heavy Vehicle Mass (average value in kg or lb)	**(M_{vHV})**	11000	11000	11000 (24,000lb)
Idling fuel consumption rate for Heavy Vehicle in milliliters per hour (or gallon per hour)	**(f_{IHV})**	2000	2000	2000 (0.530 gal/h)
Calculated values				

Vehicle operating cost factor in "Cost Unit" per litre (or per gallon) of fuel	($k_o = f_c f_r P_p$)	1.275 ($/L)	1.275 ($/L)	0.840 ($/L) (3.36 $/gal)
Time cost per ***person*** in "Cost Unit" per hour	($f_p W$)	13.80 ($/h)	10.80 ($/h)	6.80 ($/h)
Time cost per ***Vehicle*** in "Cost Unit" per hour	($k_t = f_o f_p W$)	20.70 ($/h)	16.20 ($/h)	8.16 ($/h)

ที่มา : Akcelik, R. (2002). **AaSidra Traffic Model Reference Guide** [Computer software]: Akcelik & Associates Pty Ltd.

การจำลองวัฏจักรการขับขี่ (Drive Cycle) จะประกอบด้วย 4 ช่วง คือ ช่วงที่รถแล่น (Cruise), ช่วงที่รถเกิดความเร่ง (Acceleration), ช่วงที่รถเกิดความหน่วงหรือเบรก (Deceleration) และช่วงที่รถหยุด (Idling (Stopped) Time) ดังนี้

2.4.1 ช่วงที่รถหยุด (Idling (Stopped) Time)

การสมมติการใช้เชื้อเพลิง หรือ การปลดปล่อยก๊าซในขณะรถที่จอด, F_i (mL or g) สามารถคำนวณได้จาก

$$F_i = f_i d_i / 3600 \tag{2.14}$$

$$f_i = 792E - 6905E^2 \tag{2.15}$$

เมื่อ

f_i เป็นสมมติการใช้เชื้อเพลิง หรือ อัตราการปล่อยมลพิษ (mL/h, g/h)

d_i เป็นเวลาที่รถหยุด (s)

E เป็นขนาดของเครื่องยนต์ (ลิตร)

จากสมการนี้เครื่องยนต์มีความจุในช่วงระหว่าง 1.0 ถึง 5.0 ลิตร สำหรับรถยนต์ขนาดเล็กอัตราการใช้เชื้อเพลิง $f_i = 1350 mL/h$, E ประมาณ 2.1 ลิตร

2.4.2 ช่วงที่รถแล่น (Cruise)

การสมมติเชื้อเพลิงทั้งหมด หรือ การปลดปล่อยพลังงานขณะขับรถ, F_c (mL or g) สามารถคำนวณได้จาก

$$F_c = f_c L_c \tag{2.16}$$

เมื่อ

f_c เป็นการสมมติการใช้เชื้อเพลิงขณะขับรถ หรืออัตราการปล่อยก๊าซต่อหน่วยระยะทาง (mL/km or g/km)

L_c เป็นระยะทางที่ขับรถทั้งหมด (km)

การสมมติการใช้เชื้อเพลิงขณะขับรถ หรืออัตราการปล่อยก๊าซต่อหน่วยระยะทางเป็นการประมาณจากรูปของฟังก์ชั่น

$$f_c = \max\left\{f_c^{'}, \frac{f_i}{v_c}\right\}$$

$$f_c^{'} = A + f_i / v_c + Bv_c^2 + k_{e1}\beta_1 M_v E_{k+} + k_{e2}\beta_2 M_v E_{k+}^2 + 0.0981 k_g \beta_1 M_v Gr$$

$$E_{k+} = 0.3858x10^{-4}\left[\sum\left(v_f^2 - v_i^2\right)\right]/L_c$$

เมื่อ

v_c ความเร็วแล่นเฉลี่ย (km/h)

A,B เป็นพารามิเตอร์เกี่ยวกับการต้านทานการลื่นไถล

β_1, β_2 เป็นพารามิเตอร์ประสิทธิภาพ (mL/kg and mL/ (kJ.m/s^2))

M เป็นมวลของรถ (kg)

Gr เป็นความชันถนนมีค่าเท่ากับเปอร์เซ็นต์

E_{k+} เป็นค่าผลรวมของการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ (J/kg. m)

v_f, v_i เป็นค่าความเร็วสุดท้ายและความเร็วเริ่มต้น (km/h)

พารามิเตอร์ k_{e1}, k_{e2}, k_g สามารถคำนวณได้จาก

$$k_{e1} = \min\left\{\left(12.5/v_c + 0.000013v_c^2\right), 1.00\right\} \tag{2.17}$$

$$k_{e2} = 3.17$$

$$k_{e3} = 1 - 2.1E_{k+} \text{ for Gr} < 0 \tag{2.18}$$

$$1 - 0.3E_{k+} \text{ for Gr} > 0 \tag{2.19}$$

ปกติ ค่า E_{k+} สามารถประมาณได้จาก

$$E_{k+} = \max\{(0.258 - 0.0018v_c), 0.10\} \quad (2.20)$$

2.4.3 ช่วงที่รถเกิดความเร่ง (Acceleration)

ฟังก์ชั่นที่ใช้ประมาณการใช้เชื้อเพลิง หรือ การปลดปล่อยในขณะเร่ง(F_a) จากความเร็วเริ่มต้น(v_i) จนความเร็วสุดท้าย (v_f) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$F_a = \max\{\{(f_i t_a / 3600 + [A + k_1 B(v_i^2 + v_f^2)]) + [\beta_1 M_v E_k + k_2 \beta_2 M_v E_k^2 + 0.0981 \beta_1 M_v Gr] L_a), f_i t_a / 3600]\} \quad (2.21)$$

$$E_k = 0.3858x10^{-4}(v_f^2 - v_i^2)/L_a \quad (2.22)$$

$$k_1 = 0.616 + 0.000544v_f - 0.0171v_i^{0.5} \quad (2.23)$$

$$k_2 = 1.376 + 0.00205v_f - 0.00538v_i \quad (2.24)$$

$$L_a = m_a (v_i + v_f) t_a / 3600 \quad (2.25)$$

เมื่อ

f_i เป็นสมมติการใช้เชื้อเพลิง หรือ อัตราการปล่อยมลพิษ (mL/h , g/h)

A,B เป็นพารามิเตอร์เกี่ยวกับการต้านทานการลื่นไถล

β_1, β_2 เป็นพารามิเตอร์ประสิทธิภาพ (mL/kg and mL/ (kJ.m/s^2))

M_v เป็นมวลของรถ (kg)

Gr เป็นความชันถนนมีค่าเท่ากับเปอร์เซ็นต์

E_k เป็นค่าการเพิ่มขึ้นของการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ (J/kg. m)

v_f, v_i เป็นค่าความเร็วสุดท้ายและความเร็วเริ่มต้น (km/h)

L_a เป็นค่าระยะทางการเร่ง (km)

t_a เป็นเวลาที่ใช้ในการเร่ง (s)

2.4.4 ช่วงที่รถเกิดความหน่วงหรือเบรก (Deceleration)

ฟังก์ชั่นที่ใช้ประมาณการใช้เชื้อเพลิง หรือ การปลดปล่อยในขณะลดความเร่ง (F_d) จากความเร็วเริ่มต้น(v_i) จนความเร็วสุดท้าย (v_f) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$F_d = \max \{ \{(f_i t_d / 3600 + [k_x A + k_y k_1 B (v_i^2 + v_f^2)])\} + [k_a \beta_1 M_v E_k + 0.0981 k_x \beta_1 M_v Gr] L_d), f_i t_d / 3600]\} \quad (2.26)$$

$$E_k = 0.3858x10^{-4}(v_f^2 - v_i^2)/ L_d \quad (2.27)$$

$$L_d = m_d (v_i + v_f) t_d / 3600 \quad (2.28)$$

$$k_1 = 0.621 + 0.000777 v_i - 0.0189 v_f^{0.5} \quad (2.29)$$

$$k_x = \min\{1.0, \max\{0, k_x^{'}\}\} \quad (2.30)$$

ที่ซึ่ง

$$k_x^{'} = 0.046 + 100 / M_v + 0.00421 v_i + 0.00260 v_f + 0.0544 Gr \quad (2.31)$$

$$k_y = k_x^{0.75} \quad (2.32)$$

$$k_a = k_x^{0.81}(2 - k_x^{3.81}) \quad (2.33)$$

เมื่อ

f_i เป็นสมมติการใช้เชื้อเพลิง หรือ อัตราการปล่อยมลพิษ (mL/h , g/h)

A, B เป็นพารามิเตอร์เกี่ยวกับการต้านทานการลื่นไถล

β_1, β_2 เป็นพารามิเตอร์ประสิทธิภาพ (mL/kg and mL/ (kJ.m/s^2))

M_v เป็นมวลของรถ (kg)

Gr เป็นความชันถนนมีค่าเท่ากับเปอร์เซ็นต์

E_k เป็นการลดลงของการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ (J/kg. m)

v_f, v_i เป็นค่าความเร็วสุดท้ายและความเร็วเริ่มต้น (km/h)

L_a เป็นค่าระยะทางลดความเร่ง (km)

t_a เป็นเวลาที่ใช้ลดความเร่ง (s)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การวางแผนระเบียบวิธีการวิจัยเบื้องต้น

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการวางแผนระเบียบวิธีการวิจัย การเก็บข้อมูลและขั้นตอน เพื่อนำไปสร้างแบบการจำลองการจราจรและการประเมินสภาพการจราจรเพื่อศึกษาระบบควบคุมการจราจรอย่างเหมาะสมในจังหวัดนครราชสีมา ในการสำรวจข้อมูลจะต้องกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาและการศึกษาการเก็บข้อมูลทางกายภาพ การควบคุมในปัจจุบัน รวมทั้งระบบอาณัติสัญญาณต่างๆเพื่อทราบถึงประเภท จำนวนและแหล่งที่สำรวจ ตลอดจนวิธีการสำรวจข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและครบถ้วนในการจำลองสถานการณ์ เพื่อกำหนดกฎเกณฑ์การประเมินการจำลอง

3.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้จะครอบคลุมเทศบาลนคร นครราชสีมาพื้นที่ 75.96 ตาราง กิโลเมตร โดยจะเป็นพื้นที่ การสำรวจปริมาณจราจรที่ทางแยกจำนวน 34 จุด โดยได้มีการสำรวจปริมาณจราจร ความล่าช้า และ จังหวะสัญญาณไฟ ขอบเขตพื้นที่ศึกษาได้แสดงดังรูปที่ 3.2

3.3 การสำรวจข้อมูล

ข้อมูลที่สำรวจได้ถูกนำไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลองในการวิจัยซึ่งประกอบไปด้วย

- การสำรวจข้อมูลปริมาณจราจรบนช่วงถนน (Midblock Count) บนถนนสายหลักๆที่สำคัญในเขตพื้นที่ศึกษา รวม 34 จุดและ การสำรวจปริมาณจราจรบนช่วงเร่งด่วนตอนเช้า (07.30 - 08.30 น.) และชั่วโมงเร่งด่วนตอนเย็น (17.00-18.00 น.)
- การสำรวจข้อมูลของสภาพทางกายภาพ ทางร่วมทางแยก และ ปัจจัยต่างๆในสายทางของพื้นที่ที่ศึกษา เช่น สัญลักษณ์เครื่องหมายนำทาง จำนวนช่องจราจร ความกว้างของช่องจราจร เป็นต้น
- การสำรวจข้อมูลของระบบอาณัติสัญญาณไฟจราจรของพื้นที่ที่ทำการศึกษา เช่น รอบสัญญาณไฟ, เวลาไฟเขียว, เฟสสัญญาณไฟ
- การสำรวจระดับการให้บริการของการจราจรเพื่อศึกษาเปรียบเทียบระบบควบคุมการจราจร ก่อนและหลังทำการศึกษา รวมทั้งศึกษาเปรียบเทียบ ความล่าช้าสะสม ผลต่างทางมลภาวะ

3.4 การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 ระเบียบวิธีการวิจัย

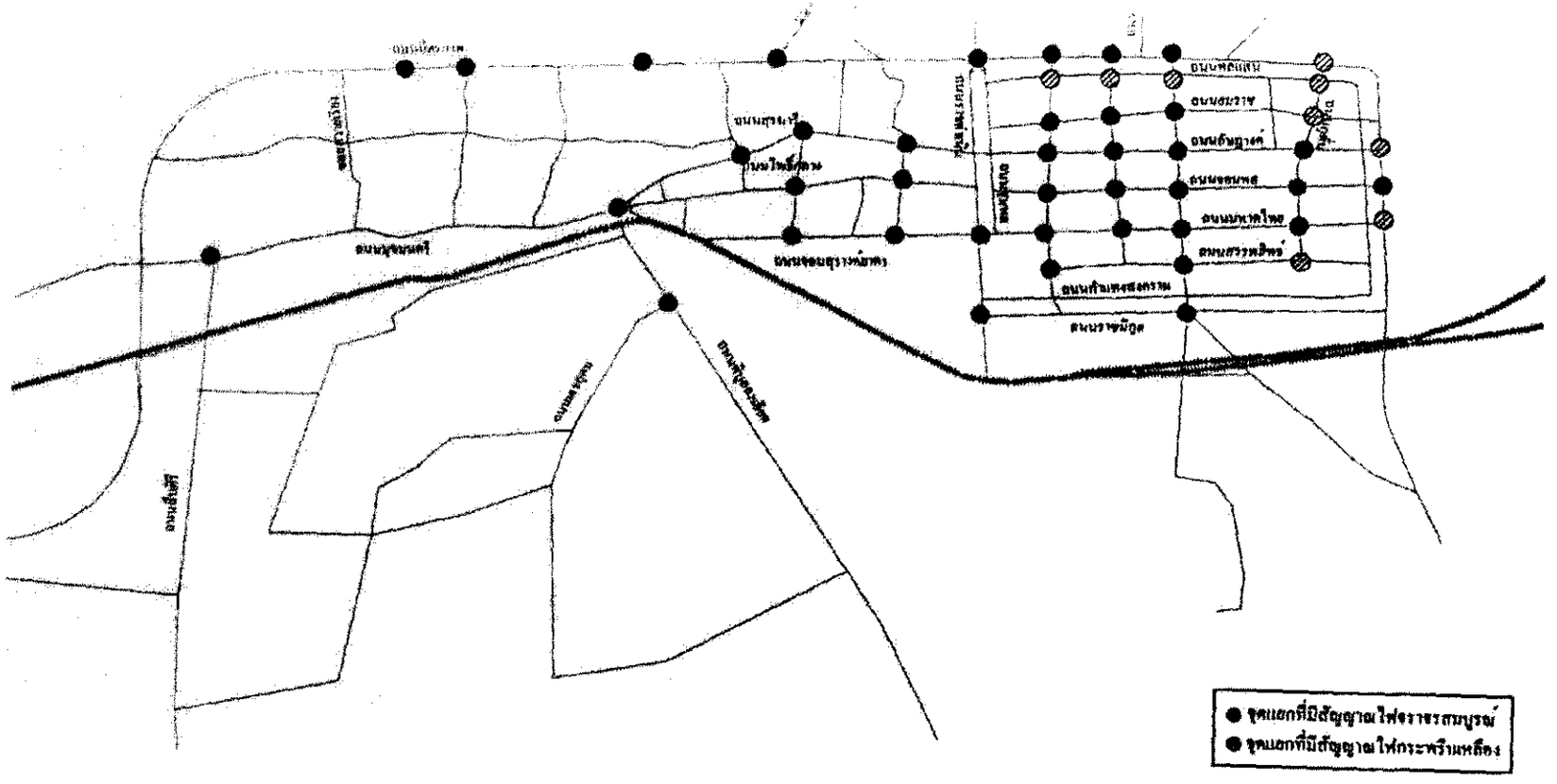
- การวิจัยจะดำเนินการโดยศึกษาทางร่วมทางแยกในเขตพื้นที่เมือง นครราชสีมา โดยการเก็บข้อมูลทางกายภาพ การควบคุมในปัจจุบัน ระบบอาณัติสัญญาณต่างๆ
- ศึกษาควบคุมการควบคุมการจราจรแบบต่างๆที่ใช้พื้นที่อื่นที่มีขนาดโครงข่าย ปริมาณจราจรและองค์ประกอบต่างๆ คล้ายกับพื้นที่ศึกษา
- ทำการเก็บข้อมูลสภาพการจราจร มาทำการจำลองสถานการณ์เพื่อกำหนด กฎเกณฑ์การประเมิน
- ทำการเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้ระบบการควบคุมจราจรในแบบต่างๆ โดยการทำเปรียบเทียบ ความล่าช้าทั้งโครงข่าย มลพิษที่เกิดขึ้นจากการใช้ระบบควบคุมแต่ละวิธีการควบคุมที่คาดว่าจะนำมาใช้

