



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมเพื่อประมาณเวลาการเดินทางในโครงข่ายถนน
โดย นายพรณรงค์ เลื่อนเพชร

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ ชื่นแขก)

30 สิงหาคม 2549

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

พงศ์ศักดิ์ รุ่งโรจน์

ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ ร่องวิริยะพานิช)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพรชัย อุทัยนฤมล)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร.กิตติชัย ชนทรัพย์สิน)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร.วราเมศวร์ วิเชียรแสน)

การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมเพื่อประมาณเวลาการเดินทางในโครงข่ายถนน

นายพรณรงค์ เลื่อนเพชร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2549
ISBN 974-190-767-2
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ นายพรณรงค์ เลื่อนเพชร
 ชื่อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมเพื่อประมาณเวลาการเดินทางในโครงข่ายถนน
 สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. เทอดศักดิ์ ร่องวิริยะพานิช
 ปีการศึกษา: 2549

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการเปรียบเทียบความแม่นยำของอัลกอริทึมที่ใช้ในการประมาณเวลาการเดินทาง ซึ่งได้แก่อัลกอริทึม Mass Balance Estimator อัลกอริทึม Speed Based Estimator แบบจำลองสภาพจราจร (CORSIM Simulation Model) และระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) โดยทำการศึกษาเก็บข้อมูลจราจรได้แก่ ข้อมูลปริมาณจราจร (Traffic Volume) และข้อมูลความเร็ว (Speed) ทั้งในช่วงถนนที่มีทางแยกและไม่มีทางแยก ซึ่งสามารถทำได้โดยการบันทึกภาพด้วยกล้องวิดีโอที่ภาคสนาม และนำข้อมูลที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับอัลกอริทึมวิธีการต่าง ๆ เพื่อประมาณเวลาเดินทาง จากนั้นจึงทำการประเมินความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางด้วยอัลกอริทึมต่าง ๆ เทียบกับเวลาในการเดินทางจริง ซึ่งเก็บข้อมูลในสนามด้วยวิธีการบันทึกแผ่นป้ายทะเบียน (License Plate Technique) ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำด้วยวิธีการทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าการประมาณเวลาการเดินทางด้วยระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) มีความแม่นยำมากที่สุดตามด้วยอัลกอริทึม Speed Based Estimator อัลกอริทึม Mass Balance Estimator และแบบจำลองสภาพจราจร (CORSIM Simulation Model) ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่าในกรณีช่วงถนนที่มีการเดินทางผ่านทางแยกการประยุกต์ใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) จะให้ประสิทธิภาพสูงสุดโดยมีค่าความผิดพลาดเกิดขึ้นเพียงร้อยละ 7.04 ส่วนในช่วงถนนกรณีที่ไม่มีการเดินทางผ่านทางแยกสามารถประยุกต์ใช้อัลกอริทึม Speed Based Estimator หรืออัลกอริทึม Mass Balance Estimator ก็มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการประมาณเวลาการเดินทาง ยกเว้นการประมาณเวลาการเดินทางด้วยแบบจำลองสภาพจราจร (CORSIM Simulation Model) เนื่องจากค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นค่อนข้างสูง

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 80 หน้า)

คำสำคัญ . การประมาณเวลาการเดินทาง, อัลกอริทึม, ระบบโครงข่ายประสาทเทียม, ความแม่นยำ

Name : Mr.Pornnarong Lueanpech
Thesis Title : The Application of Algorithm for Travel Time Estimation in Road
Network
Major Field : Civil Engineering
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok
Thesis Advisor : Dr.Terdsak Rongviriyapanich
Academic Year : 2006

Abstract

The objective of this study is to compare an accuracy of algorithms for travel time estimation namely, Mass Balance Algorithm, Speed Based Algorithm, CORSIM Simulation Model and Artificial Neural Network System. This study uses traffic volume and spot speed data collected by video cameras to build a simulation network and calculate travel time in several algorithms. The algorithms were applied to road section, with and without an intersection in between. The accuracy of the investigated algorithm was compared with the actual travel time as observed by the license plate technique. The results show that Artificial Neural Network System has more accuracy in travel time estimation than Speed Based Algorithm, Mass Balance Algorithm and CORSIM Simulation Model. In addition, the travel time estimation with Artificial Neural Network System is more efficiency when applied in road section with intersection in between. In the case of road section without intersection in between algorithm Speed Based Estimator or Mass Balance Estimator can be used with error less than 40%. Except the travel time estimation with CORSIM Simulation Model it has more error than 50%.

(Total 80 pages)

Keywords : Travel Time Estimation, Algorithm, Artificial Neural Network, Accuracy

Terdsak Rongviriyapanich

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ รองวิริยะพานิช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพรชัย อุทัยนฤมล อาจารย์ ดร.กิตติชัย ธนทรัพย์สิน และอาจารย์ ดร.วราเมศวร์ วิเชียรแสน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำและแนวคิดต่าง ๆ ที่สำคัญสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณนายภานุพงศ์ อุปฮาด นายชัชวาล สารทอง บัณฑิตปริญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ช่วยเหลือในการเก็บและถอดข้อมูลภาคสนาม ขอขอบคุณพี่น้องชาววิศวกรรมขนส่งทุกท่านสำหรับคำปรึกษาและข้อคิดเห็นที่ดี ขอขอบคุณนายวิษณุพงษ์ ฟอร์ดะลิ นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับคำแนะนำในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Visual Basic ขอขอบคุณ นส. สุพรรณิกา ดุษฎีและน้องเต้าหู้สำหรับกำลังใจในยามที่ต้องการเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งคอยสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา จนกระทั่งสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

พรณรงค์ เลื่อนเพชร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 แนวคิดและทฤษฎีในการประมาณเวลาการเดินทาง	4
2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการประมาณเวลาการเดินทาง	5
2.3 แนวคิดและทฤษฎีระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)	6
2.4 การประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์	9
2.5 การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจร	10
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	14
3.1 การคัดเลือกพื้นที่ศึกษา	14
3.2 การเก็บข้อมูลภายในพื้นที่ศึกษา	15
3.3 วิธีการศึกษา	15
3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	19
3.5 แผนภูมิแสดงการทำงาน	21
บทที่ 4 ข้อมูลจราจรภายในพื้นที่ศึกษา	22
4.1 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา	22
4.2 สภาพจราจรของพื้นที่ศึกษา	26
4.3 สภาพจราจรบริเวณทางแยก	35
บทที่ 5 ผลการศึกษา	46
5.1 การพัฒนาแบบจำลองและประมาณเวลาการเดินทางด้วยโปรแกรม CORSIM	46
5.2 ผลลัพธ์เวลาการเดินทางจากอัลกอริทึม Speed Based Estimator	50

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.3 ผลลัพธ์เวลาการเดินทางจากอัลกอริทึม Mass Balance Estimator	51
5.4 การพัฒนารูปแบบของโครงสร้างระบบโครงข่ายประสาทเทียม	52
5.5 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทาง	56
5.6 การพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูป	63
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	66
6.1 สรุปผลการศึกษาและวิเคราะห์	66
6.2 ข้อเสนอแนะ	68
เอกสารอ้างอิง	69
ภาคผนวก ก	72
ผลลัพธ์ค่าน้ำหนักในการเชื่อมต่อจากโปรแกรม Qnet2000 สถานีที่ 1-2	73
ผลลัพธ์ค่าน้ำหนักในการเชื่อมต่อจากโปรแกรม Qnet2000 สถานีที่ 2-3	74
ผลลัพธ์ค่าน้ำหนักในการเชื่อมต่อจากโปรแกรม Qnet2000 สถานีที่ 3-4	75
ภาคผนวก ข	76
แบบบันทึกข้อมูลความยาวรอบสัญญาณไฟ	77
แบบบันทึกข้อมูลระยะห่างของรถในการออกตัวบริเวณทางแยก	78
แบบบันทึกข้อมูลปริมาณจราจร	79
ประวัติผู้วิจัย	80