3.4.2 ขั้นตอนและวิธีการเก็บข้อมูล

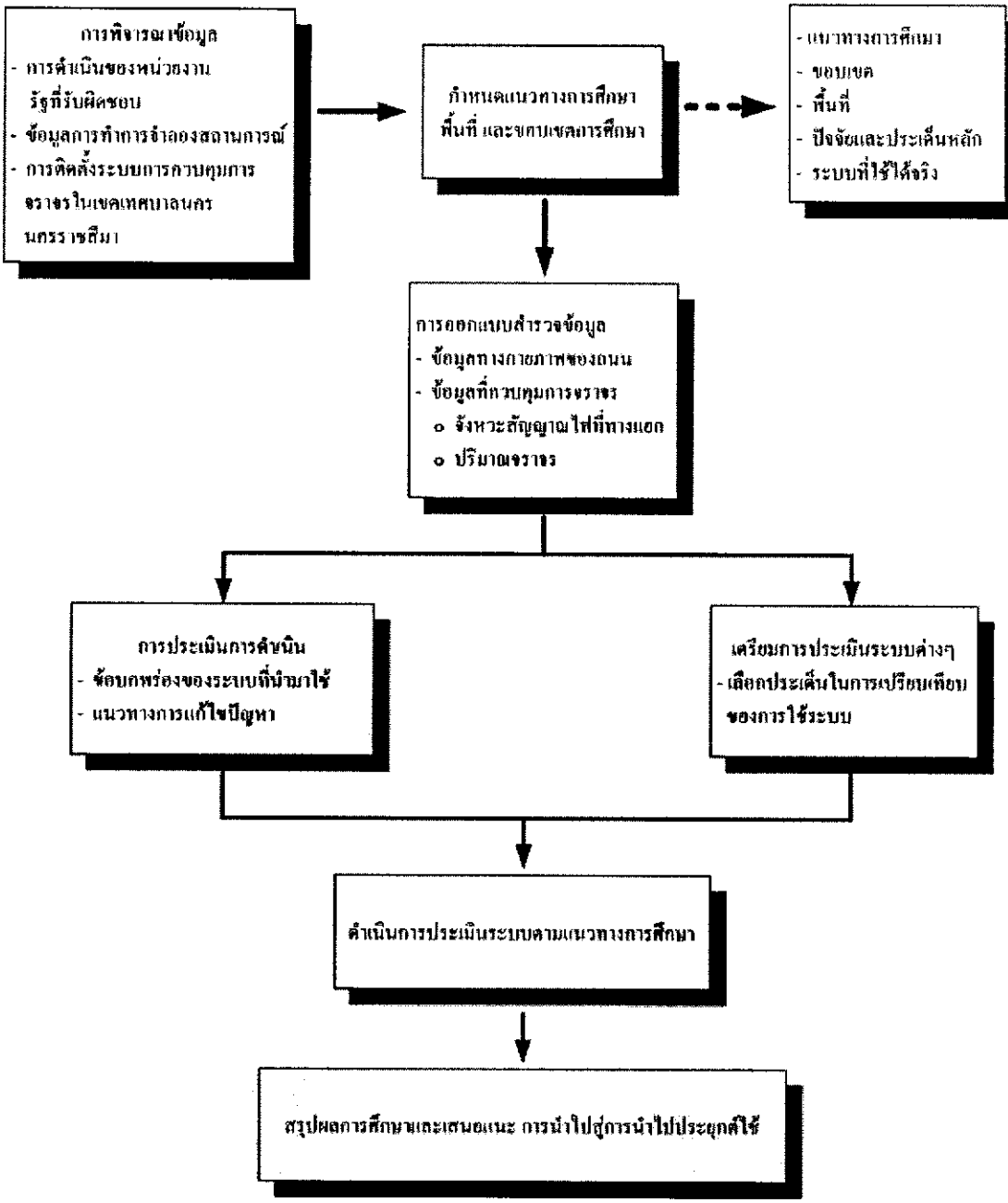
- ทำการตรวจนับปริมาณจราจรจริงโดยการเก็บสำรวจและอุปกรณ์ตรวจนับอัตโนมัติ
- ทำการเก็บปริมาณจราจรในพื้นที่ศึกษาบนสายทาง (Link) และทางร่วมทางแยก ปัจจัยประกอบต่างๆในสายทาง และพื้นที่ศึกษา เช่น ความกว้างของถนน สัญลักษณ์เครื่องหมายนำทาง จำนวนช่องทาง ให้ได้ใกล้เคียงกับสภาพการจราจรที่ศึกษามากที่สุด

3.4.3 ขั้นตอนและวิเคราะห์ข้อมูล

- จัดทำโครงข่ายจราจรในรูปแบบดิจิตอล โดยการเก็บข้อมูลจริงจากสภาพโครงข่าย ให้ใกล้เคียงกับสภาพจราจรที่ศึกษามากที่สุด
- จำลองสถานการณ์การจราจรเมื่อถูกควบคุมด้วยการควบคุมแบบต่างๆและบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทำการจำลองสภาพเสมือนจริง
- ทำการเปรียบเทียบผลที่มีการบันทึกไว้ เช่น ความล่าช้าสะสม ผลต่างทางมลภาวะ โดยจัดทำเป็นรายงานในประเด็นที่สนใจ
- วิเคราะห์ผลที่ได้และเปรียบเทียบทางด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น



รูปที่ 3.1 พื้นที่ศึกษาโครงข่ายจราจรในเขตเทศบาลนคร นครราชสีมา



รูปที่ 3.2 แสดงแนวทางการดำเนินการวิจัย

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบการจำลองสภาพการจำลองเสมือนจริงในระดับมหภาค โดยการประเมินสภาพการจราจร ก่อนและหลัง การปรับแก้ ความเหมาะสมของสัญญาณไฟจราจรโดยการทสอบโครงข่ายจราจรในพื้นที่เขตผังเมืองรวมจังหวัดนครราชสีมาบนจุดสำรวจทั้ง 34 จุด โดยทำการทดสอบทั้งช่วงเวลาเร่งด่วน เช้า และ เย็น สรุปได้ตามตาราง 4.1และ4.2

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบก่อนและหลังปรับแก้รอบสัญญาณไฟจราจรจากโปรแกรม aaSidra ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า (7.30-8.30น.)

จุดที่ 1 ถนนมนัส ตัดกับ ทางหลวง 224

	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทางหลวง 224 (E)	29.8	73.1	C	E	186.8	293.6	74.3	116.7
ทางหลวง 224 (W)	4.9	86.1	A	F	156.0	356.3	62.2	142.2
มนัส(S)	889.2	129.3	F	F	868.4	225.7	326.8	90.1
cycle time					115.0	100.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					1253.0	876.0	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					499.8	349.0	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	178.3	90.6		
Total Cost					5307.62	2388.10	($/h)	

จุดที่ 2 ถนนมิตรภาพ ตัดกับ สวายเรียง

	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
มิตรภาพ (E)	40.2	36.9	D	D	800.6	768.5	6542.5	6542.5
มิตรภาพ (W)	113.9	50.9	F	F	2381.3	2232.6	1971.8	1971.8
ซอยสวายเรียง(S)	94.2	140.9	F	F	45.6	52.6	18.4	18.4
cycle time					154.0	190.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					3227.6	3053.8	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					1268.8	1217.5	(L/h)	
Intersection LOS			F	E	84.0	71.0		
Total Cost					8152.0	7591.0	($/h)	

จุดที่ 3 เดชอุดม ตัดกับ ถนนพิบูลละเอียด

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
เดชอุดม(W)	22.1	22.6	C	C	218.9	219.8	87.4	87.8
พิบูลละเอียด (N)	19.0	17.8	B	B	211.5	209.9	84.6	83.9
พิบูลละเอียด (S)	17.6	16.3	B	B	148.8	147.7	59.2	58.8
cycle time					70.0	65.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					579.1	577.5	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					231.2	230.6	(L/h)	
Intersection LOS			C	C	19.6	22.5		
Total Cost					1295.6	1285.2	($/h)	

จุดที่ 4 ถนนไชยณรงค์ ตัดกับ ถนน จอมพล

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
จอมพล(W)	92.3	93.9	F	F	94.6	94.2	37.8	37.6
จอมพล(E)	30.9	46.7	C	D	67.8	71.5	27.1	28.6
ประจักษ์ (N)	89.5	57.8	F	F	143.4	116.5	57.4	76.7
ประจักษ์ (S)	6.5	7.2	A	A	33.4	31.6	13.4	12.6
cycle time					84.0	150.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					339.2	313.9	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					135.6	125.6	(L/h)	
Intersection LOS			E	E	57.6	50.0		
Total Cost					1059.9	960.7	($/h)	

จุดที่ 5 ถนนประจักษ์ ตัดกับ ถนน อัษฎางค์

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
อัษฎางค์(W)	61.3	69.1	E	E	80.0	82.8	31.9	33.1
อัษฎางค์(E)	55.5	62.6	E	E	92.9	94.7	37.1	37.8
ประจักษ์ (N)	60.9	50.0	E	D	141.7	128.8	56.6	51.5
ประจักษ์ (S)	4.8	4.7	A	A	37.5	36.5	37.5	14.6
cycle time					82.0	105.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					352.1	342.8	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					140.7	136.9	(L/h)	
Intersection LOS			E	D	44.2	42.8		
Total Cost					970.3	947.1	($/h)	

จุดที่ 6 ถนนสุรนารี ตัดกับ ถนนจันทร์

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
สุรนารี (W)	11.1	8.9	B	A	151.6	154.4	60.6	61.7
สุรนารี (E)	14.7	11.7	B	B	65.2	65.5	26.0	26.1
ถนนจันทร์(N)	22.8	20.4	B	C	100.3	99.6	40.1	39.8
cycle time					60.0	37.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					317.0	319.4	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					126.7	127.6	(L/h)	
Intersection LOS			B	B	15.2	12.8		
Total Cost					706.7	680.8	($/h)	

จุดที่ 7 ถนนสุรนารายณ์ ตัดกับ ทางหลวง 224

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
ทางหลวง 224 (w)	19.0	95.4	B	F	277.8	444.6	110.6	176.8
ทางหลวง 224 (E)	41.1	406.2	D	F	410.2	984.5	163.2	392.0
สุรนารายณ์(N)	1100.7	226.4	F	F	2879.7	1127.1	1146.5	418.1
cycle time					145.0	250.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					3567.6	2556.8	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					1420.3	1017.6	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	445.5	223.9		
Total Cost					15397.1	8809.0	($/h)	

จุดที่ 8 ถนนประจักษ์ ตัดกับ ทางหลวง 224

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
ทางหลวง 224 (w)	310.3	264.8	F	F	785.6	707.7	313.7	282.5
ทางหลวง 224 (E)	335.8	314.5	F	F	809.6	773.1	321.8	307.1
ถนนประจักษ์(S)	535.7	447.7	F	F	403.3	354.2	160.9	141.3
cycle time					109.0	200.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					1998.5	1834.9	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					796.3	731.1	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	355.0	312.4		
Total Cost					8975.0	7979.9	($/h)	

จุดที่ 9 ถนนโยธา ตัดกับ ถนนสุรนารี

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
สุรนารี (W)	120.7	50.0	F	D	288.3	183.5	115.3	73.4
สุรนารี (E)	5.1	5.8	A	A	38.2	38.3	15.3	15.3
โยธา(S)	79.0	110.0	E	F	288.3	56.5	115.3	22.6
cycle time					60.0	150.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					376.1	278.4	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					150.3	111.3	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	84.1	48.1		
Total Cost					1236.7	806.9	($/h)	

จุดที่ 10 ถนนจอมสุรางค์ยาตร ตัดกับ ถนนโยธา

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
จอมสุรางค์ยาตร(W)	5.0	2.8	A	A	144.0	133.0	57.5	53.1
จอมสุรางค์ยาตร(E)	877.9	606.3	F	F	1050.5	794.1	419.9	317.4
โยธา(N)	14.8	23.4	B	C	53.6	57.0	21.4	22.8
cycle time					60.0	120.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					1248.2	984.2	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					498.9	393.3	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	395.8	276.6		
Total Cost					1236.7	0.0	($/h)	

จุดที่ 11 ถนนจักรี ตัดกับ ทางหลวง 224

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
จักรี(S)	138.2	94.5	F	F	414.3	350.5	165.3	139.9
ทางหลวง 224 (w)	6.0	6.8	A	A	394.9	390.6	157.3	155.9
ทางหลวง 224 (E)	101.5	84.8	F	F	509.0	434.9	202.6	173.1
cycle time					105.0	200.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					1318.1	1175.9	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					525.5	468.8	(L/h)	
Intersection LOS			E	D	59.5	46.5		
Total Cost					3642.1	3145.3	($/h)	

จุดที่ 12 ถนนสืบศิริ ตัดกับ ถนนมุขมนตรี

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
มุขมนตรี (W)	16.2	21.8	B	C	24.9	26.0	9.9	10.4
นมุขมนตรี (E)	105.1	82.4	F	F	489.8	465.7	195.6	186.0
สืบศิริ(S)	93.2	73.9	F	E	727.6	687.8	290.8	274.9
cycle time					110.0	150.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					1242.3	1179.3	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					496.4	471.3	(L/h)	
Intersection LOS			F	E	89.9	72.3		
Total Cost					3522.5	3201.6	($/h)	

จุดที่ 13 ถนนมิตรภาพ ตัดกับ ทางหลวง 224

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
ทางหลวง 224 (w)	403.2	460.7	F	F	2328.7	2340.4	927.8	932.4
ทางหลวง 224 (E)	237.2	238.0	F	F	1101.9	1104.1	438.4	439.2
มิตรภาพ(N)	518.9	499.6	F	F	2229.0	2181.3	890.3	871.3
cycle time					185.0	240.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					5659.6	5625.8	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					2256.5	2243.0	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	400.3	395.2		
Total Cost					23265.4	23006.8	($/h)	

จุดที่ 14 ห้าแยกประตูไชยณรงค์

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
ไชยณรงค์ (N)	115.2	111.3	F	F	197.1	194.9	78.7	77.8
พิบูลละเอียด (S)	38.3	33.7	D	C	111.8	109.4	44.7	43.7
ราชนุกูล (W)	143.8	92.1	F	F	158.8	132.7	63.5	53.1
ราชนุกูล (E)	62.3	53.7	E	D	73.8	71.0	29.5	28.4
เบญจรงค์(SE)	103.7	144.7	F	F	174.6	202.8	69.7	81.0
cycle time					110.0	95.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					716.0	710.9	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					286.0	284.0	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	91.6	88.0		
Total Cost					2318.4	2261.7	($/h)	

จุดที่ 15 ถนนมิตรภาพ ตัดกับ ซอย สำโรงจันทร์

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
มิตรภาพ (W)	97.1	92.9	F	F	1175.0	1200.4	468.6	478.8
มิตรภาพ (E)	38.1	34.6	D	C	591.9	590.8	236.3	235.9
ซอยเสาธง(S)	148.4	136.7	F	F	117.2	113.6	46.8	45.4
ซอยสำโรงจันทร์(N)	69.2	50.8	E	D	15.9	14.7	6.4	5.9
cycle time					175.0	120.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					1900.3	1919.6	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					458.1	765.9	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	74.8	70.3		
Total Cost					53873.4	5251.3	($/h)	

จุดที่ 16 ถนนโพธิ์กลาง ตัดกับ ถนนโยธา

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
โพธิ์กลาง (W)	254.8	206.5	F	F	683.7	632.9	269.8	249.5
โพธิ์กลาง (E)	6.8	7.2	A	A	90.9	87.2	35.8	34.3
ถนนโยธา (N)	152.5	113.1	F	F	130.0	116.6	51.2	46.0
ถนนโยธา (S)	177.5	215.2	F	F	156.5	173.9	61.8	68.7
cycle time					77.0	130.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					1061.0	1010.5	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					418.6	398.7	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	164.2	145.5		
Total Cost					2705.0	2465.1	($/h)	

จุดที่ 17 ถนน จักรี ตัดกับ ถนนยมราช

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
จักรี (N)	10.6	10.6	B	B	72.9	76.7	29.1	30.6
จักรี (S)	12.8	14.0	B	B	46.0	49.9	18.4	19.9
ยมราช (W)	24.9	19.7	C	B	46.5	46.5	18.7	18.6
ยมราช (E)	25.6	21.4	C	B	59.0	59.0	23.5	23.5
cycle time					74.0	50.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					224.6	232.0	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					89.7	92.7	(L/h)	
Intersection LOS			B	B	16.7	15.2		
Total Cost					495.8	483.6	($/h)	

จุดที่ 18 ถนน มหาดไทย ตัดกับ ถนนวัชรสฤษดิ์

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
มหาดไทย (W)	38.0	42.0	D	D	79.6	80.0	31.8	32.0
มหาดไทย(E)	57.4	55.5	E	E	132.3	130.0	52.8	51.9
วัชรสฤษดิ์(N)	14.4	15.3	B	B	58.2	56.3	23.2	22.4
วัชรสฤษดิ์ (S)	46.6	38.0	D	D	158.3	146.4	63.1	58.1
cycle time					77.0	100.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					428.4	412.7	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					170.8	164.6	(L/h)	
Intersection LOS			D	D	39.8	37.5		
Total Cost					1055.4	1013.0	($/h)	

จุดที่ 19 ถนนมนัส ตัดกับ ถนนจอมพล

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
จอมพล (W)	11.1	9.2	B	A	55.7	56.8	22.2	22.7
จอมพล (E)	13.5	10.2	B	B	26.5	26.1	10.6	10.5
มนัส (N)	15.4	11.3	B	B	46.7	45.5	18.7	18.2
มนัส (S)	12.2	8.6	B	A	26.1	25.5	10.4	10.2
cycle time					61.0	36.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					154.9	154.0	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					61.9	61.6	(L/h)	
Intersection LOS			B	B	13.1	10.1		
Total Cost					345.4	319.3	($/h)	

จุดที่ 20 ถนนไชยณรงค์ ตัดกับ ถนนสรรพสิทธิ์

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
สรรพสิทธิ์ (W)	18.0	21.3	B	C	36.3	36.7	14.5	14.6
สรรพสิทธิ์(E)	65.6	57.4	E	E	179.8	173.5	71.9	69.4
ไชยณรงค์ (N)	23.5	24.3	C	C	66.1	64.0	26.4	25.6
ถนนไชยณรงค์(S)	52.8	46.3	D	D	114.4	106.9	45.7	42.7
cycle time					66.0	100.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					396.6	381.2	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					158.5	152.3	(L/h)	
Intersection LOS			D	D	42.8	39.3		
Total Cost					1050.2	998.3	($/h)	

จุดที่ 21 ถนนจักรี ตัดกับ ถนนจอมพล

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
จอมพล(W)	13.7	15.6	B	B	74.5	78.7	29.7	31.4
จอมพล(E)	7.2	6.9	C	A	41.8	42.6	16.7	17.0
จักรี(N)	24.4	20.9	C	C	50.5	49.7	20.2	19.9
จักรี(S)	33.5	31.2	C	C	55.8	56.0	22.3	22.4
cycle time					78.0	60.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					222.6	226.9	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					88.9	90.7	(L/h)	
Intersection LOS			C	C	18.9	18.1		
Total Cost					512.4	506.8	($/h)	

จุดที่ 22 ถนนจักรี ตัดกับ ถนนอัษฎางค์

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
อัษฎางค์(W)	17.3	13.4	B	B	38.6	38.1	15.4	15.2
อัษฎางค์(E)	21.9	18.3	C	B	50.9	50.5	20.3	20.2
จักรี(N)	11.4	12.1	B	B	63.9	68.3	25.5	27.3
จักรี(S)	10.0	9.1	A	A	48.6	49.7	19.4	19.9
cycle time					68.0	45.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					202.0	206.6	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					80.6	82.5	(L/h)	
Intersection LOS			B	B	14.6	13.0		
Total Cost					418.1	405.3	($/h)	

จุดที่ 23 ถนน ราชดำเนิน ตัดกับ ถนนจอมสุรางค์ยาตร

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
จอมสุรางค์ยาตร(W)	185.1	168.8	F	F	328.6	312.5	131.3	124.5
จอมสุรางค์ยาตร(E)	147.4	133.6	F	F	561.5	533.1	224.4	213.0
ราชดำเนิน (S)	193.1	187.1	F	F	353.4	346.8	141.2	138.6
cycle time					123.0	205.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					1243.5	1192.3	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					496.9	476.5	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	163.3	151.9		
Total Cost					4982.5	4684.0	($/h)	

จุดที่ 24 ห้าแยกรถไฟ

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
มุขมนตรี(W)	429.2	325.7	F	F	1471.2	1303.4	588.1	521.0
โพธิ์กลาง(E)	56.2	89.4	E	F	93.2	103.3	37.2	41.2
สุรนารี(NE)	560.6	520.8	F	F	379.0	359.5	151.3	143.5
จอมสุรางค์ยาตร(SE)	298.4	271.2	F	F	1471.2	543.5	588.1	217.1
เดชอุดม (S)	247.9	227.2	F	F	624.0	591.1	249.3	236.1
cycle time					132.0	225.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					3140.8	2900.7	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					339.7	1159.1	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	31437.9	290.9		
Total Cost					4982.5	11892.1	($/h)	

จุดที่ 25 ถนนสุรนารี ตัดกับ ถนนบัวรอง

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
สุรนารี (W)	186.6	104.5	F	F	478.6	320.4	190.8	127.2
สุรนารี (E)	6.9	7.6	A	A	110.7	108.7	44.2	43.4
บัวรอง (N)	20.1	48.3	C	D	25.2	28.9	10.1	11.6
บัวรอง (S)	170.6	152.1	F	F	146.2	135.3	58.5	54.1
cycle time					60.0	170.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					760.7	593.3	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					303.5	236.8	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	120.7	83.1		
Total Cost					2513.5	1850.9	($/h)	

จุดที่ 26 ถนนโพธิ์กลาง ตัดกับ ถนนบัวรอง

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
โพธิ์กลาง (W)	16.5	13.9	B	B	83.0	85.2	33.1	34.1
โพธิ์กลาง (E)	15.1	10.6	B	B	51.0	50.8	20.4	20.3
บัวรอง (N)	18.2	14.1	B	B	47.1	47.5	18.8	19.0
บัวรอง (S)	19.3	16.2	B	B	52.8	55.6	21.1	22.2
cycle time					77.0	35.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					233.9	239.2	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					93.5	95.6	(L/h)	
Intersection LOS			C	B	16.9	13.3		
Total Cost					525.8	493.3	($/h)	

จุดที่ 27 ถนนราชดำเนิน ตัดกับ ทางหลวง 224

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
ทางหลวง 224 (w)	124.7	115.1	F	F	954.6	921.2	380.3	367.0
ทางหลวง 224 (E)	82.4	81.1	F	F	432.6	423.0	172.7	168.8
ราชดำเนิน(S)	48.5	47.4	D	D	745.2	737.5	297.0	294.0
ประปา(N)	60.7	66.8	E	E	222.7	225.2	89.0	90.1
cycle time					115.0	160.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					2355.1	2306.9	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					939.1	919.9	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	81.8	78.8		
Total Cost					6463.6	6305.4	($/h)	

จุดที่ 28 ถนนจอมพล ตัดกับ ทางหลวง 224

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
ทางหลวง 224 (N)	620.0	445.7	F	F	1270.1	927.6	506.0	369.5
ทางหลวง 224 (S)	369.7	252.1	F	F	863.4	578.1	319.8	230.1
จอมพล(W)	627.1	499.3	F	F	415.5	355.2	166.0	141.9
จอมพล(E)	36.5	64.1	D	E	118.1	129.5	47.2	51.8
cycle time					100.0	245.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					2607.2	1990.3	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					1039.0	793.3	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	445.9	329.6		
Total Cost					10635.1	8010.2	($/h)	

จุดที่ 29 ถนนมนัส ตัดกับ ถนน ยมราช

	ก่อน delay (sec)	หลัง delay (sec)	ก่อน LOS	หลัง LOS	ก่อน ก๊าซ (co_2) (kg/h)	หลัง ก๊าซ (co_2) (kg/h)	ก่อน เชื้อเพลิง (L/h)	หลัง เชื้อเพลิง (L/h)
ยมราช (W)	18.8	11.7	B	B	72.4	70.7	28.9	28.2
ยมราช (E)	23.6	14.5	C	B	69.9	67.6	27.9	26.8
มนัส (N)	10.0	12.9	A	B	42.1	47.7	16.8	19.1
มนัส (S)	8.1	12	A	B	76.8	101.2	30.2	39.7

cycle time			66.0	34.0	sec
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด			261.1	286.5	(kg/h)
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้			103.8	113.8	(L/h)
Intersection LOS	B	B	15.5	12.9	
Total Cost			519.8	507.9	($/h)

จุดที่ 30 ถนนมหาดไทย ตัดกับ ไชยณรงค์

	ก่อน delay (sec)	หลัง delay (sec)	ก่อน LOS	หลัง LOS	ก่อน ก๊าซ (co_2) (kg/h)	หลัง ก๊าซ (co_2) (kg/h)	ก่อน เชื้อเพลิง (L/h)	หลัง เชื้อเพลิง (L/h)
มหาดไทย (W)	27.8	21.4	C	C	53.3	52.0	21.3	20.8
มหาดไทย(E)	30.4	23.0	C	C	97.4	95.1	38.9	38.0
ไชยณรงค์ (N)	4.7	4.9	A	A	45.5	48.3	18.2	19.3
ไชยณรงค์(S)	4.2	5.1	A	A	41.3	44.6	16.5	17.9

cycle time			86.0	60.0	sec
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด			237.5	240.1	(kg/h)
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้			95.0	96.0	(L/h)
Intersection LOS	B	B	13.5	11.3	
Total Cost			565.8	542.7	($/h)

จุดที่ 31 ถนน ยมราช ตัดกับ ถนนประจักษ์

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
ยมราช (W)	42.0	66.0	D	E	58.4	64.4	23.3	25.7
ยมราช (E)	308.0	282.7	F	F	207.6	197.9	82.9	79.0
ประจักษ์ (N)	327.9	229.4	F	F	418.6	326.6	167.4	130.6
ประจักษ์ (S)	15.8	10.0	B	B	68.2	54.0	27.2	21.6
cycle time					81.0	200.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					752.8	642.9	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					300.6	257.0	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	183.9	145.5		
Total Cost					3094.7	2521.8	($/h)	

จุดที่ 32 ถนน ราชดำเนิน ตัดกับ ถนน ราชนุกูล

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
ราชนุกูล (W)	24.3	29.8	C	C	78.9	80.5	31.5	32.2
ราชนุกูล (E)	63.8	52.8	E	D	235.7	222.3	94.1	88.8
ราชดำเนิน (N)	23.7	22.7	C	C	149.6	144.2	59.7	57.5
ราชดำเนิน (S)	44.2	36.7	D	D	172.1	160.2	68.8	64.0
cycle time					75.0	110.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					636.3	607.2	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					254.2	242.6	(L/h)	
Intersection LOS			D	D	39.0	35.0		
Total Cost					1581.1	1496.1	($/h)	

จุดที่ 33 ถนนบัวรอง ตัดกับ ถนน จอมสุรางค์ยาตร

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
จอมสุรางค์ยาตร (W)	106.9	90.8	F	F	287.1	264.0	114.8	105.6
จอมสุรางค์ยาตร(E)	3.2	4.2	A	A	74.4	74.8	29.7	29.9
บัวรอง (N)	117.7	97.4	F	F	78.9	72.4	31.5	28.9
บัวรอง (S)	22.6	46.4	C	D	22.1	24.9	8.8	9.9
cycle time					66.0	110.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					462.5	436.1	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					184.9	174.9	(L/h)	
Intersection LOS			E	E	66.7	59.2		
Total Cost					1447.6	1326.5	($/h)	

จุดที่ 34 ถนน มนัส ตัดกับ ถนน อัษฎางค์

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
อัษฎางค์(W)	11.9	12.4	B	B	51.5	55.2	20.6	22.0
อัษฎางค์(E)	13.2	15.8	B	B	57.2	63.0	22.8	25.1
มนัส (N)	17.0	12.8	B	B	50.8	48.5	20.3	19.4
มนัส (S)	14.6	10.8	B	B	32.5	31.0	13.0	12.4
cycle time					60.0	40.0	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					192.0	197.7	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					76.7	79.0	(L/h)	
Intersection LOS			B	B	14.2	13.0		
Total Cost					415.4	407.4	($/h)	

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบก่อนและหลังปรับแก้รอบสัญญาณไฟจราจรจากโปรแกรม aaSidra ในช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น (17.00-18.00น.)