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4-1 ลักษณะทางกายภาพของถนนที่ใช้เป็นพื้นที่ศึกษา	22
4-2 ระยะเวลาการเดินทางในแต่ละสถานีด้วยวิธี License Plate Technique	35
4-3 ข้อมูลค่า Discharge Headway บริเวณแยกบางใหญ่วันจันทร์	36
4-4 ข้อมูลค่า Discharge Headway บริเวณแสงเพชรวันจันทร์	37
4-5 ข้อมูลค่า Discharge Headway บริเวณแยกบางใหญ่วันพุธ	38
4-6 ข้อมูลค่า Discharge Headway บริเวณแสงเพชรวันพุธ	38
4-7 ข้อมูลค่า Discharge Headway บริเวณแยกบางใหญ่วันอาทิตย์	40
4-8 ข้อมูลค่า Discharge Headway บริเวณแสงเพชรวันอาทิตย์	40
4-9 ค่าเวลาสูญเสียไปในการออกตัวบริเวณทางแยก	41
4-10 ค่าความยาวของรอบสัญญาณไฟบริเวณทางแยก	43
4-11 สัดส่วนปริมาณจราจรบริเวณทางแยก	44
5-1 ผลการสอบเทียบด้วยกรรมวิธี Root - Mean Square Error วันจันทร์	46
5-2 ผลการสอบเทียบด้วยกรรมวิธี Root - Mean Square Error วันพุธ	47
5-3 ผลการสอบเทียบด้วยกรรมวิธี Root - Mean Square Error วันอาทิตย์	47
5-4 ผลการสอบเทียบด้วยกรรมวิธี Average Weighted Fractional Error วันจันทร์	47
5-5 ผลการสอบเทียบด้วยกรรมวิธี Average Weighted Fractional Error วันพุธ	48
5-6 ผลการสอบเทียบด้วยกรรมวิธี Average Weighted Fractional Error วันอาทิตย์	48
5-7 ผลลัพธ์เวลาการเดินทางในแต่ละสถานีจากแบบจำลองสภาพจราจร	49
5-8 ผลลัพธ์เวลาการเดินทางในแต่ละสถานีด้วยอัลกอริทึม Speed Based Estimator	50
5-9 ผลลัพธ์เวลาการเดินทางในแต่ละสถานีด้วยอัลกอริทึม Mass Balance Estimator	51
5-10 ผลการวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้างประสาทเทียมที่เหมาะสม	53
5-11 ผลลัพธ์เวลาการเดินทางในแต่ละสถานีจากระบบประสาทเทียม	55
5-12 การเปรียบเทียบความแม่นยำของเวลาการเดินทางจาก CORSIM Simulation Model	56
5-13 การเปรียบเทียบความแม่นยำของเวลาการเดินทางจากอัลกอริทึม Speed Based Estimator	56
5-14 การเปรียบเทียบความแม่นยำของเวลาการเดินทางจากอัลกอริทึม Mass Balance Estimator	56
5-15 การเปรียบเทียบความแม่นยำของเวลาการเดินทางจากระบบโครงข่ายประสาทเทียม	57
5-16 การเปรียบเทียบความแม่นยำของเวลาการเดินทางด้วยสมการถดถอยวันจันทร์	62
5-17 การเปรียบเทียบความแม่นยำของเวลาการเดินทางด้วยสมการถดถอยวันพุธ	62

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 ลักษณะการให้ข้อมูลทางด้านจราจรในประเทศไทย	1
1-2 ลักษณะการให้ข้อมูลทางด้านจราจรในต่างประเทศ	2
2-1 ลักษณะของการทำงานของสมองมนุษย์	7
2-2 ลักษณะการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม	7
2-3 ลักษณะของโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในแบบจำลองของ Chin	9
2-4 โครงข่ายถนนที่สร้างโดยใช้โปรแกรม CORSIM	11
2-5 โครงข่ายถนนที่สร้างโดยโปรแกรม PARAMICS	11
2-6 โครงข่ายถนนที่สร้างโดยโปรแกรม VISSIM	12
3-1 ตำแหน่งของถนนพื้นที่ทำการศึกษา	14
3-2 โปรแกรมจำลองเวลาที่ใช้ในการถอดข้อมูล	16
3-3 ลักษณะของโครงข่ายถนนใน CORSIM	17
3-4 User Interfaces ของโปรแกรม Qnet2000	18
3-5 แผนภูมิแสดงการทำงาน	21
4-1 ตำแหน่งที่ตั้งของถนนพื้นที่ศึกษา	23
4-2 ลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกบางใหญ่และแสงเพชร	24
4-3 ตำแหน่งจุดสังเกตทั้ง 4 สถานี	26
4-4 ปริมาณการจราจร ณ สถานีที่ 1	27
4-5 ปริมาณการจราจร ณ สถานีที่ 2	28
4-6 ปริมาณการจราจร ณ สถานีที่ 3	29
4-7 ปริมาณการจราจร ณ สถานีที่ 4	30
4-8 ความเร็วจุดของยานพาหนะ ณ สถานีที่ 1	31
4-9 ความเร็วจุดของยานพาหนะ ณ สถานีที่ 2	32
4-10 ความเร็วจุดของยานพาหนะ ณ สถานีที่ 3	33
4-11 ความเร็วจุดของยานพาหนะ ณ สถานีที่ 4	34
4-12 ค่า Discharge Headway บริเวณแยกบางใหญ่วันจันทร์	37
4-13 ค่า Discharge Headway บริเวณแยกแสงเพชรวันจันทร์	37
4-14 ค่า Discharge Headway บริเวณแยกบางใหญ่วันพุธ	39
4-15 ค่า Discharge Headway บริเวณแยกแสงเพชรวันพุธ	39

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5-18 การเปรียบเทียบความแม่นยำของเวลาการเดินทางด้วยสมการถดถอยวันอาทิตย์	62
5-19 ผลการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดด้วยกรรมวิธี RMSE และ AWFE วันจันทร์	63
5-20 ผลการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดด้วยกรรมวิธี RMSE และ AWFE วันพุธ	63
5-21 ผลการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดด้วยกรรมวิธี RMSE และ AWFE วันอาทิตย์	63
ก-1 ผลลัพธ์ค่าน้ำหนักในการเชื่อมต่อจากโปรแกรม Qnet2000 สถานีที่ 1-2	73
ก-2 ผลลัพธ์ค่าน้ำหนักในการเชื่อมต่อจากโปรแกรม Qnet2000 สถานีที่ 2-3	74
ก-3 ผลลัพธ์ค่าน้ำหนักในการเชื่อมต่อจากโปรแกรม Qnet2000 สถานีที่ 3-4	75
ข-1 แบบบันทึกข้อมูลความยาวรอบสัญญาณไฟ	77
ข-2 แบบบันทึกข้อมูลระยะห่างขงรถในการออกตัวบริเวณทางแยก	78
ข-3 แบบบันทึกข้อมูลปริมาณจราจร	79

สารบัญภาพ (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-16 ค่า Discharge Headway บริเวณแยกบางใหญ่วันอาทิตย์	40
4-17 ค่า Discharge Headway บริเวณแยกแสงเพชรวันอาทิตย์	41
4-18 หักทางการเคลื่อนที่ของกระแสนจราจรบริเวณแยก	44
5-1 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางสถานี 1-2 วันจันทร์	57
5-2 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางสถานี 2-3 วันจันทร์	58
5-3 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางสถานี 3-4 วันจันทร์	58
5-4 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางสถานี 1-2 วันพุธ	59
5-5 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางสถานี 2-3 วันพุธ	59
5-6 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางสถานี 3-4 วันพุธ	60
5-7 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางสถานี 1-2 วันอาทิตย์	60
5-8 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางสถานี 2-3 วันอาทิตย์	61
5-9 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางสถานี 3-4 วันอาทิตย์	61
5-10 ลักษณะของ User Interfaces ของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	64
5-11 แนวทางการประยุกต์ใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	65

บทที่ 1

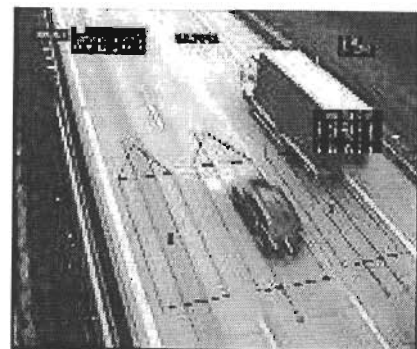
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาการจราจรที่ติดขัดนับเป็นปัญหาที่สำคัญระดับชาติ ที่นับวันจะยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น และได้ขยายตัวจากกรุงเทพมหานครไปยังพื้นที่ปริมณฑลและเมืองตามภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วประเทศ จากปัญหาการติดขัดของกระแสจราจรในท้องถื่นดังกล่าว ส่งผลทำให้ผู้ที่ใช้ถนนเป็นเส้นทางในการเดินทางสัญจรทั้งจากระบบขนส่งมวลชนและรถยนต์ส่วนตัวประสบกับปัญหาการใช้เวลาในการเดินทางบนโครงข่ายถนนมากเกินไป ทำให้เกิดความสูญเสียทั้งต่อระบบเศรษฐกิจ พลังงาน และสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามทางหน่วยงานที่เกี่ยวข้องก็ได้มีความพยายามที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวมา ด้วยการนำระบบการให้ข้อมูลข่าวสารด้านงานจราจร (Traffic Information System) เข้ามาใช้เพื่อให้ผู้ที่ใช้เส้นทางได้ทราบถึงสภาพการจราจรในเส้นทางที่ผู้ใช้งานทางเครื่องมือต่าง ๆ หลากหลายรูปแบบ เช่น ป้ายสลับข้อความ (Variable Message Sign,VMS) สถานีวิทยุ จส. 100 สถานีวิทยุ สวพ. 91 และข้อมูลสภาพจราจรผ่านทาง Internet ดังแสดงในภาพที่ 1-1 โดยทั้งหมดนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ผู้ใช้เส้นทางสามารถวางแผนการเดินทางหลบเลี่ยงสภาพการจราจรที่ติดขัดในเบื้องต้นได้ด้วยตนเอง