จุดที่ 1 ถนนมนัส ตัดกับ ทางหลวง 224								
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
ทางหลวง 224 (E)	71.9	51.6	E	D	445.7	420.4	177.4	167.4
ทางหลวง 224 (W)	28.9	29.7	D	C	1068.6	1083.6	426.4	432.2
มนัส(S)	35.4	33.6	D	C	201.4	200.8	80.5	80.2
cycle time					115	85	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					3910.1	1705.5	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					1716.7	679.9	(L/h)	
Intersection LOS			D	D	42.3	36.6		
Total Cost					3910.1	3778.1	($/h)	

จุดที่ 2 ถนนมิตรภาพ ตัดกับ สวายเรียง								
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
มิตรภาพ(E)	113.4	88.1	F	F	1309.9	1178.5	522.3	469.9
มิตรภาพ (W)	32.1	29.9	C	C	1298.4	1279.5	517.1	506.9
ซอยสวายเรียง(S)	88	158.2	F	F	39.5	49.4	15.8	19.7
cycle time					154	190	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					2648	6187.6	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					1055.2	999.2	(L/h)	
Intersection LOS			E	E	79.4	64.4		
Total Cost					6653.6	6187.6	($/h)	

จุดที่ 3 เดชอุดม ตัดกับ ถนนพิบูลละเอียด

	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
เดชอุดม(W)	15.7	22.2	B	C	111.2	114.5	44.5	45.8
พิบูลละเอียด (N)	18.4	7	B	A	257.4	223.2	102.9	89.2
พิบูลละเอียด (S)	8.4	4.7	A	A	145.4	133	57.8	52.9

cycle time	70	100	sec
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด	514.01	470.66	(kg/h)
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้	205.2	187.6	(L/h)
Intersection LOS	B B	15.4	10.6
Total Cost	1143.8	1047.6	($/h)

จุดที่ 4 ถนนไชยณรงค์ ตัดกับ ถนน จอมพล

	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จอมพล(W)	171.7	151.3	F	F	109	101.2	43.6	40.5
จอมพล(E)	38.4	67.1	D	E	71.5	78.3	28.6	31.3
ประจักษ์ (N)	176.1	126.4	F	F	275.2	227	109.9	90.7
ประจักษ์ (S)	4	3.8	A	A	23.3	22.3	9.3	8.9

cycle time	84	170	sec
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด	478.96	428.85	(kg/h)
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้	191.4	171.4	(L/h)
Intersection LOS	F F	116.2	96.1
Total Cost	1745.1	1490.1	($/h)

จุดที่ 5 ถนนประจักษ์ ตัดกับ ถนน อัษฎางค์

	ก่อน delay (sec)	หลัง delay (sec)	ก่อน LOS	หลัง LOS	ก่อน ก๊าซ (co_2) (kg/h)	หลัง ก๊าซ (co_2) (kg/h)	ก่อน เชื้อเพลิง (L/h)	หลัง เชื้อเพลิง (L/h)
อัษฎางค์(W)	28	60.8	C	E	55.1	65	22	25.9
อัษฎางค์(E)	198.7	152.3	F	F	218.1	196.6	87.1	78.5
ประจักษ์ (N)	207.7	172.3	F	F	280.6	247	112.2	98.7
ประจักษ์ (S)	7.5	9.5	A	A	25.2	25.1	10.1	10

	ก่อน	หลัง	
cycle time	82	200	sec
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด	579.16	533.65	(kg/h)
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้	231.4	213.2	(L/h)
Intersection LOS	F	F	
Total Cost	2145.3	1904.6	($/h)

จุดที่ 6 ถนนสุรนารี ตัดกับ ถนนจันทร์

	ก่อน delay (sec)	หลัง delay (sec)	ก่อน LOS	หลัง LOS	ก่อน ก๊าซ (co_2) (kg/h)	หลัง ก๊าซ (co_2) (kg/h)	ก่อน เชื้อเพลิง (L/h)	หลัง เชื้อเพลิง (L/h)
สุรนารี (W)	7.2	7.1	A	A	139	137.9	55.5	55.1
สุรนารี (E)	9.4	9.4	A	A	87.4	87.1	34.9	34.8
จันทร์(N)	31.9	32.6	C	C	533	533.2	213	213.1

	ก่อน	หลัง	
cycle time	60	63	sec
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด	759.34	758.19	(kg/h)
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้	303.5	303	(L/h)
Intersection LOS	B	B	
Total Cost	1762.3	1763.1	($/h)

จุดที่ 7 ถนนสุรนารายณ์ ตัดกับ ทางหลวง 224

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
ทางหลวง 224 (W)	19.1	61	B	E	241.1	325.9	96.2	129.9
ทางหลวง 224 E)	38.2	195.7	D	F	483.5	830.3	192.2	330.3
สุรนารายณ์(N)	663.7	124.7	F	F	1444.5	658.2	575.3	262.1
cycle time					145	180	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					2169.1	1814.9	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					863.6	722.3	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	223.9	122.8		
Total Cost					7851.0	5177.8	($/h)	

จุดที่ 8 ถนนประจักษ์ ตัดกับ ทางหลวง 224

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
ทางหลวง 224 (W)	207.1	177.6	F	F	563.8	510.7	225.2	204
ทางหลวง 224 (E)	273	237.6	F	F	620.4	562.3	246.9	223.8
ประจักษ์(S)	338.8	290.7	F	F	277.4	249.9	110.7	99.8
cycle time					109	190	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					1461.6	1322.9	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					582.9	527.6	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	252.9	216.9		
Total Cost					6277.9	5462.2	($/h)	

จุดที่ 9 ถนนโยธา ตัดกับ ถนนสุรนารี

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
สุรนารี (W)	67.7	38.8	E	D	159.1	121.1	63.6	48.4
สุรนารี (E)	6.7	6.8	A	A	64.2	62.6	25.7	25
โยธา(S)	58.8	77.4	E	E	53.9	58.9	21.5	23.5
cycle time					60	70	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					277.18	242.58	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					110.8	96.9	(L/h)	
Intersection LOS			D	D	42.4	33.5		
Total Cost					756.5	645.5	($/h)	

จุดที่ 10 ถนนจอมสุรางค์ยาตร ตัดกับ ถนนโยธา

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
จอมสุรางค์ยาตร (W)	4.7	65.6	A	A	106.2	99.1	42.5	39.6
จอมสุรางค์ยาตร(E)	739.5	3.7	F	F	1000.8	701.9	400.1	280.6
โยธา(N)	16.6	290.7	B	D	59	73.6	23.6	29.4
cycle time					60	160	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					1165.9	874.53	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					466.1	349.6	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	466.1	231.6		
Total Cost					5730.6	3856.1	($/h)	

จุดที่ 11 ถนนจักรี ตัดกับ ทางหลวง 224

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
จักรี(S)	11.6	13.4	B	B	130.1	132.1	52	52.8
HW.224 (W)	9.8	6.8	A	A	345.7	337	137.9	134.4
HW.224 (E)	66	37.2	E	D	381.2	312	151.8	124.2
cycle time					105	180	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					857.03	781.16	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					341.7	311.4	(L/h)	
Intersection LOS			C	B	27.6	17.8		
Total Cost					2085.4	1786.4	($/h)	

จุดที่ 12 ถนนสืบศิริ ตัดกับ ถนนมุขมนตรี

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
มุขมนตรี (W)	17.1	18.9	B	B	122.2	123.8	48.9	49.5
มุขมนตรี (E)	41.8	40.8	D	D	528.8	525.7	211.3	210.1
สืบศิริ(S)	56.8	54.4	E	D	418.3	414.9	167.2	165.8
cycle time					110	130	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					1069.3	1064.4	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					427.4	425.4	(L/h)	
Intersection LOS			D	D	39.4	38.9		
Total Cost					2689.2	2676.8	($/h)	

จุดที่ 13 ถนนมิตรภาพ ตัดกับ ทางหลวง 224

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
ทางหลวง 224 (W)	302.1	395.9	F	F	164.8	1631.3	655.9	649.3
ทางหลวง 224 (E)	184.3	181.9	F	F	1091.2	1059.6	434.7	422.1
ถนนมิตรภาพ(N)	345.3	346.5	F	F	1424.8	1427.2	568.6	569.6
cycle time					185	230	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					4164	4118.1	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					1659.2	1641	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	246.3	273.6		
Total Cost					15469.8	15314.0	($/h)	

จุดที่ 14 ห้าแยกประตูไชยณรงค์

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
ไชยณรงค์ (N)	319.9	325.4	F	F	264.1	267.4	105.5	106.9
พิบูลละเอียด (S)	38.9	30.6	D	C	80.7	242	32.3	31.2
ราชนุกูล (W)	381	332.4	F	F	360	330.2	143.9	132
ราชนุกูล (E)	58.1	45.4	E	D	84.7	80.8	33.9	32.6
เบญจรงค์(SE)	373.5	370.7	F	F	243.1	242	97.1	96.7
cycle time					110	80	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					1047.9	4022.9	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					429.6	408.9	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	262.6	241.3		
Total Cost					4507.8	4295.7	($/h)	

จุดที่ 15 ถนนมิตรภาพ ตัดกับ ซอย สำโรงจันทร์

	ก่อน delay (sec)	หลัง delay (sec)	ก่อน LOS	หลัง LOS	ก่อน ก๊าซ (co_2) (kg/h)	หลัง ก๊าซ (co_2) (kg/h)	ก่อน เชื้อเพลิง (L/h)	หลัง เชื้อเพลิง (L/h)
มิตรภาพ (W)	50.6	48.1	D	D	947.8	921.8	377.6	367.3
มิตรภาพ (E)	221.4	131.6	F	F	1820	1443.5	725.7	575.2
ซอยเสาธง(S)	930.4	187.3	F	F	495.5	178.4	198.1	71.3
ซอยสำโรงจันทร์(N)	78.5	63.7	E	E	17.2	16.1	6.9	6.4
cycle time					175	185	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					3280.6	2560.3	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					1307.7	1020.3	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	192.4	97.3		
Total Cost					10887.7	7063.0	($/h)	

จุดที่ 16 ถนนโพธิ์กลาง ตัดกับ ถนนโยธา

	ก่อน delay (sec)	หลัง delay (sec)	ก่อน LOS	หลัง LOS	ก่อน ก๊าซ (co_2) (kg/h)	หลัง ก๊าซ (co_2) (kg/h)	ก่อน เชื้อเพลิง (L/h)	หลัง เชื้อเพลิง (L/h)
โพธิ์กลาง (W)	223.2	183.4	F	F	569.7	531.5	224.5	209.5
โพธิ์กลาง (E)	9.7	12.5	A	B	111.9	108.5	44.1	42.7
โยธา (N)	237.2	188.8	F	F	217.3	196	85.7	77.3
โยธา (S)	50.2	65.7	D	E	96	99.9	37.9	39.4
cycle time					77	150	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					994.8	935.95	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					392.2	369	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	139.5	119.1		
Total Cost					2413.2	2149.6	($/h)	

จุดที่ 17 ถนน จักรี ตัดกับ ถนนยมราช

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
จักรี (N)	10	10.2	A	B	83	85.5	33.2	34.2
จักรี (S)	10.6	11.1	B	B	45.7	47.8	18.3	19.1
ยมราช (W)	25.8	22.9	C	C	58.4	58.5	23.5	23.4
ยมราช (E)	24.4	22	C	C	69.9	69.6	27.9	27.8
cycle time					74	60	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					257.59	261.43	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					102.9	104.4	(L/h)	
Intersection LOS			B	B	16	15.2		
Total Cost					560.3	551.7	($/h)	

จุดที่ 18 ถนน มหาดไทย ตัดกับ ถนนวัชรสฤษดิ์

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
มหาดไทย (W)	24.5	22.4	C	C	55.1	56.1	22	22.4
มหาดไทย(E)	21.4	19.6	C	B	81.7	83.2	32.7	33.2
วัชรสฤษดิ์(N)	16.8	16.6	C	B	57.8	60	23.1	24
วัชรสฤษดิ์ (S)	11.5	11.8	B	B	69.9	71.9	27.8	28.7
cycle time					77	50	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					264.18	271.11	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					105.6	108.4	(L/h)	
Intersection LOS			B	B	17.5	16.6		
Total Cost					589.7	583.6	($/h)	

จุดที่ 19 ถนนมนัส ตัดกับ ถนนจอมพล

	ก่อน delay (sec)	หลัง delay (sec)	ก่อน LOS	หลัง LOS	ก่อน ก๊าซ (co_2) (kg/h)	หลัง ก๊าซ (co_2) (kg/h)	ก่อน เชื้อเพลิง (L/h)	หลัง เชื้อเพลิง (L/h)
จอมพล (W)	9.7	9.3	A	A	64.2	66.2	25.7	26.5
จอมพล (E)	9.5	9	A	A	35.2	36.6	14.1	14.6
มนัส (N)	19.2	13.8	B	B	33.4	31.7	13.4	12.7
มนัส (S)	15.1	10.6	B	B	26.6	25.4	10.6	10.2

cycle time	61	40	sec
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด	157.57	159.87	(kg/h)
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้	63.8	63.9	(L/h)
Intersection LOS	B	B	12.8	10.6	
Total Cost	350.8	332.3	($/h)