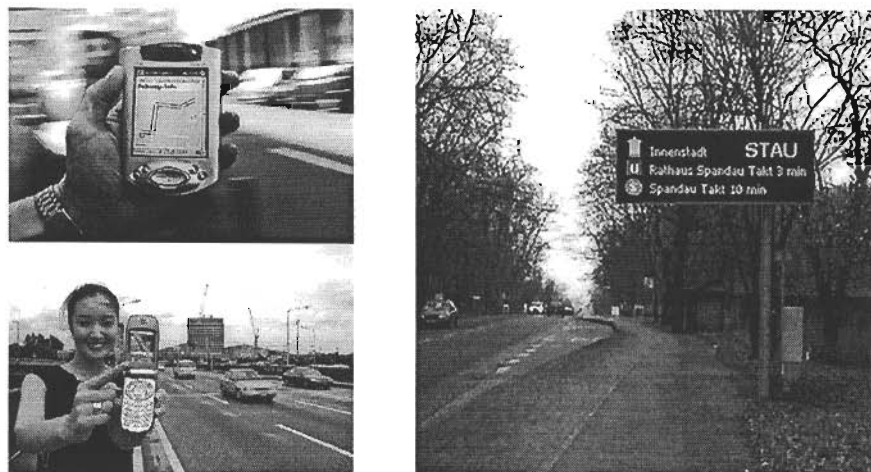
จส 100



ภาพที่ 1-1 ลักษณะการให้ข้อมูลทางด้านจราจรในประเทศไทย

แต่จากการศึกษาถึงระบบการให้ข้อมูลข่าวสารด้านงานจราจรที่ใช้ในต่างประเทศ พบว่ามีการให้ข้อมูลข่าวสารด้านจราจรในหลากหลายรูปแบบด้วยกัน เช่น การให้ข้อมูลผ่านทางระบบ GPS (Global Position System) ซึ่งติดตั้งอยู่บนยานพาหนะของผู้ใช้ โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์มือถือ ป้ายสลับข้อความ(VMS) และผ่านระบบเครือข่าย Internet

ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วพบว่าประสิทธิภาพมากทั้งในเรื่องของข้อมูลข่าวสารและความถูกต้องแม่นยำของข้อมูล ทำให้ผู้ใช้ถนนสามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการเดินทางได้อย่างถูกต้อง ดังแสดงในภาพที่ 1-2



ภาพที่ 1-2 ลักษณะการให้ข้อมูลทางด้านจราจรในต่างประเทศ

สำหรับในประเทศไทยปัญหาของระบบการให้ข้อมูลเกิดขึ้นจากการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการให้ข้อมูลข่าวสารยังไม่เหมาะสม เช่น การให้ข้อมูลจราจรผ่านป้ายสลับข้อความ (VMS) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการให้ข้อมูลข่าวสารของหน่วยงานที่ดูแลรับผิดชอบอุปกรณ์ไม่ใช่ลักษณะของข้อมูลจราจร อีกทั้งตำแหน่งที่ทำการติดตั้งก็ไม่เอื้ออำนวยต่อการมองเห็นของผู้ใช้เส้นทางในทุกทิศทาง ส่วนข้อมูลด้านจราจรผ่านทางวิทยุ เช่น สถานีวิทยุ จส.100 สถานีวิทยุ สวพ.91 และสถานีอื่น ๆ ก็เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ทำให้ผู้ใช้เส้นทางบางกลุ่มที่ไม่เคยชินกับเส้นทางไม่สามารถนำข้อมูลที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ประกอบการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งหนึ่งที่ยอมรับในปัจจุบันคือการให้ข้อมูลข่าวสารจราจรผ่านทางระบบ Internet ซึ่งผู้ใช้เส้นทางต้องค้นหาข้อมูลก่อนที่จะเดินทาง แต่เมื่อออกสู่สภาพการจราจรจริงข้อมูลอาจมีการเปลี่ยนแปลงทำให้ข้อมูลที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อนไม่เป็นเวลาปัจจุบัน

งานวิจัยนี้จึงความมุ่งหมายที่จะเป็นส่วนหนึ่งในแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยการให้ข้อมูลข่าวสารในส่วนของการเดินทาง ซึ่งถือเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญระดับหนึ่ง สำหรับใช้ในการเลือกตัดสินใจเดินทางของผู้ใช้ถนน ด้วยการประยุกต์ใช้สมการทางคณิตศาสตร์ (Algorithm) ทางด้านงานจราจรเข้ามาใช้ประมาณเวลาการเดินทางด้วยข้อมูลของสภาพการจราจรในเส้นทางดังกล่าว ได้แก่ ข้อมูลความเร็ว (Speed) และอัตราการไหล (Flow Rate) ส่วนการวิเคราะห์ทางผู้วิจัยได้นำระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ซึ่งสามารถนำข้อมูลหลายชนิดเข้ามาวิเคราะห์ร่วมกันโดยทำการทดลองพัฒนาสร้างโปรแกรมเพื่อ

ประยุกต์ใช้ ทั้งนี้จะส่งผลให้เกิดความแม่นยำในการประมาณเวลาการเดินทาง ผู้ที่ใช้เส้นทางได้รับทราบข้อมูล ที่ถูกต้องแม่นยำ เป็นหนทางหนึ่งในการช่วยลดปัญหาจราจรที่เกิดขึ้นในสภาพปัจจุบัน และเป็นการพัฒนาไปสู่ ระบบการให้ข้อมูลข่าวสารด้านจราจรแบบก้าวหน้า (Advance Traveler Information System: ATIS)

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อประยุกต์ใช้สมการทางคณิตศาสตร์ในการประมาณเวลาการเดินทางบนโครงข่ายถนนด้วยการให้ข้อมูลจราจร

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางบนโครงข่ายถนนระหว่าง โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลในภาคสนามด้วยวิธีทางสถิติ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 การศึกษาครั้งนี้ใช้โครงข่ายถนนเส้นทางถนนชนเกษม เริ่มจากบริเวณสี่แยกแสงเพชรใกล้ศาลากลางจังหวัดสุราษฎร์ธานี - สี่แยกบางใหญ่ ภายในเขตเทศบาลเมืองสุราษฎร์ธานี

1.3.2 การศึกษาครั้งนี้ใช้การสร้างแบบจำลองสภาพจราจร (Simulation) เพื่อเลียนแบบสภาพจราจร ภายในพื้นที่ศึกษาด้วยโปรแกรมจำลองสภาพจราจร CORSIM

1.3.3 การศึกษาครั้งนี้นำสมการทางคณิตศาสตร์ (Algorithm) ที่ใช้พื้นฐานการประมาณเวลาการเดินทางด้วยข้อมูลจราจรภายในพื้นที่ศึกษาได้แก่ ข้อมูลความเร็วยานพาหนะ (Speed) และอัตราการไหล (Flow Rate) ของกระแสจราจร

1.3.4 การศึกษาครั้งนี้ทำการทดลองพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา Visual Basic แสดงถึงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้ผลของการประมาณเวลาการเดินทางในโครงข่ายด้วยระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network)

1.3.5 การศึกษาครั้งนี้ใช้กรรมวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทาง

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงวิธีการประมาณเวลาการเดินทางในโครงข่ายถนนที่เกิดความถูกต้องแม่นยำเพียงพอ สำหรับการประยุกต์ใช้งานจริง

1.4.2 สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณเวลาการเดินทางภายในโครงข่ายถนน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีในการประมาณเวลาการเดินทาง

หลังจากที่ได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม ทำให้สามารถสรุปได้ถึงแนวคิดที่ใช้ในการประมาณเวลาการเดินทางตามกรรมวิธีต่าง ๆ ดังนี้

Han van Lint [1] กล่าวถึงเวลาการเดินทางไว้ว่า หมายถึง เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปสู่จุดหมายปลายทางถ้ามองในแง่ของการเดินทางส่วนบุคคล แต่ถ้ามองในแง่ของการจัดการจราจร เวลาในการเดินทางหมายถึง เวลาเฉลี่ยที่ผู้เดินทางใช้เดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดหมายปลายทาง เหตุผลที่ทำให้เวลาในการเดินทางมีความสำคัญคือ เวลาเป็นข้อจำกัดหนึ่งของมนุษย์ในการใช้ชีวิต มนุษย์ต้องตัดสินใจเดินทางด้วยการใช้เวลาให้สูญเสียไปน้อยที่สุดเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเมื่อมองในภาพรวมเวลาในการเดินทางถือว่าเป็นตัววัดประสิทธิภาพ (Measure Of Effectiveness) อย่างหนึ่งของโครงข่ายการขนส่ง