จุดที่ 20 ถนนไชยณรงค์ ตัดกับ ถนนสรรพสิทธิ์

	ก่อน delay (sec)	หลัง delay (sec)	ก่อน LOS	หลัง LOS	ก่อน ก๊าซ (co_2) (kg/h)	หลัง ก๊าซ (co_2) (kg/h)	ก่อน เชื้อเพลิง (L/h)	หลัง เชื้อเพลิง (L/h)
สรรพสิทธิ์ (W)	20.6	21.7	C	C	68.9	69.5	27.5	27.8
สรรพสิทธิ์(E)	35.3	38	C	C	121.7	123.1	48.6	49.2
ไชยณรงค์ (N)	25.4	22.3	C	C	82.9	78.8	33.1	31.5
ไชยณรงค์(S)	15.6	14.4	B	B	67.4	65.6	27	26.2

cycle time	66	70	sec
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด	340.98	336.98	(kg/h)
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้	136.3	134.7	(L/h)
Intersection LOS	C	C	23.1	22.7	
Total Cost	799.4	791.4	($/h)

จุดที่ 21 ถนนจักรี ตัดกับ ถนนจอมพล

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
จอมพล(W)	12.8	16	B	B	67.4	73.9	27	29.6
จอมพล(E)	9.6	9.1	A	A	55	56.8	22	22.7
จักรี(N)	21.2	17	C	B	63.4	62.2	25.3	24.9
จักรี(S)	28	22.9	C	C	54.5	53.8	21.8	21.5

cycle time				78	50	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด				240.35	246.75	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้				96.1	98.7	(L/h)	
Intersection LOS		B	B	17.3	15.9		
Total Cost				551.6	539.2	($/h)	

จุดที่ 22 ถนนจักรี ตัดกับ ถนนอัษฎางค์

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
อัษฎางค์(W)	26.9	12.9	B	B	54.8	54	21.9	21.5
อัษฎางค์(E)	20	16.6	B	B	73.5	73.2	29.4	29.2
จักรี(N)	13.8	15.1	B	B	65.5	70.9	26.2	28.3
จักรี(S)	13	11.6	B	B	49.7	51.3	19.9	20.5

cycle time				68	40	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด				243.47	249.37	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้				97.3	99.6	(L/h)	
Intersection LOS		B	B	15.8	14.2		
Total Cost				516.0	500.5	($/h)	

จุดที่ 23 ถนน ราชดำเนิน ตัดกับ ถนนจอมสุรางค์ยาตร

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
จอมสุรางค์ยาตร(W)	142	132.3	F	F	272.3	262.6	108.9	105
จอมสุรางค์ยาตร(E)	170.5	146	F	F	768.3	694.9	307.1	277.8
ราชดำเนิน (S)	153.7	163.9	F	F	200.3	206.1	80	82.3
cycle time					123	230	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					1240.8	1163.6	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					496	465.2	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	159.6	142.7		
Total Cost					4931.2	4524.6	($/h)	

จุดที่ 24 ห้าแยกรถไฟ

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
มุขมนตรี(W)	213.8	166.7	F	F	1209.2	1120.4	483.5	448
โพธิ์กลาง(E)	51.9	88.1	D	F	96.3	108.5	38.5	43.4
สุรนารี(NE)	363.5	308.3	F	F	327.9	294.3	131	117.6
จอมสุรางค์ยาตร (W)	216.8	188.1	F	F	1209.2	491.8	483.5	196.6
เดชอุดม (S)	305.6	268.9	F	F	599.6	552.6	239.8	221
cycle time					132	240	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด					2766.8	2567.7	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้					1106.1	1026.5	(L/h)	
Intersection LOS			F	F	239.9	204.4		
Total Cost					10837.3	9634.3	($/h)	

จุดที่ 25 ถนนสุรนารี ตัดกับ ถนนบัวรอง

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
สุรนารี(W)	83.3	7.2	F	A	291.6	113.7	116.2	45.4
สุรนารี(E)	6.4	5.5	A	A	118.2	113.7	47.2	45.3
บัวรอง(N)	21.6	39.5	C	D	28.6	31.5	11.5	12.6
บัวรอง(S)	21.7	53	C	D	54.9	67.4	21.8	26.8

cycle time	60	150	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด	493.33	326.15	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้	196.7	130.1	(L/h)	
Intersection LOS	D	B	44.2	17.2
Total Cost	1211.6	743.0	($/h)	

จุดที่ 26 ถนนโพธิ์กลาง ตัดกับ ถนนบัวรอง

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
โพธิ์กลาง (W)	16.7	16.2	B	B	82.5	87.9	33	35.1
โพธิ์กลาง (E)	14.5	10.7	B	B	53.3	54.1	21.3	21.6
บัวรอง (N)	19.9	16.4	B	B	52.9	54.7	21.1	21.4
บัวรอง (S)	17.5	11.2	B	B	36.5	36.4	14.6	14.5

cycle time	77	30	sec	
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด	225.27	233.1	(kg/h)	
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้	90.1	93.2	(L/h)	
Intersection LOS	B	B	16.8	13.5
Total Cost	516.7	488.9	($/h)	

จุดที่ 27 ถนนราชดำเนิน ตัดกับ ทางหลวง 224

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
ทางหลวง 224 (W)	110.9	98.6	F	F	1002.8	957.7	399.2	381.2
ทางหลวง 224 (E)	45	51.1	D	D	407.5	409.4	162.4	163.1
ราชดำเนิน(S)	30.5	32.2	C	C	660.2	662.6	263.2	264.1
ประปา(N)	32.3	40.8	C	D	120.7	125.6	48.3	50.2

cycle time			115	160	sec
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด			2191.2	2155.2	(kg/h)
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้			873	858.7	(L/h)
Intersection LOS	F	E	60.7	59.6	
Total Cost			5402.7	5327.9	($/h)

จุดที่ 28 ถนนจอมพล ตัดกับ ทางหลวง 224

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
ทางหลวง 224 (N)	1941	879.6	F	F	3240.8	1828.7	1287	726.3
ทางหลวง 224 (S)	1351	574.1	F	F	1899.5	989.7	755.4	393.7
จอมพล(W)	1797	928	F	F	973.1	577.8	388.9	230.9
จอมพล(E)	83.1	95.2	F	F	148.9	146.5	59.5	58.6

cycle time			100	280	sec
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด			6262.4	3542.6	(kg/h)
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้			2490.8	1409.3	(L/h)
Intersection LOS	F	F	1428.2	661.2	
Total Cost			31415.5	15402.5	($/h)

จุดที่ 29 ถนนมนัส ตัดกับ ถนน ยมราช

	ก่อน delay (sec)	หลัง delay (sec)	ก่อน LOS	หลัง LOS	ก่อน ก๊าซ (co_2) (kg/h)	หลัง ก๊าซ (co_2) (kg/h)	ก่อน เชื้อเพลิง (L/h)	หลัง เชื้อเพลิง (L/h)
ยมราช (W)	18.3	14.9	B	B	75	75.9	30	30.3
ยมราช (E)	21.4	16.1	C	B	81.6	82.2	32.6	32.8
มนัส (N)	12.1	12.4	B	B	50	53.8	20	21.5
มนัส (S)	11	11.4	B	B	84.5	98.2	33.2	38.5

cycle time	66	34	sec
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด	291.14	310.05	(kg/h)
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้	115.7	123.2	(L/h)
Intersection LOS	B	B	16.2	13.8	
Total Cost	571.5	557.0	($/h)

จุดที่ 30 ถนนมหาดไทย ตัดกับ ไชยณรงค์

	ก่อน delay (sec)	หลัง delay (sec)	ก่อน LOS	หลัง LOS	ก่อน ก๊าซ (co_2) (kg/h)	หลัง ก๊าซ (co_2) (kg/h)	ก่อน เชื้อเพลิง (L/h)	หลัง เชื้อเพลิง (L/h)
มหาดไทย (W)	24.6	21.7	C	C	55	54.3	22	21.7
มหาดไทย(E)	33.9	29.2	C	C	84.7	83.6	33.9	33.4
ไชยณรงค์ (N)	3.5	3.5	A	A	44.6	45.7	17.8	18.3
ไชยณรงค์(S)	2.6	2.8	A	A	36.2	37.5	14.5	15

cycle time	86	70	sec
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด	220.5	221.12	(kg/h)
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้	88.2	88.4	(L/h)
Intersection LOS	B	B	12.3	11.1	
Total Cost	536.8	523.1	($/h)

จุดที่ 31 ถนน ยมราช ตัดกับ ถนนประจักษ์

	ก่อน delay (sec)	หลัง delay (sec)	ก่อน LOS	หลัง LOS	ก่อน ก๊าซ (co_2) (kg/h)	หลัง ก๊าซ (co_2) (kg/h)	ก่อน เชื้อเพลิง (L/h)	หลัง เชื้อเพลิง (L/h)
ยมราช (W)	40.7	63	D	E	61.8	67.2	24.6	26.8
ยมราช (E)	433.6	357.1	F	F	236.3	210.8	94.4	84.2
ประจักษ์ (N)	416.1	318.1	F	F	621.2	494.5	248.2	197.6
ประจักษ์ (S)	19.5	5.3	B	A	74.9	48.5	29.9	19.4

	ก่อน	หลัง	
cycle time	81	230	sec
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด	994.19	821.04	(kg/h)
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้	397.2	328	(L/h)
Intersection LOS	F	F	
Total Cost	4274.3	3442.1	($/h)

จุดที่ 32 ถนน ราชดำเนิน ตัดกับ ถนน ราชนุกูล

	ก่อน delay (sec)	หลัง delay (sec)	ก่อน LOS	หลัง LOS	ก่อน ก๊าซ (co_2) (kg/h)	หลัง ก๊าซ (co_2) (kg/h)	ก่อน เชื้อเพลิง (L/h)	หลัง เชื้อเพลิง (L/h)
ราชนุกูล (W)	19	43.4	B	D	46.1	51.7	18.4	20.7
ราชนุกูล (E)	358.1	244.6	F	F	672.9	525.2	269.1	210
ราชดำเนิน (N)	16.9	30.1	B	C	106.5	110.3	42.5	44.1
ราชดำเนิน (S)	322.6	248.8	F	F	588.6	473.3	235.2	189.2

	ก่อน	หลัง	
cycle time	75	240	sec
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด	1414	1160.4	(kg/h)
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้	565.3	463.9	(L/h)
Intersection LOS	F	F	
Total Cost	5711.1	4501.3	($/h)

จุดที่ 33 ถนนบัวรอง ตัดกับ ถนน จอมสุรางค์ยาตร

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
จอมสุรางค์ยาตร(W)	63.3	62.6	E	E	169.9	169.9	67.9	67.8
จอมสุรางค์ยาตร(E)	10.6	10.7	B	B	120.4	120.4	48.1	47.7
บัวรอง (N)	68.7	64.8	E	E	39.9	39.4	37.5	36.7
บัวรอง (S)	13.9	15.2	B	B	15.4	15.4	6.1	6.2

cycle time			66	76	sec
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด			399.6	396.23	(kg/h)
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้			159.8	158.4	(L/h)
Intersection LOS	F	D	39.4	38.5	
Total Cost			1078.5	1064.9	($/h)

จุดที่ 34 ถนน มนัส ตัดกับ ถนน อัษฎางค์

	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	delay (sec)		LOS		ก๊าซ (co_2) (kg/h)		เชื้อเพลิง (L/h)	
อัษฎางค์(W)	7.9	8	A	A	56.4	57.6	22.5	23
อัษฎางค์(E)	8.8	9.7	A	A	69.8	72.7	27.9	29
มนัส (N)	22.1	19.2	C	B	31.4	30.7	12.6	12.3
มนัส (S)	20.9	18.1	C	B	38.6	37.6	15.4	15

cycle time			60	50	sec
ปริมาณมลพิษ(co_2)ทั้งหมด			196.25	198.58	(kg/h)
ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้			78.4	79.3	(L/h)
Intersection LOS	B	B	13.4	12.6	
Total Cost			422.6	416.1	($/h)

จากตารางผลการทดสอบก่อนและหลังปรับแก้สัญญาณไฟจราจรจากโปรแกรมSidra ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น ผลการทดสอบพบว่าเมื่อโปรแกรมทำการปรับแก้รอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมโดยทำการปรับปรุงการลดลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (co_2) และการเผาผลาญเชื้อเพลิงของยานพาหนะโดยการลดการติดขัด ความล่าช้า แถวคอยของขาทางแยกของทุกๆขาขาทางแยกที่ทำการศึกษาพบว่า ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (co_2) ของช่วงประมาณเช้าและเย็น มีค่าลดลง เฉลี่ยประมาณ 3.81 % ส่วนระดับการอัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิงของยานพาหนะมีปริมาณลดลงเฉลี่ยอย่างเห็นได้ชัดประมาณ 7.21% และค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากปริมาณมลพิษและการติดขัดของปริมาณจราจร ซึ่งผลการทดสอบของโปรแกรมSidra ก่อนและหลังปรับแก้สัญญาณไฟจราจรพบว่าในปีๆหนึ่งเราจะสูญเสีย ค่าใช้จ่ายของปริมาณมลพิษและการติดขัดการจราจรประมาณ 11,100 พันล้านบาท/ปี ซึ่งผลการทดสอบการปรับปรุงรอบสัญญาณไฟที่เหมาะสมหลังทำการทดสอบ พบว่าลดลงเหลือ 9,400 ล้านบาท/ปี ซึ่งลดลงได้เฉลี่ยประมาณ 7.91% นอกจากนี้ เมื่อลองปรับปรุงความเหมาะสมรอบสัญญาณไฟ ระดับการให้บริการของทางแยกมีค่าดีขึ้น ลดลงอีกเฉลี่ยประมาณ 1 ระดับการให้บริการ ซึ่งสามารถลดการติดขัดได้อย่างชัดเจน

ตาราง 4.3 สรุปปริมาณก๊าซก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(co_2) และการเผาผลาญเชื้อเพลิงของยานพาหนะในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น

ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า (7.30-8.30น.)					
co_2 (Kg/h)		Fuel(L/h)		Cost ($/h)	
ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
40,822.9	36,006.0	23,506.4	21,673.0	140,242.2	118,832.0
decrease	6.3%	decrease	4.1%	decrease	8.3%
ลดลง 42,196,044 Kg/year		ลดลง 16,060,584 L/year		ลดลง 7,502,137,584 Bath/year	
ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น (17.00-18.00น.)					
co_2 (Kg/h)		Fuel(L/h)		Cost ($/h)	
ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
43,576.57	42,42443.46	17,543.87	14,260.6	146,306.78	114,522.36
decrease	1.31%	decrease	10.32%	decrease	12.18%
ลดลง 9,926,043.6 Kg/year		ลดลง 28,761,445 L/year		ลดลง 11,372,260,768 Bath/year	