Gipps [2] เป็นผู้วิจัยในยุคแรกที่ใช้อุปกรณ์ตรวจจับเพื่อเก็บข้อมูลเวลาในการครอบครองและอัตราการมาถึงของยานพาหนะ เพื่อพัฒนาสมการถดถอยในการประมาณเวลาการเดินทางในโครงข่ายถนน โดยอ้างอิงข้อมูลจากการจำลองสภาพจราจร การศึกษานี้เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเดินทางในโครงข่ายถนนกับเวลาการมาถึงของยานพาหนะ พบว่าลักษณะของกราฟเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง ความยากของการศึกษานี้คือการเลือกจุดเพื่อที่แสดงค่าบันทึกเวลา (Register Time) ค่าเฉลี่ย และเวลาที่สูญเสียไปของยานพาหนะที่ผ่านอุปกรณ์ตรวจจับไป

Strobel [3] พยายามที่จะปรับปรุงการประมาณเวลาในโครงข่ายถนน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนำเข้าและนำออกของระบบ Time Series ในกระแสจราจร และเพื่อประมาณค่าของตัวแปรเพื่อชี้วัดถึงความสัมพันธ์ โดยที่ข้อมูลนำเข้าและนำออกถูกเปลี่ยนแปลงรูปแบบด้วย Time Series ของปริมาณจราจรที่ได้จากการเก็บข้อมูลด้วยอุปกรณ์ตรวจจับทั้งทางด้านต้นน้ำและปลายน้ำ

Usami [4] พัฒนาสมการสำหรับประมาณเวลาการเดินทางบนโครงข่ายถนนที่เลยจุดอิมตัว โดยที่เวลาการเดินทางได้รับการแปรรูปเป็น Function ของระยะทาง ปริมาณจราจร และความหนาแน่นของกระแสจราจร โดยการพยายามเปลี่ยนความหนาแน่นให้เป็น Function เส้นตรงของปริมาณจราจร ใช้การสำรวจข้อมูลเวลาการเดินทางด้วยวิธีบันทึกแผ่นป้ายทะเบียน (License Plate Technique) เป็นวิธีการสอบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

Takaba [5] เป็นอีกงานวิจัยหนึ่งที่กล่าวถึงเวลาการเดินทางในช่วงถนน แต่มีวิธีการวิเคราะห์ที่ง่ายกว่า คล้ายกับการรวมเอาผลของเวลาการเดินทางในแต่ละช่วงถนนเข้าด้วยกัน โดยให้แนวคิดไว้ว่าเวลาการเดินทาง

ในช่วงถนนสามารถประมาณได้จากปริมาณจราจรและความยาวแถวคอย โดยใช้พื้นฐานการวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอย ขอบเขตของงานวิจัยได้วิเคราะห์ทั้งช่วงถนนที่ไม่มีการติดขัด (Uncongested Link) และมีการติดขัด (Congested Link)

Serge P. Hoogendoorn [6] ศึกษาถึงการประมาณเวลาการเดินทางจากการเพิ่มขึ้นของกระแสจราจรหลาย ๆ ชนิด โดยการนำอุปกรณ์ตรวจจับจราจร (Inductive Loop Detector) มาเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล เพื่อวัดอัตราการไหลและความเร็วของยานพาหนะ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าผิดพลาดจากการตรวจจับที่ผิดพลาดของอุปกรณ์ตรวจจับที่มีผลกระทบกับระบบ ITS (Intelligent Transportation System) โดยใช้ VMS (Variable Message Sign) เป็นอุปกรณ์ในการสื่อสารข้อมูลข่าวสารแก่ผู้ใช้เส้นทาง

Christian E. Cortes และ คณะ [7] ศึกษาถึงกรรมวิธีการประมาณเวลาการเดินทางโดยใช้การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับจราจรหลาย ๆ จุด เพื่อประมาณเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นในถนนให้มีความแม่นยำมากขึ้น โดยใช้ข้อมูลด้านจราจรจากอุปกรณ์ตรวจจับ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับเวลาการเดินทางที่แท้จริง พบว่าได้ผลที่น่าเชื่อถือสามารถรายงานเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นกับยานพาหนะได้อย่างละเอียด

Cherrett และคณะ [8] ศึกษาถึงการประมาณเวลาการเดินทางบนถนนที่ไม่มีการติดตั้งสัญญาณจราจรด้วยการใช้อุปกรณ์ตรวจจับจราจรแบบไฟฟ้าเพียงจุดเดียว โดยทำการเก็บข้อมูลความเร็วเฉลี่ย (Average Speed), เปอร์เซ็นต์การครอบครอง (Percent Occupancy) และระยะห่างเฉลี่ย (Average Gap) จากอุปกรณ์ตรวจจับจราจร (Inductive Loop Detectors) แล้วนำผลที่ได้มาใช้ระบบ Neural Network เป็นวิธีในการวิเคราะห์ ผลที่ออกมาปรากฏว่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นมีความแม่นยำสูงในการประมาณเวลาการเดินทาง

Giovanni และคณะ [9] ศึกษาถึงการทำนายเวลาการเดินทางในช่วงสั้น ๆ ด้วย Neural Network โดยใช้ข้อมูลจากการประมาณเวลาการเดินทาง ซึ่งได้จากอุปกรณ์ตรวจจับจราจร (Detectors) ผ่านการใช้เทคนิคการประมาณเวลาการเดินทางแบบ Speed Based Estimator และ Mass Balance Estimator มาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำนายเวลาการเดินทาง

2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการประมาณเวลาการเดินทาง

แบบจำลองที่ใช้ในการประมาณเวลาในการเดินทางมีหลากหลายรูปแบบด้วยกัน แตกต่างกันที่รูปแบบการวิเคราะห์ และลักษณะของข้อมูลนำเข้า ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

Haj . H and H.J.M. Van Grol [10] กล่าวถึงแบบจำลองที่ได้ใช้ในการประมาณเวลาการเดินทางว่าเป็นการใช้ข้อมูลสภาพจราจรที่เกิดขึ้นในช่วงถนน มาเป็นข้อมูลในการประมาณเวลาการเดินทางภายในช่วงถนน ในงานวิจัยนี้จึงขอเสนอเฉพาะแบบจำลองที่มีการใช้ข้อมูลสภาพจราจรเข้ามาเป็นตัวแปรดังต่อไปนี้

Speed Based Estimator เป็นการคำนวณเวลาการเดินทางโดยการนำพื้นฐานของความเร็วที่ยานพาหนะใช้ในช่วงของถนนที่พิจารณาตั้งเป็นสมมติฐานว่า เวลาในการเดินทางของช่วงถนนสามารถ

ประมาณได้จากการนำความเร็วที่ยวดยานใช้เดินทางในครั้งแรกของการเดินทางผ่านช่วงถนน รวมกับความเร็วที่ยานพาหนะใช้เดินทางในครั้งหลังของการเดินทางผ่านช่วงถนน แสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$T_{AB}(p) = \frac{L_{AB}}{2V_A} + \frac{L_{AB}}{2V_B}(p) \quad (2-1)$$

เมื่อ	L_{AB}	=	ความยาวของช่วงถนนที่พิจารณา
	V_A	=	ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะที่ผ่านจุด A ในช่วงเวลา
	V_B	=	ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะที่ผ่านจุด B ในช่วงเวลา

Mass Balance Estimator ใช้วิธีการคำนวณเวลาการเดินทางโดยการเปรียบเทียบปริมาณการจราจรที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากการเข้า-ออกของยวดยานภายในช่วงถนน โดยแบ่งสัดส่วนของการคิดออกเป็นช่วงเวลาเพื่อนำข้อมูลปริมาณจราจรที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลามาประมาณเวลาในการเดินทางที่เกิดขึ้น หลักการของวิธีนี้คือการนำเวลาที่ยานพาหนะใช้เดินทางในช่วงที่มีการไหลแบบอิสระ (Free Flow) มารวมกับเวลาที่เป็นความล่าช้าที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของความจุภายในช่วงถนนที่พิจารณา ดังสมการต่อไปนี้

$$TT_{AB} = t_k^{freeflow} + \frac{N_k(p)}{C_k(p)} \quad (2-2)$$

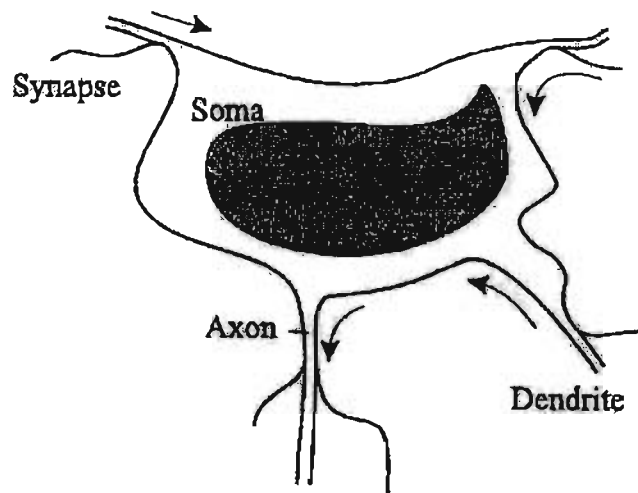
เมื่อ	$t_k^{freeflow}$	=	เวลาที่ใช้เดินทางในช่วงที่มีการไหลแบบอิสระ
	$N_k(p)$	=	จำนวนยานพาหนะสุทธิที่อยู่ในช่วงถนน
		=	$N_k(p-1) + N^{IN}(p) - N^{OUT}(p)$
	$C_k(p)$	=	ความจุของถนนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา
		=	$\frac{1}{3}[N^{OUT}(p) + N^{OUT}(p-1) + N^{OUT}(p-2)]$

2.3 แนวคิดและทฤษฎีระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network)

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้มีงานวิจัยจำนวนมาก ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ซึ่งได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยมีการสรุปว่าระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) เป็นระบบที่มีความเหมาะสมสำหรับแบบจำลองที่ต้องการจดจำและทำซ้ำแบบแผนการคำนวณ อีกทั้งเป็นแบบจำลองที่มีความสัมพันธ์เป็นแบบไม่ใช่เชิงเส้น (Nonlinear Relationship)

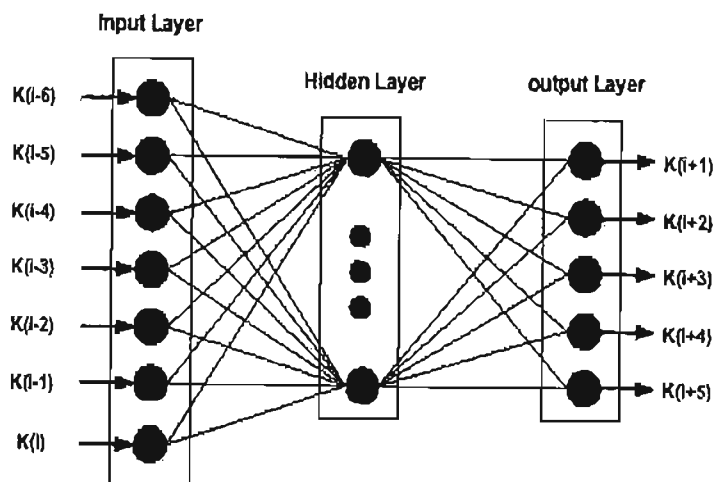
ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ยังเป็นระบบที่มีการนำข้อมูลหลาย ๆ ชนิดมาวิเคราะห์ร่วมกันด้วยการจัดแบ่งออกเป็นคู่ โดยมีส่วนของระบบที่ทำหน้าที่ให้น้ำหนัก (Weight) หรือความเชื่อถือของข้อมูลซึ่งเป็นไปอย่างอิสระ หลังจากนั้นก็เข้ามาสู่กระบวนการพิจารณาด้วยสมการทางคณิตศาสตร์และหลักทางตรรกวิทยาก่อนที่จะส่งเป็นข้อมูลออกในขั้นตอนสุดท้าย

Klimasauskas [11] กล่าวว่าระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) เป็นเทคโนโลยีที่ประมวลผลข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ที่ทำงานเลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ดังแสดงในภาพที่ 2-1 และ Lawrence [12] ได้กล่าวไว้ว่าสมองของมนุษย์เป็นระบบชีววิทยาที่มีความซับซ้อนมาก ประกอบด้วยเนื้อเยื่อพิเศษกว่าร้อยล้านชิ้นเรียกว่า Neural ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่งผ่านข้อมูลติดต่อระหว่างกัน



ที่มา : Lawrence (1994)

ภาพที่ 2-1 ลักษณะการทำงานของสมองมนุษย์



ที่มา : Klimasauskas (1991)

ภาพที่ 2-2 ลักษณะการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม

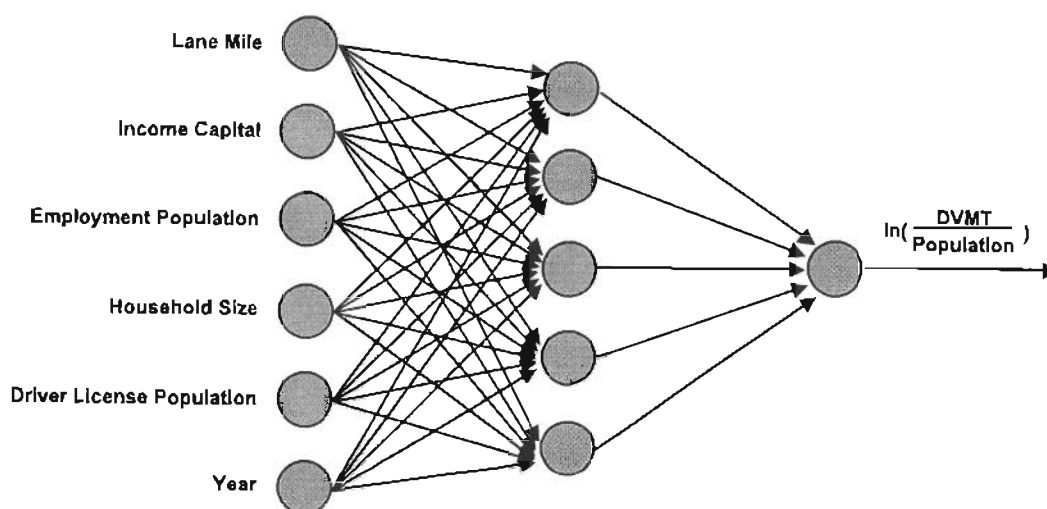
Park [13] ได้ศึกษาถึงการตรวจสอบความสามารถของระบบโครงข่ายประสาทเทียมที่สร้างขึ้น ในส่วนของการทำนายเวลาการเดินทางในหลาย ๆ จุดเชื่อมต่อ (Multi - Link Travel Time) ผลสรุปออกมาว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความสามารถที่จะพิจารณาและไตร่ตรองข้อมูลเวลาที่ป้อนเข้ามาหลาย ๆ อย่างได้พร้อมกันในเวลาเดียวกัน เป็นต้นว่า ระบบสามารถที่จะคาดการณ์ข้อมูลเวลาการเดินทางของแต่ละ Link ได้ ดังนั้นจึงสามารถที่จะนำไปใช้ในการทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้ได้ ในขณะเดียวกันการเพิ่มขึ้นของความแออัดในถนนด้าน Upstream อาจจะเป็นข้อมูลสำหรับระบบโครงข่ายประสาทเทียมในการชี้วัดเวลาในการเดินทางในอนาคตอันใกล้บนถนนเป้าหมายได้อีกด้วย

Stephanedes [14] กล่าวว่าระบบควบคุมการจราจร UTCS (Urban Traffic Control System) ใช้ประโยชน์จากการทำนายสถานะของกระแสจราจรจากการประยุกต์ระบบโครงข่ายประสาทเทียม เข้ามาใช้ในการควบคุมสัญญาณไฟแบบ Proactive ทั้งนี้ระบบดังกล่าวมีข้อได้เปรียบกว่าระบบทั่วไปที่ใช้ข้อมูลจราจรในอดีตมาเป็นพื้นฐานในการตั้งค่าสัญญาณไฟจราจร และมีความยุ่งยากในการที่จะต้องปรับปรุงสัญญาณไฟใหม่เสมอ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก

Hua และ Faghri [15] ได้นำระบบโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้ในการประมาณเวลาการเดินทางโดยใช้อัตราการไหลของกระแสจราจรในเส้นทางที่สนใจ Nelson และ Palacharia [16] ใช้แบบจำลองที่นำระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ในการแบ่งแยกประเภทของกระแสจราจรบนเส้นทางข้างเคียง และประมาณเวลาการเดินทางในเส้นทางที่สนใจ จากการศึกษาทั้ง 2 งานวิจัยนี้อาศัยข้อมูลกระแสจราจรจากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) จากโปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งได้แก่ CORSIM และ INTRAS

Smith และ Demetsky [17] ใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับทำนายสถานะของกระแสจราจรบนถนนพื้นที่ราบที่เกิดขึ้นในช่วงสั้น ๆ ในลักษณะ Real Time ผลลัพธ์ที่ออกมาแสดงว่า การคาดการณ์โดยใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียมมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบ ITS (Intelligent Transportation System) ในการให้ข้อมูลแก่ผู้ใช้เส้นทางในลักษณะ Real Time ได้