บทที่ 5
สรุปผล ข้อเสนอแนะ และแนวทางการศึกษาต่อเนื่อง

5.1 สรุปผลการทดสอบ

จากการศึกษาเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองโปรแกรม sidra ได้แก่ ปริมาณ อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิง การปลดปล่อยมลพิษของยานพาหนะ ความล่าช้า ค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากการติดขัดในโครงข่ายจราจร พบว่าเมื่อทำการปรับแก้รอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมแล้วอัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิง ความล่าช้าของโครงข่ายมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัดและระดับการให้บริการ(Level of Service)มีค่าที่ดีขึ้นอีกหนึ่งระดับ ซึ่งอัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิงมีค่าลดลงประมาณประมาณ 7.21% และค่าใช้จ่ายของปริมาณมลพิษและการติดขัดของปริมาณจราจรลดลงได้ประมาณ 7.91% ซึ่งการปรับแก้รอบสัญญาณไฟให้เหมาะสม เป็นการใช้งานโครงข่ายจราจรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและลดสามารถความสูญเสียการเดินทางในโครงข่ายจราจรและรูปแบบน้ำมันเชื้อเพลิงที่เผาผลาญไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม

5.2 ข้อเสนอแนะ

โปรแกรมที่การจำลองสภาพการจราจรในระดับมหภาค การแสดงผลออกมาในรูปของกราฟิกสามารถแสดงรายละเอียดของกราฟิกในรูปแบบ 2 มิติและความละเอียดเหมือนจริงของการแสดงทางแยกของโปรแกรมยังไม่ละเอียดและเหมือนจริงเท่าที่ควรแต่การแสดงผลข้อมูลวิเคราะห์ผล(Output)ของโปรแกรมมีความละเอียดดีมาก

5.3 แนวทางการศึกษาต่อเนื่อง

จากการทำการศึกษาวิจัย พบว่าการจำลองสภาพการจราจรในระดับมหภาค ยังไม่มีความละเอียดมากพอในการวิเคราะห์เมื่อเทียบกับโปรแกรมจำลองระดับจุลภาค ควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการติดขัดและปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นเพื่อให้ความละเอียดถูกต้องมากขึ้น โดยนำโปรแกรมจำลองสภาพจราจรในระดับจุลภาคเข้ามาวิเคราะห์เพิ่มเติม

บรรณานุกรม

1. กมล ปุ่นศิริ. (2542). **การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SIDRA ในการวิเคราะห์สัญญาณไฟจราจรในเมืองหาดใหญ่และเมืองอุบลราชธานี.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา(การขนส่ง) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
2. โครงการจัดทำแบบจำลองการจัดระบบการจราจรและการขนส่ง สำหรับเมืองภูมิภาค จังหวัดนครราชสีมา, รายงานหลัก พ.ศ. 2538, สำนักงานคณะกรรมการจัดระบบการจราจรทางบก
3. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. (2546). **โครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองในภูมิภาคจังหวัดนครราชสีมา (ครั้งที่2).** นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. Akcelik, R. (2000). **Traffic Signals: capacity and Timing Analysis.** แปลโดย บริษัท แพลนโปร จำกัด. ม.ป.ท.
4. Akcelik, R. (2002). AaSidra Traffic Model Reference Guide [Computer software]: Akcelik & Associates Pty Ltd.
5. Road and Traffic Authority NSW, Report on SCATS system in NSW
6. Roess, R.P., Prassas, E.S. and Mcshane W.R. (2004). **Traffic Engineering** (3rd Ed.). New Jersey: Pearson Prentice Hell.

ภาคผนวก ก:
ตัวอย่างข้อมูลการทดสอบการวิเคราะห์การจราจรในระดับมหภาคโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Sidraในการวิเคราะห์จราจรก่อนปรับปรุงสัญญาณไฟจราจร

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	PHASE MATRIX First Green Fr	To	Op	Pr	Second Green Fr	To	Op	Pr	Lost Tim 1st Grn	2nd Grn	Req.Mov.Time 1st Grn	2nd Grn	Eff. Grn 1st Grn	2nd 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

Movement Types:
Ped Pedestrian
Dum Dummy
Und Undetected in both green periods
Un1 Undetected in 1st green period
Un2 Undetected in 2nd green period

Under heading 'Op':
L "Left" turns are opposed
R "Right" turns are opposed
LR "Left and Right" opposed
C "Constant" saturation flow

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 5.12A - 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: HANAT 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 Ratio (g/C) 1st grn	2nd grn	Total Flow (veh /h)	Total Cap. (veh /h)	Deg. of Satn (v/c)	Aver. Delay (sec)	LOS
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 ข:

ตัวอย่างข้อมูลการทดสอบการวิเคราะห์การจราจรในระดับมหภาคโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Sidraในการวิเคราะห์จราจรหลังปรับปรุงสัญญาณไฟจราจร

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 5.1 - MOVEMENT PHASE AND TIMING PARAMETERS

Mov No.	Mov Typ	PHASE MATRIX First Green Fr	To	Op	Pr	Second Green Fr	To	Op	Pr	Lost Tim 1st Grn	2nd Grn	Req.Mov.Time 1st Grn	2nd Grn	Eff. Grn 1st Grn	2nd 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: HANAT 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 5.15 - CAPACITY AND LEVEL OF SERVICE

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

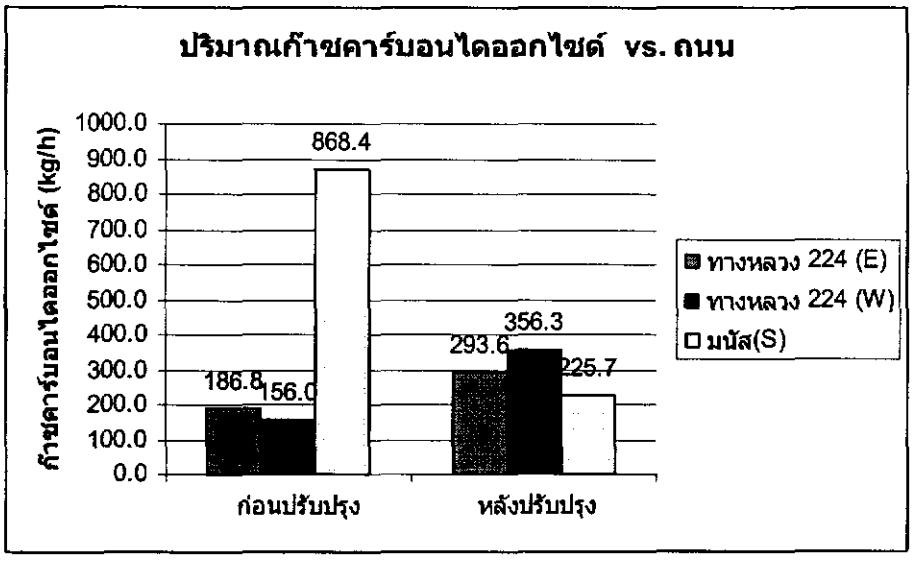
ภาคผนวก ค:

แสดงตัวอย่างเปรียบเทียบค่าปริมาณก๊าซมลพิษ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน

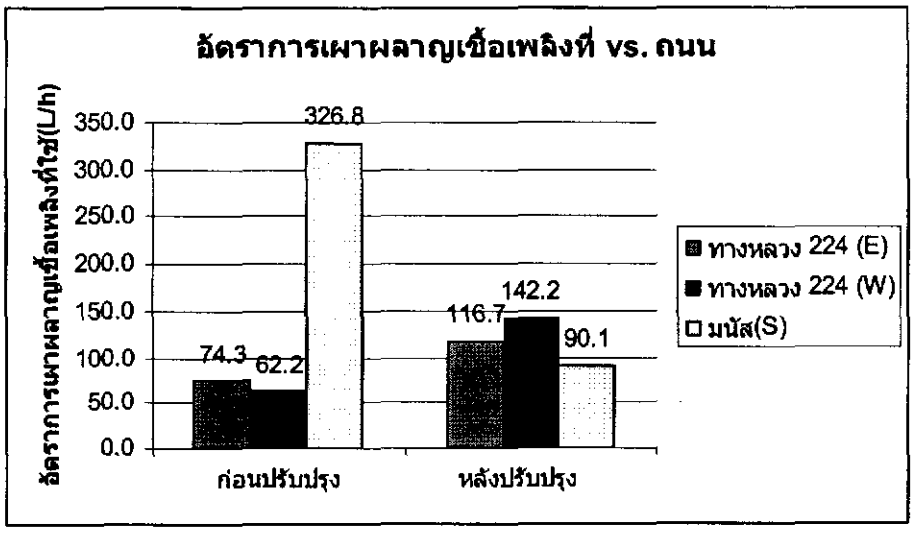
ก่อนและหลังการปรับปรุงของทางแยกที่ทำการศึกษา