Chin [18] ได้ใช้ระบบ Multilayer ในการป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อทำนายความต้องการใช้ระบบขนส่ง โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นใช้พื้นฐานทางเศรษฐศาสตร์สังคม และข้อมูลการให้บริการของระบบทางหลวงของ 399 พื้นที่ในสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1982 - 1988 โดยผู้วิจัยใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 3 Layer ได้แก่ Input Layer Hidden Layer และ Output Layer โดยระบบเกิดการเชื่อมต่ออย่างสมบูรณ์ที่ Hidden Layer ดังแสดงในภาพที่ 2-3 ข้อมูลที่ผู้วิจัยใช้เป็นข้อมูลในการนำเข้าสู่ข้อมูลสู่ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ได้แก่ ข้อมูลการเกิดการเดินทาง ข้อมูลตั้งจุดการเดินทาง และข้อมูลโครงข่าย เป็นต้น ผลสรุปที่ออกมาจากการวิเคราะห์สรุปถึงค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น (Error) ระหว่างการวิเคราะห์ด้วยระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) กับข้อมูลจริง ปรากฏว่าค่าความผิดพลาดอยู่ที่ร้อยละ 4.77 และร้อยละ 7.09 ตามลำดับ



ภาพที่ 2-3 ลักษณะของโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในแบบจำลองของ Chin

2.4 การประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์

ในปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์อยู่ด้วยกันหลายรูปแบบ ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูปมาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

2.4.1 โปรแกรม Statistica 7.0

เป็นชุดโปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ด้วยการรวมวิธีทางสถิติ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากกว่า 20 ประเทศ อีกทั้งยังเป็นโปรแกรมที่สามารถใช้วิเคราะห์ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ได้อีกด้วย โดยในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาใช้โปรแกรม Statistica 7.0 [19] เฉพาะในส่วนของการวิเคราะห์หารูปแบบของโครงสร้างระบบโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม ด้วยวิธีการทดสอบแบบ Intelligent Problem Solver เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม Statistica 7.0 ไม่เพียงพอสำหรับการนำไปวิเคราะห์ในลำดับต่อไป

2.4.2 โปรแกรม Qnet2000

เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลองที่มีความซับซ้อนสูงและไม่เป็นรูปแบบเชิงเส้น โปรแกรม Qnet2000 [20] เป็นโปรแกรมแบบจำลองระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ที่ใช้ในการแก้ปัญหาและจัดการข้อมูลในแบบ Backpropagation Neural Network สามารถรองรับขนาดของปัญหาที่จะวิเคราะห์ได้อย่างไม่จำกัด โดยมีความเร็วในการเชื่อมต่อของแต่ละชุดข้อมูลมากกว่า 6,000,000 จุดต่อวินาทีโดยที่ยังคงเสถียรภาพและความแม่นยำ (ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ที่ใช้) และมีรูปแบบของ Function ที่ใช้ในการแปลงค่าอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบ โดยสามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะการวิเคราะห์ที่ต้องการ อีกทั้งมีรูปแบบของส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) ที่สามารถเข้าใจและใช้งานได้ง่ายเหมาะกับทั้งผู้เชี่ยวชาญและผู้เริ่มต้นการใช้

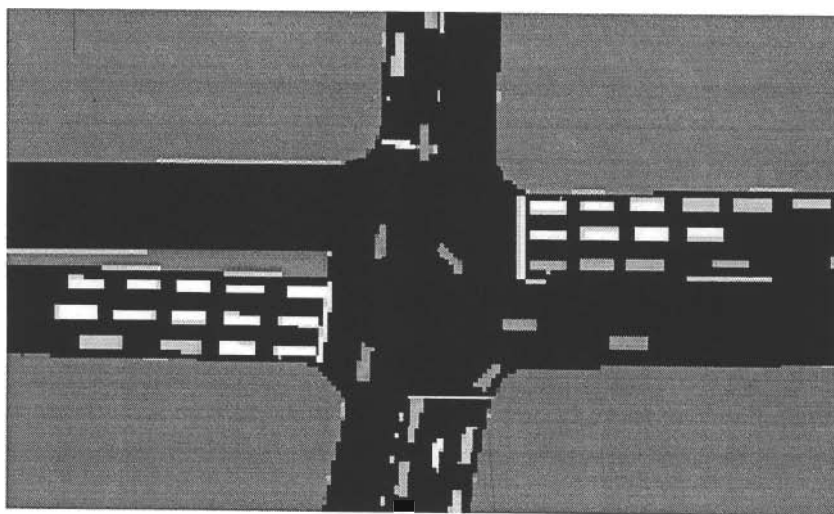
2.5 การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพจราจร

การวิเคราะห์สภาพการจราจรที่เกิดขึ้นในปัจจุบันนิยมใช้แบบจำลองการขนส่งมาเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ เนื่องจากมีข้อดีคือแบบจำลองการขนส่งสามารถใช้จำลองสภาพการจราจรได้ใกล้เคียงกับสภาพการจราจรจริง และมีประโยชน์มากหากมีการนำมาใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพหรือการจัดการจราจร นอกจากนี้แบบจำลองการขนส่งสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ซ้ำและใช้จำลองสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงด้านจราจรต่าง ๆ โดยไม่จำเป็นต้องทดลองจริงในสนาม แต่ก็มีข้อเสียคือจำเป็นต้องใช้ข้อมูลพื้นฐานจำนวนมากจากภาคสนามและใช้ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองพอสมควร อย่างไรก็ตามสภาพการจราจรที่จำลองขึ้นจำเป็นต้องผ่านกระบวนการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อพิสูจน์ว่าสภาพการจราจรที่พัฒนาขึ้นมีความน่าเชื่อถือและสามารถยอมรับได้ แบบจำลองสภาพจราจรทั่วไปประกอบด้วย 3 ประเภท ได้แก่ แบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค (Micro Simulation Model) แบบจำลองสภาพจราจรระดับกึ่งมหภาค (Meso Simulation Model) และแบบจำลองสภาพจราจรระดับมหภาค (Macro Simulation Model) การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้แบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค (Micro Simulation Model) เป็นเครื่องมือในการศึกษา ผู้ศึกษาจึงขอแสดงรายละเอียดเฉพาะแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค (Micro Simulation Model) ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

2.5.1 โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

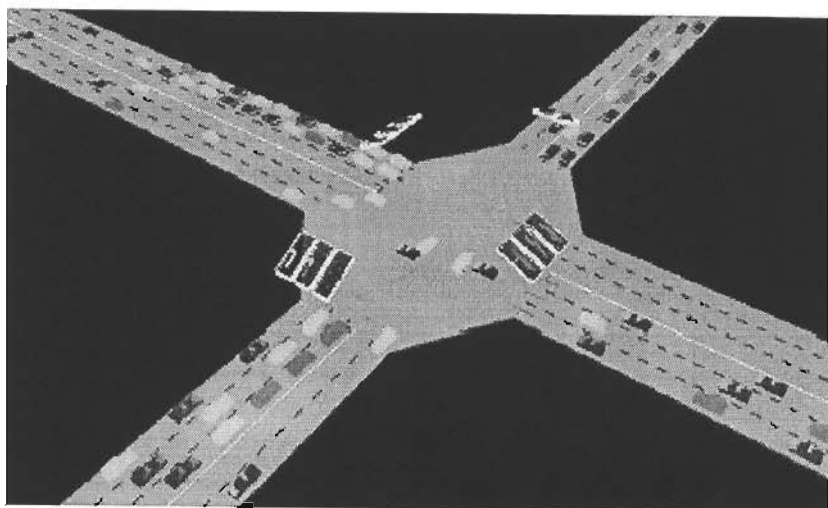
ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาแบบจำลองการขนส่งหรือโปรแกรมที่ใช้จำลองสภาพการจราจร ขึ้นมาใช้งานจำนวนมาก โดยทั่วไปเป็นแบบจำลองที่ใช้หลักการเคลื่อนที่ตามกันของยานยนต์และการเคลื่อนที่ของยานยนต์คันหน้าจะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของยานยนต์คันหลัง ทำให้ในระหว่างการจำลองสามารถมองเห็นยานยนต์แต่ละคันเคลื่อนที่บนถนนได้เสมือนจริง ซึ่งแบบจำลองการขนส่งที่ได้รับการยอมรับและได้รับความนิยมมากในลำดับต้น ๆ ในปัจจุบันและเป็นที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ โปรแกรม CORSIM, PARAMICS และ VISSIM ซึ่งแต่ละโปรแกรมมีความเป็นมาและลักษณะเด่นในการใช้งานดังนี้

2.5.1.1 โปรแกรม CORSIM (Corridor Microscopic Simulation) [21] พัฒนาโดย The Federal Highway Administration (FHWA) ประเทศสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1996 ประกอบไปด้วยโปรแกรมย่อย FREESIM ที่ใช้จำลองสภาพการจราจรบนทางหลวง และโปรแกรมย่อย NETSIM ที่ใช้จำลองสภาพการจราจรในเมือง ซึ่งเป็นโปรแกรมหนึ่งที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและได้รับความนิยมมาเป็นระยะเวลายาวนาน มีจุดเด่นคือสามารถใช้ร่วมกับโปรแกรม Synchro ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์ประสานการทำงานของสัญญาณไฟจราจรและการสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมที่สุด พัฒนาโดยบริษัท Trafficware แต่สามารถแสดงผลได้เพียงในรูปแบบ 2 มิติเท่านั้น



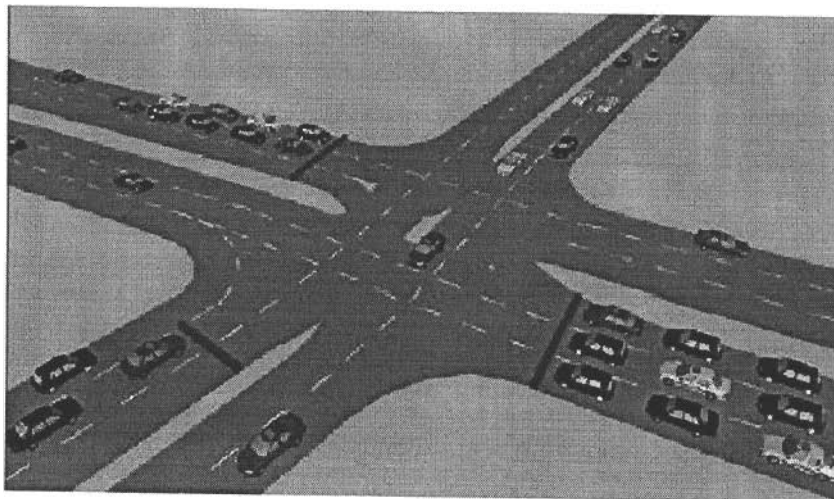
ภาพที่ 2-4 โครงข่ายถนนที่สร้างโดยใช้โปรแกรม CORSIM

2.5.1.2 โปรแกรม PARAMICS (Parallel Micro Simulation) [22] พัฒนาโดยบริษัท Quadstone Limited ประเทศสกอตแลนด์ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1992 ซึ่งในขณะนั้นใช้งานบนระบบปฏิบัติการ UNIX เท่านั้น แต่ปัจจุบันสามารถใช้งานบนระบบปฏิบัติการ Window ได้ โปรแกรมใช้หลักการจำลองการเคลื่อนที่และพฤติกรรมรถที่ขยับตัวของรถแต่ละคัน ซึ่งมีจุดเด่นที่สามารถประมวลผลได้รวดเร็วและสามารถแสดงผลพร้อมได้ทั้งในรูปแบบ 2 มิติและ 3 มิติได้ดี โดยใช้สีและรูปร่างของวัตถุที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 2-5 โครงข่ายถนนที่สร้างโดยโปรแกรม PARAMICS

2.5.1.3 โปรแกรม VISSIM (Verkehr in Städten Simulation หรือ Traffic in town Simulation) [23] พัฒนาโดยบริษัท PTV (Planning Transport Verkehr) ประเทศสาธารณรัฐเยอรมัน เป็นโปรแกรมล่าสุดที่มีพัฒนาการก้าวหน้าขึ้นมากทั้งการจำลองพฤติกรรมรถที่หยุดยาน และการจำลองระบบขนส่ง และมีตัวกลางสื่อสารในรูปกราฟฟิค (Graphic User Interface) ช่วยให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมสภาพการจราจรในภาคสนามได้มีการใช้มากในแถบอเมริกาเหนือ



ภาพที่ 2-6 โครงข่ายถนนที่สร้างโดยโปรแกรม VISSIM

2.5.2 ข้อแตกต่างระหว่างโปรแกรมจำลองสภาพการจราจร

ทวี [24] ได้ศึกษาถึงการเปรียบเทียบโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค ได้สรุปถึงข้อสังเกตและข้อควรระวัง จุดเด่นและข้อจำกัดของแต่ละโปรแกรม ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการตัดสินใจเลือกใช้โปรแกรมให้ถูกต้องและเหมาะสมกับงานวิเคราะห์ที่ต้องการดังต่อไปนี้

2.5.2.1 โปรแกรม CORSIM ต้องใช้เวลาในการสร้างโครงข่ายมากกว่าโปรแกรมอื่น ๆ โดยเฉพาะเมื่อเป็นโครงข่ายที่ถนนที่มีความซับซ้อน โปรแกรม PARAMICS มีการแสดงผลการวิเคราะห์ได้ดีและประมวลผลได้เร็วที่สุด ส่วนโปรแกรม VISSIM มีความเสมือนจริงและยืดหยุ่นมากกว่า แต่การประมวลผลกลับใช้ทรัพยากรและเวลามากที่สุด

2.5.2.2 โปรแกรม CORSIM มีตัวแปรด้านจราจรน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรม PARAMICS และ VISSIM แต่มีข้อดีที่มีความยืดหยุ่นในการปรับเทียบแบบจำลองมากกว่า

2.5.2.3 องค์ประกอบของโปรแกรม PARAMICS และ VISSIM อำนวยให้สามารถสร้างโครงข่ายถนนได้ทั้งแบบขับชิดซ้ายและชิดขวา ซึ่งเหมาะสมกับลักษณะการขับและการควบคุมการจราจรในประเทศไทยมากกว่าโปรแกรม CORSIM

2.5.2.4 โปรแกรม CORSIM และ VISSIM สามารถกำหนดปริมาณการจราจรลงบนถนนได้ง่ายและสะดวกมากกว่าโปรแกรม PARAMICS ที่ต้องสร้างตารางการเดินทางทุกครั้ง

2.5.2.5 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของโปรแกรม CORSIM และโปรแกรม VISSIM มีทั้งจำนวนและความยืดหยุ่นมากกว่าโปรแกรม PARAMICS ซึ่งส่วนใหญ่จัดเตรียมไว้ในภาพรวมเท่านั้น

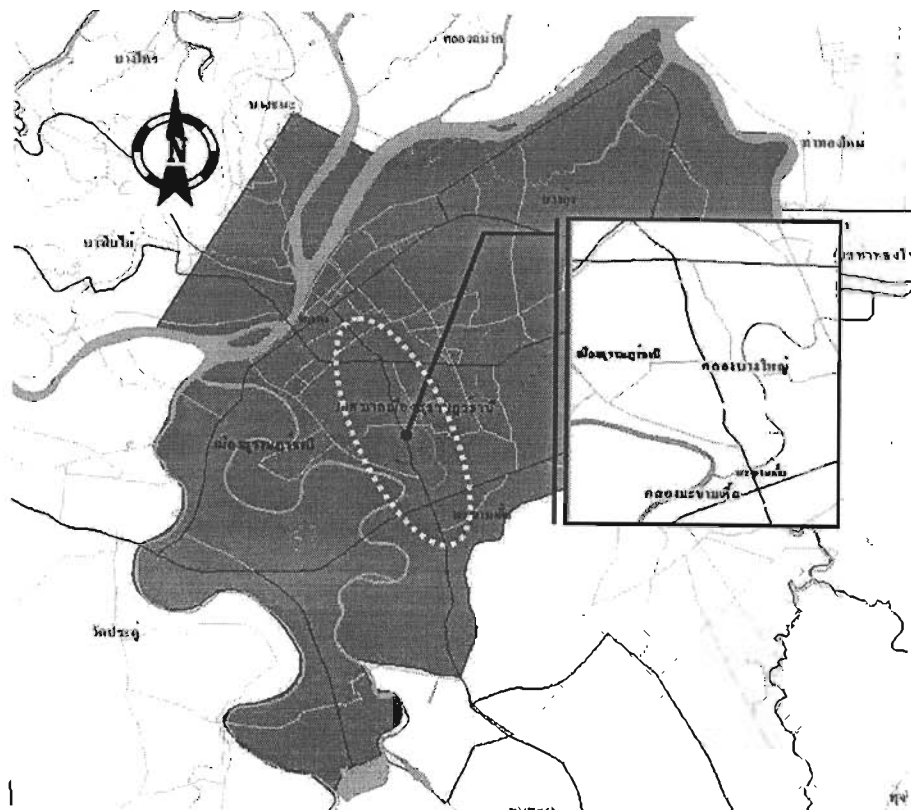
2.5.2.6 โปรแกรม PARAMICS และ VISSIM สามารถแสดงผลในรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ พร้อมทั้งรูปภาพถนนและสิ่งปลูกสร้างเป็นพื้นหลังในมุมมองที่ต้องการได้ จึงสามารถสื่อสารให้บุคคลทั่วไปสามารถเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของสภาพการจราจรได้ง่ายและรวดเร็ว