จุดที่ 1 ถนนมนัส ตัดกับ ทางหลวง 224

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

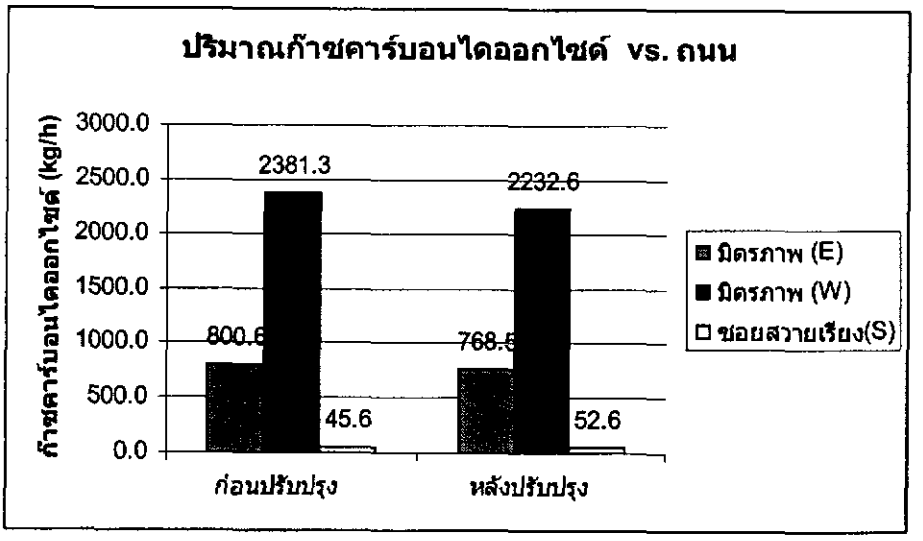


อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิง

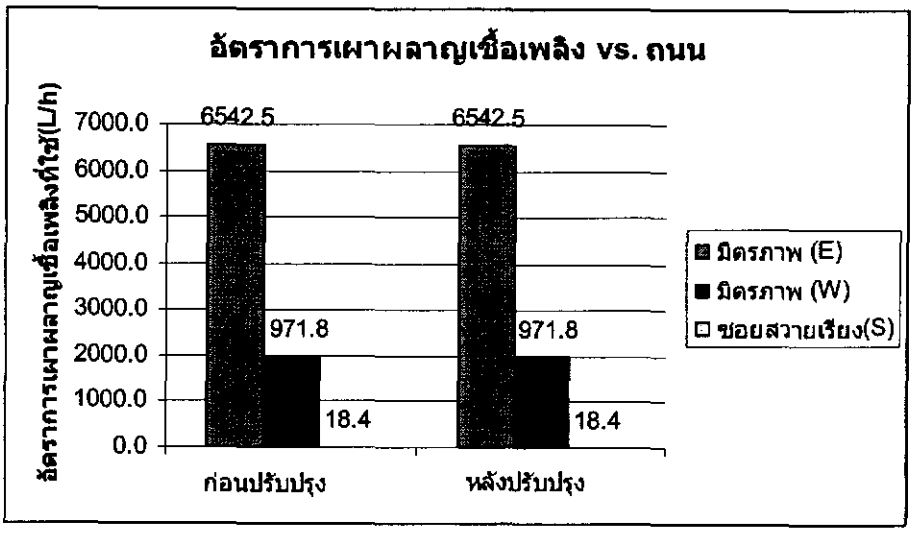


จุดที่ 2 ถนนมิตรภาพ ตัดกับ สวายเรียง

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

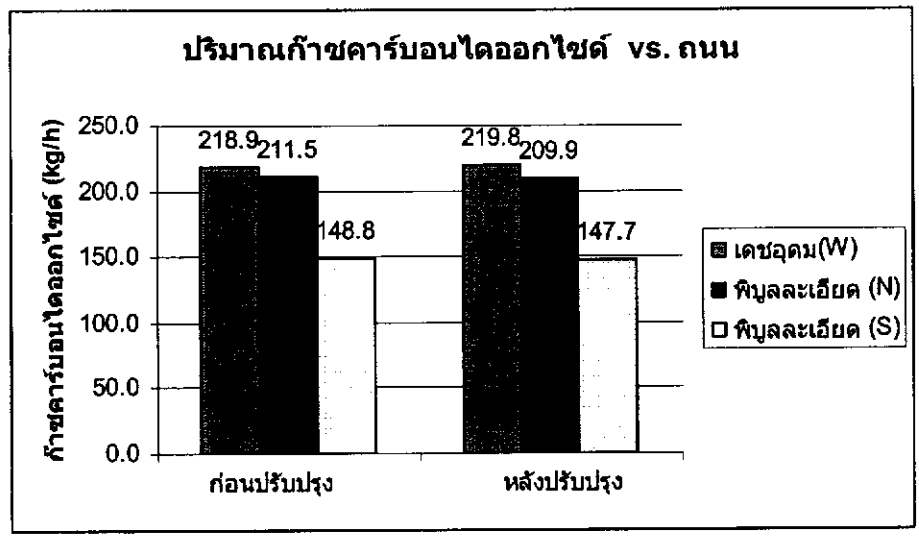


อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิง

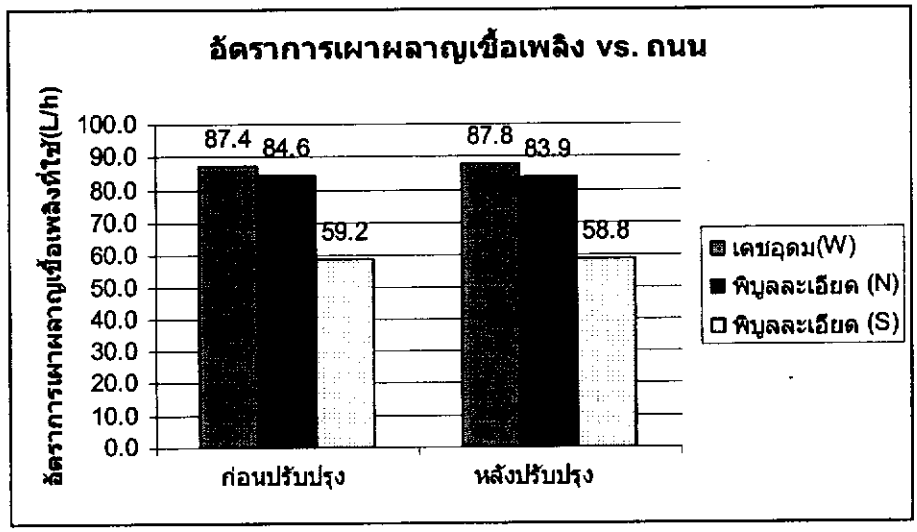


จุดที่ 3 เดชอุดม ตัดกับ ถนนพิบูลละเอียด

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

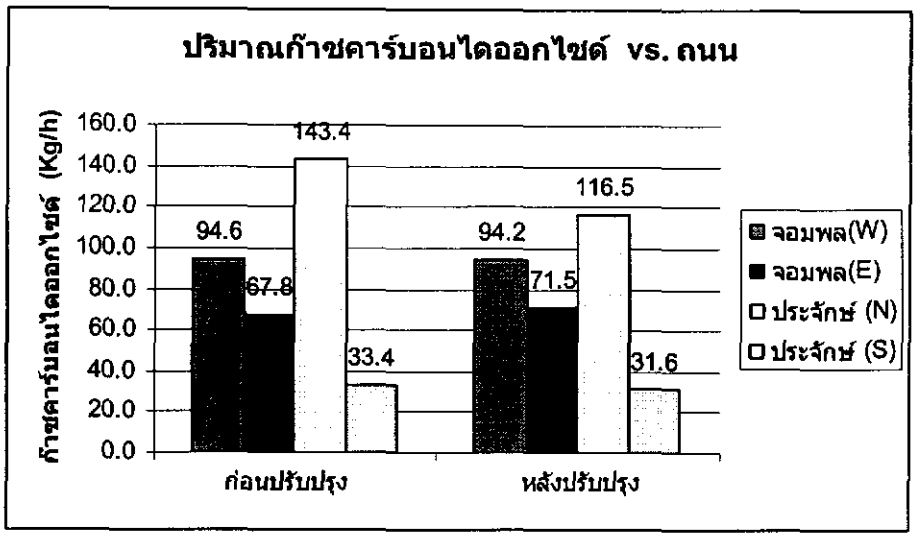


อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิง

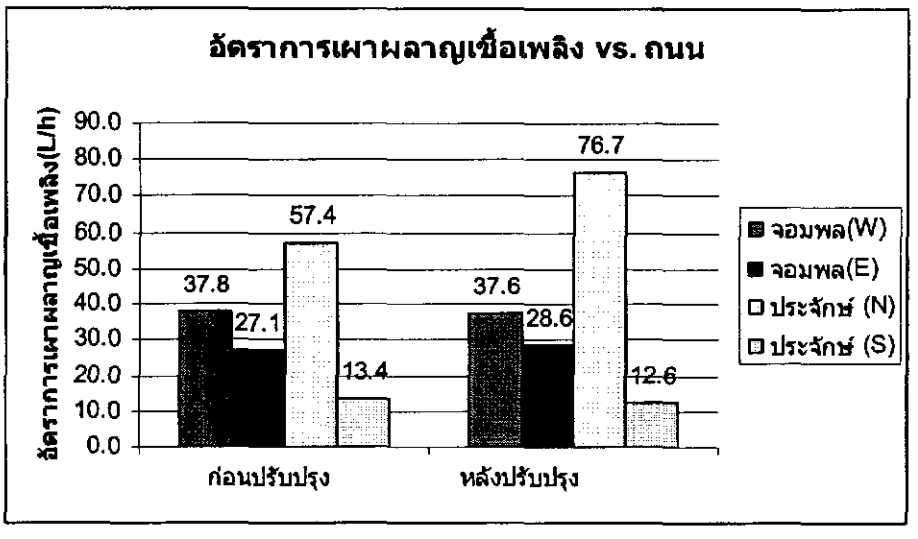


ชุดที่ 4 ถนนไชยณรงค์ ตัดกับ ถนน จอมพล

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

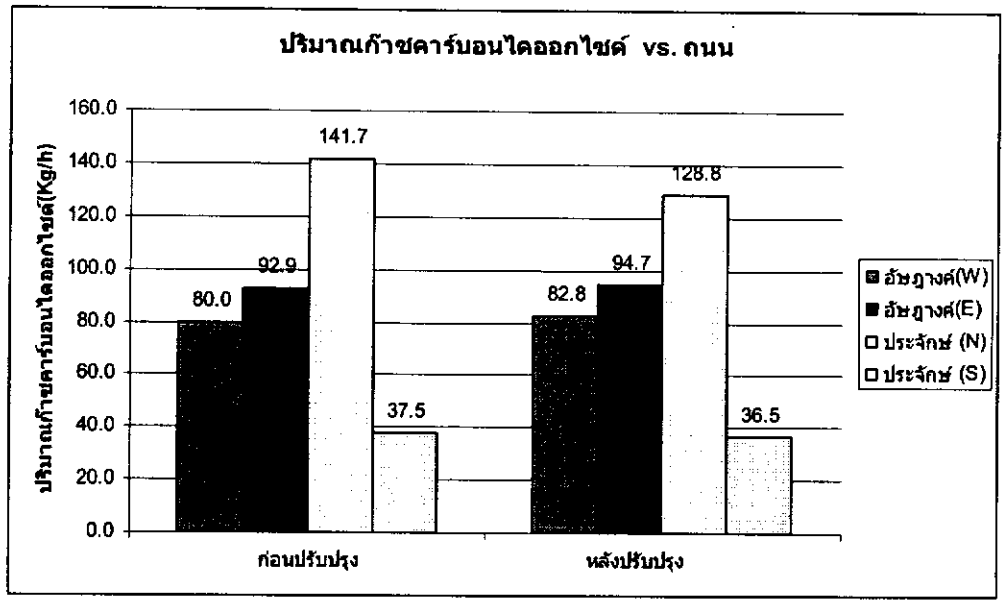


อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิง

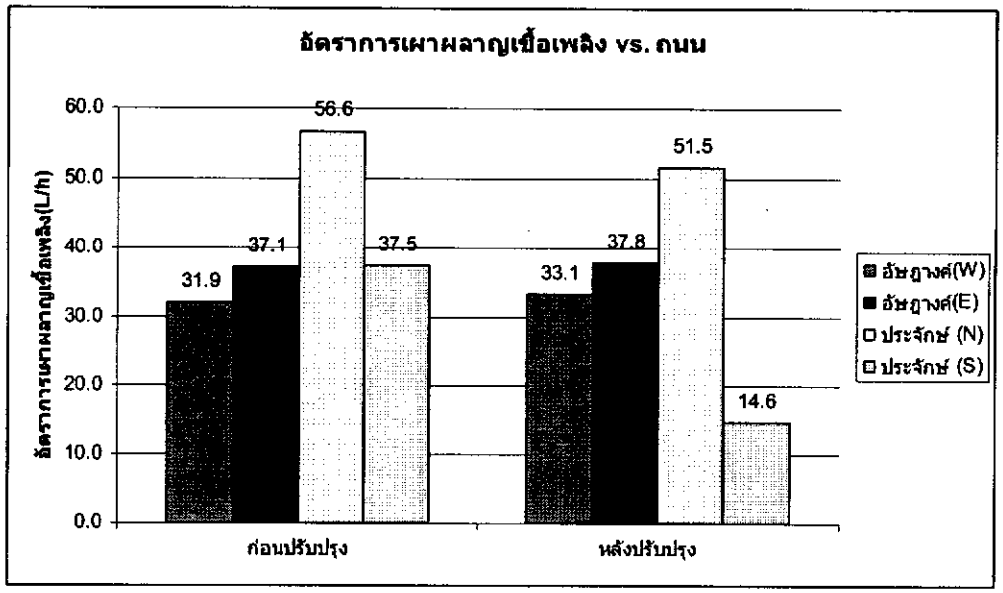


จุดที่ 5ถนนประจักษ์ ตัดกับ ถนน อัษฎางค์

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

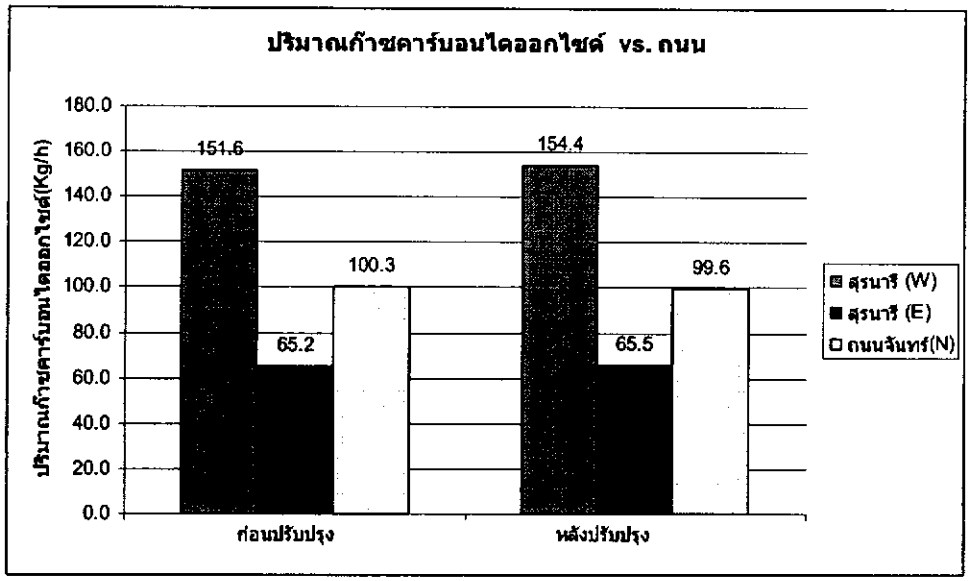


อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิง

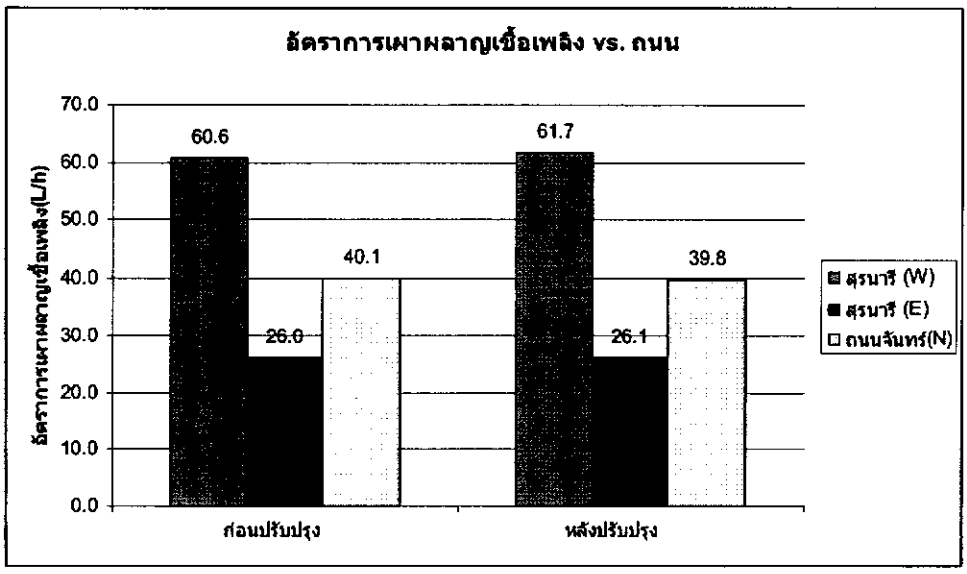


จุดที่ 6 ถนนสุรนารี ตัดกับ ถนนจันทร์

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

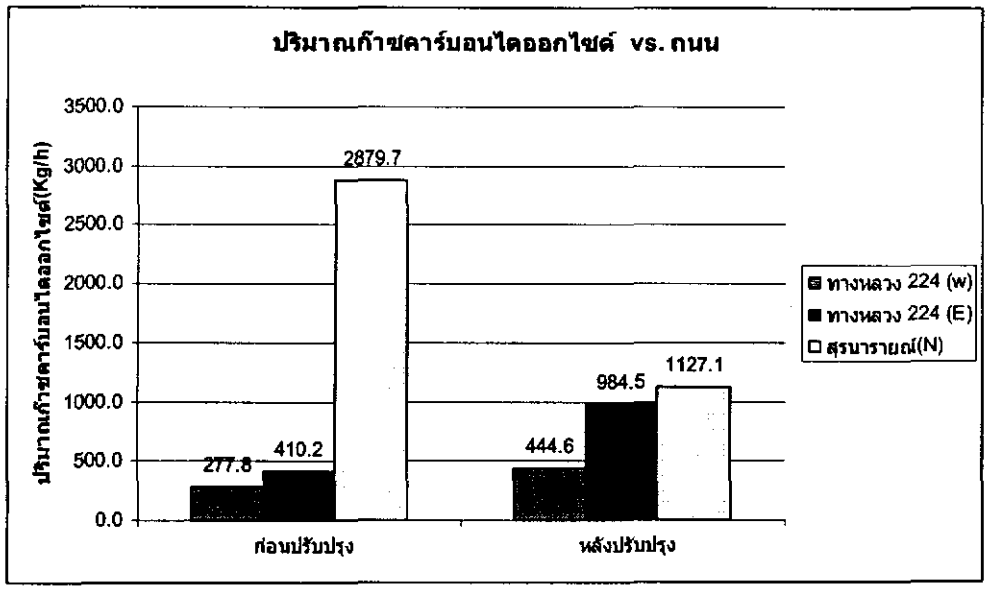


อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิง

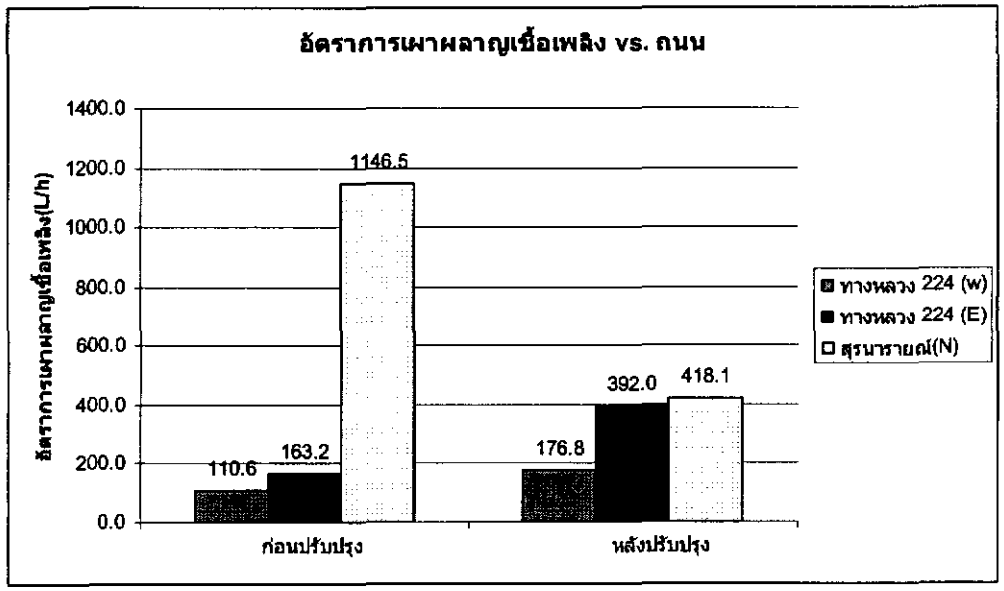


จุดที่ 7 ถนนสุรนารายณ์ ตัดกับ ทางหลวง 224

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

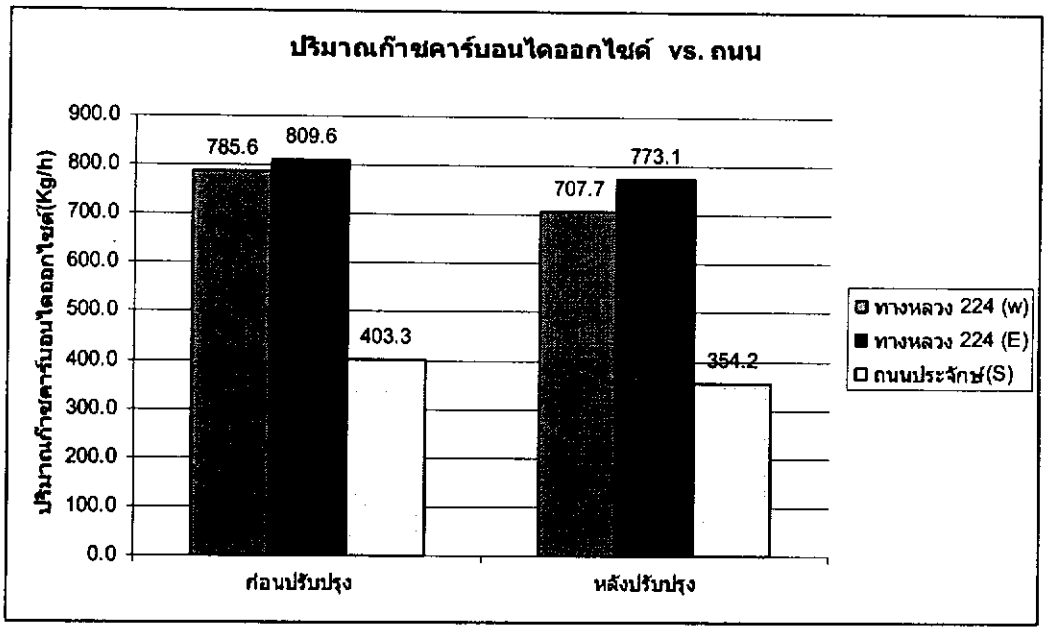


อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิง