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การคัดเลือกพื้นที่ศึกษา

การคัดเลือกช่วงถนนผู้วิจัยพิจารณาเลือกใช้ช่วงถนนในลักษณะที่เป็นถนนพื้นราบ (Surface Street) ในพื้นที่ที่ไม่มีการก่อสร้างหรือปรับปรุงสภาพภาพของถนน และมีปริมาณจราจรในบางช่วงเวลาอยู่ภายใต้สภาวะติดขัด การศึกษาครั้งนี้จึงทำการเลือกถนนในพื้นที่ต่างจังหวัดเส้นทางถนนชนเกษมบริเวณตั้งแต่สี่แยกแสงเพชรใกล้ศาลากลางจังหวัดถึงสี่แยกบางใหญ่ ภายในเขตเทศบาลเมืองสุราษฎร์ธานี ระยะทางทั้งสิ้น 4.01 กิโลเมตร เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวนับว่าเป็นถนนสายหลักที่ประชาชนในพื้นที่ใช้สำหรับการเดินทางสัญจรจากต่างอำเภอเข้ามาสู่ในตัวเมือง ได้แก่ อ.บ้านนาสาร อ.บ้านนาเดิม และ อ.บ้านส้อง เป็นต้น มีสภาพการจราจรอยู่ในระดับปานกลางถึงหนาแน่นตามช่วงเวลา ในขณะเดียวกันก็มีลักษณะของอาคารสถานที่บริเวณรอบเขตทางให้สามารถที่จะทำการบันทึกข้อมูลด้วยกล้องวิดีโอ



ภาพที่ 3-1 ตำแหน่งของถนนพื้นที่ทำการศึกษา

3.2 การเก็บข้อมูลภายในพื้นที่ศึกษา

การเก็บข้อมูลภายในพื้นที่ศึกษาได้จากการสำรวจพื้นที่ทำการศึกษา และบันทึกภาพการจราจรด้วยกล้องวิดีโอ ซึ่งข้อมูลที่ได้ต้องสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลองสภาพจราจร (Simulation) การเก็บรวบรวมภาคสนามสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.2.1 ข้อมูลลักษณะทางกายภาพ ประกอบด้วย

- 3.2.1.1 ระยะทางของช่วงถนน
- 3.2.1.2 การแบ่งช่องจราจร (Lane Channelization)
- 3.2.1.3 ตำแหน่งของจุดสังเกตและระยะห่างระหว่างจุดสังเกต
- 3.2.1.4 จำนวนช่อง และความกว้างของช่องจราจร
- 3.2.1.5 ลักษณะพื้นผิวถนน (Pavement)

3.2.2 ข้อมูลการจราจรของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย

- 3.2.2.1 ปริมาณการจราจรที่จุดอ้างอิง (Reference Point)
- 3.2.2.2 ความเร็วจุดของการจราจร ณ จุดอ้างอิง (Spot Speed)
- 3.2.2.3 ความล่าช้าบริเวณทางแยก (Start Up Lost Time)
- 3.2.2.4 ระยะห่างของรถบริเวณทางแยก (Discharge Headway)
- 3.2.2.5 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกตามทิศทางและการเคลื่อนที่ของรถ
- 3.2.2.6 ระยะเวลาในการเดินทาง
- 3.2.2.7 ข้อมูลรอบสัญญาณไฟที่ทางแยก

เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์จึงทำการกำหนดสถานที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเป็นจำนวน 4 สถานี และเลือกเก็บข้อมูลสำหรับการศึกษาในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน (Peak Hour) และนอกชั่วโมงเร่งด่วน (Off Peak Hour) ในช่วงเวลากลางวัน โดยแบ่งเป็น 3 ช่วงเวลาได้แก่ 07.00 - 10.00 (AM) 11.00 - 14.00 (MD) และ 15.00 - 18.00 (PM) เป็นเวลา 3 วันได้แก่ วันจันทร์ วันพุธ และวันอาทิตย์

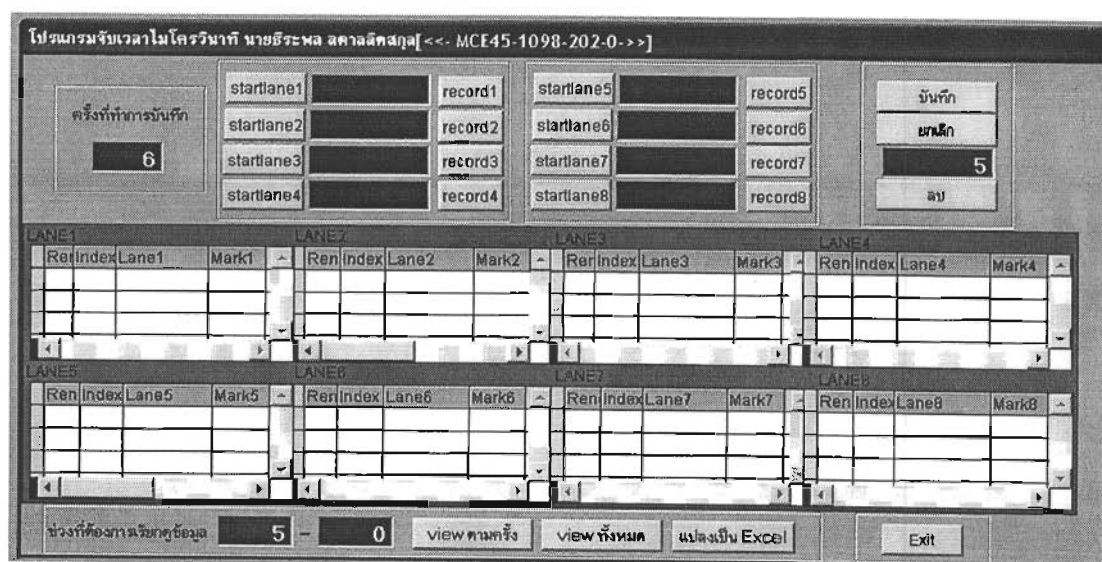
3.3 วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาของงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 6 ขั้นตอนด้วยกัน โดยสามารถอธิบายได้ในรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

3.3.1 การถอดข้อมูลภาคสนาม

การถอดข้อมูลภาคสนามจากพื้นที่ศึกษา ได้แก่ การถอดข้อมูลจากกล้องวิดีโอโดยการนำภาพวิดีโอที่บันทึกได้มาถอดข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจับเวลาที่พัฒนาขึ้นในการศึกษาของธีระพล [25] ดังภาพที่ 3-2 จะได้ปริมาณการจราจรแยกชนิดในแต่ละช่วงเวลา ความเร็วจุดของยานพาหนะที่จุดอ้างอิง และปริมาณจราจรบริเวณทางแยก (Turning Movement Count) และข้อมูลระยะห่างของรถช่วงออกตัวบริเวณทางแยก (Discharge

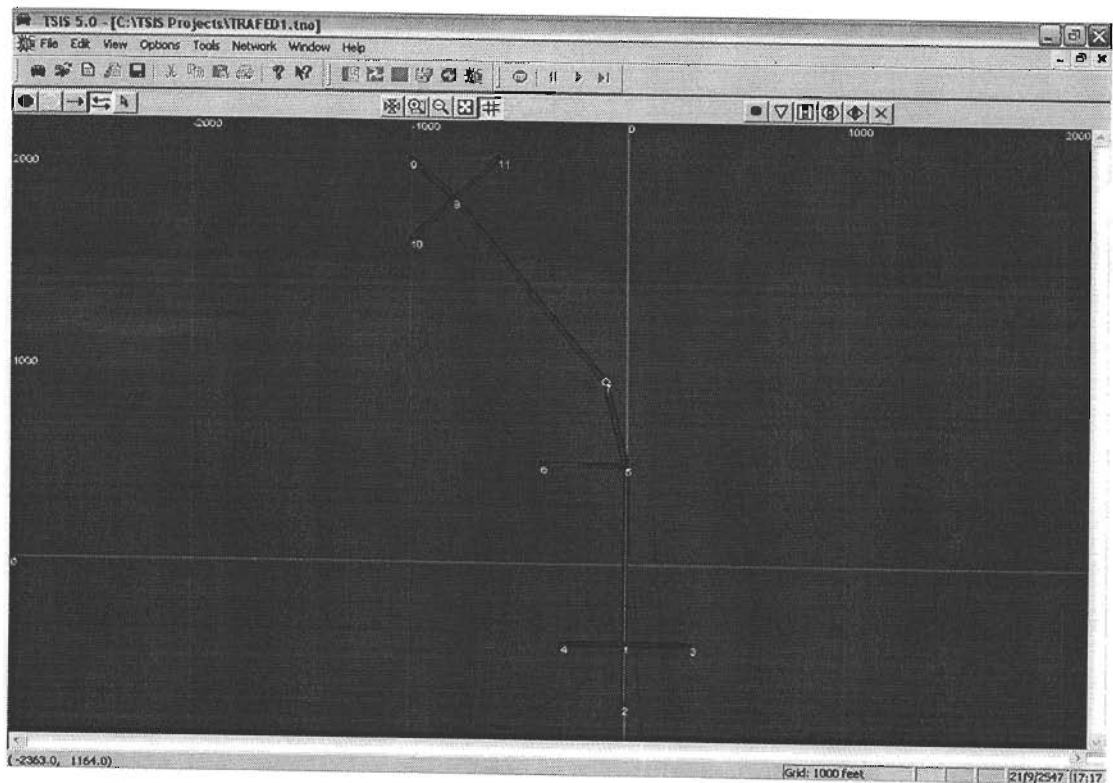
ทางแยก (Turning Movement