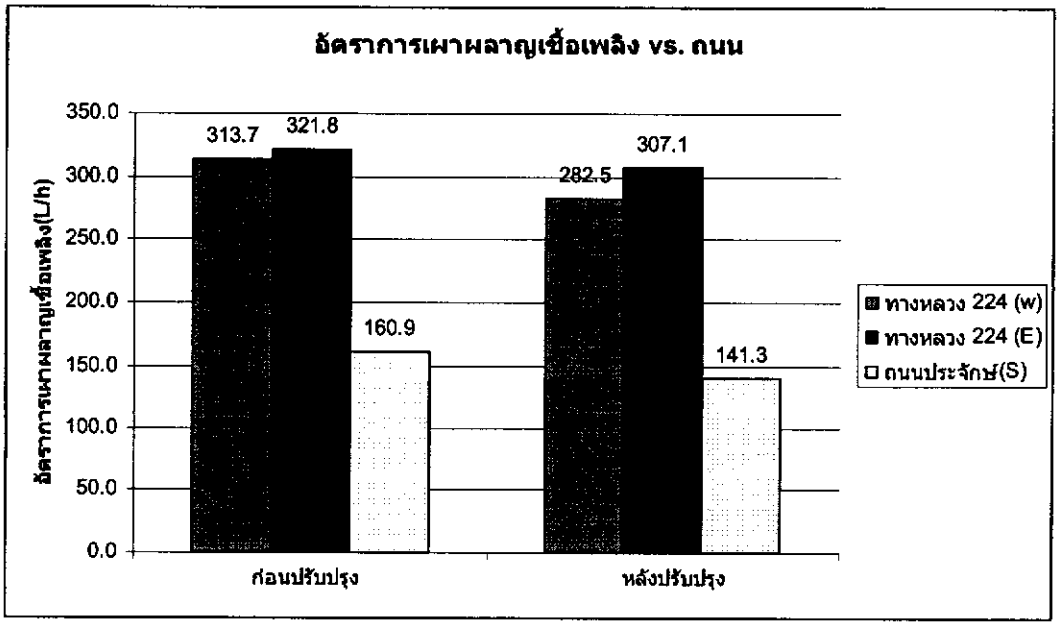


จุดที่ 8 ถนนประจักษ์ ตัดกับ ทางหลวง 224

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

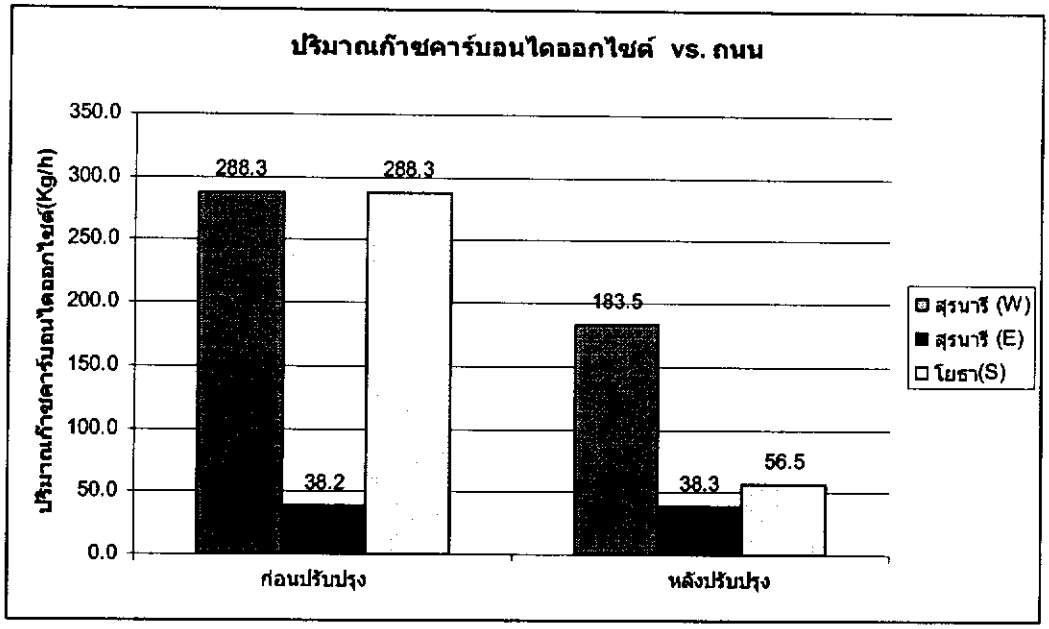


อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิง

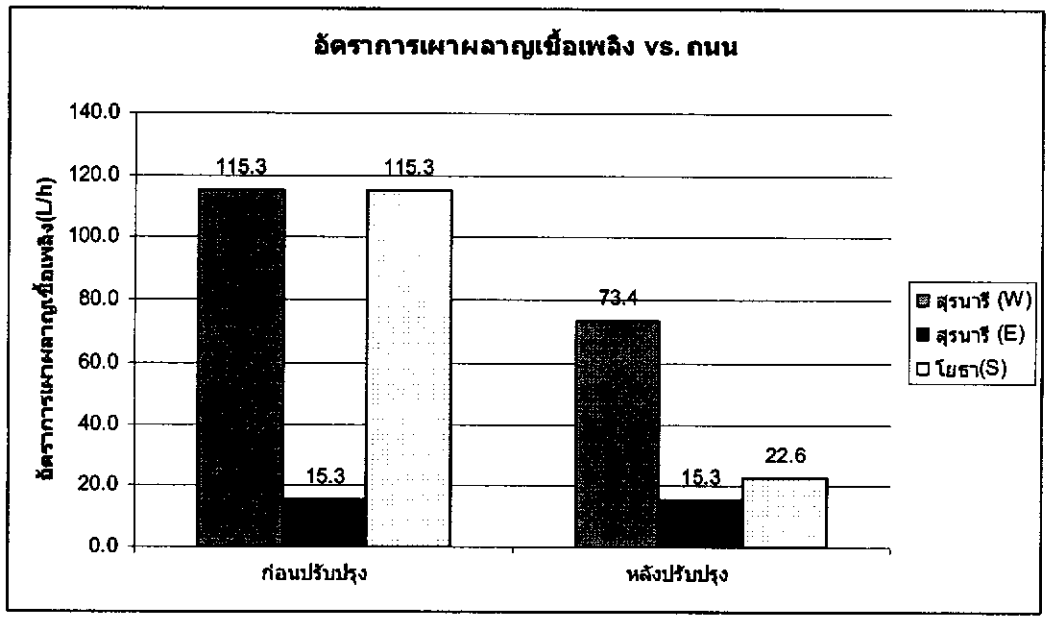


จุดที่ 9 ถนนโยธา ตัดกับ ถนนสุรนารี

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

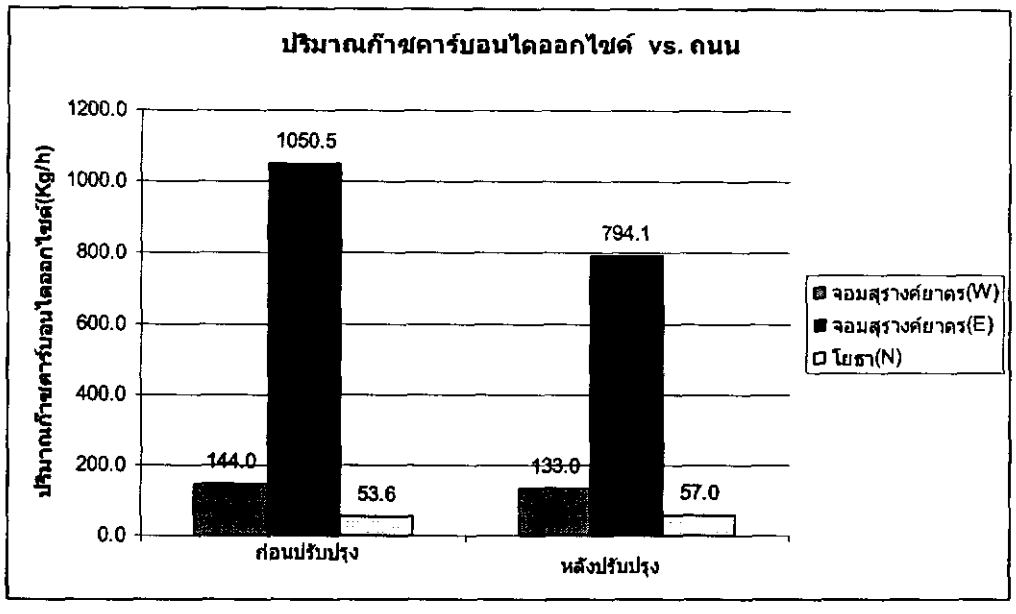


อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิง

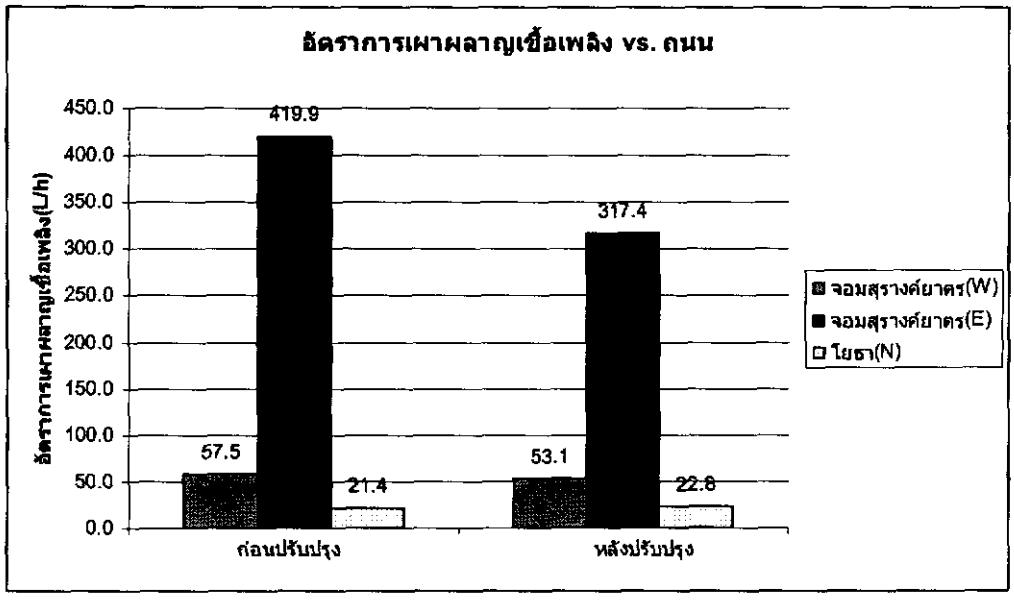


จุดที่ 10 ถนนจอมสุรางค์ยาตร ตัดกับ ถนนโยธา

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์



อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิง



ประวัตินักวิจัย

ดร.สมประสงค์ สัตยมัลลี เกิดเมื่อวันที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2506 ที่จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีในสาขาวิศวกรรมโยธา จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ปี 2529 และปริญญาโทสาขาวิศวกรรมขนส่ง จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ในปี 2533 และในปี 2538 สำเร็จปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมขนส่ง จากThe Ohio state University ปี 2529-2530 ได้ทำงานเป็นวิศวกรโยธา สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกร ปี 2532-2533 เป็นวิศวกรโยธา บริษัท Asian Engineering Consultant ปี 2533-2534 เป็นวิศวกรจราจร บริษัท Sindhu Pike Bodell Ltd.ปี2534-2538 เป็นนักวิจัยห้องปฏิบัติการแบบอัตโนมัติและจำลองสถานการณ์ระบบงานก่อสร้าง ปี2538-ปัจจุบัน เป็นที่ปรึกษาด้านการจราจรขนส่ง บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเมนท์และเป็นหัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี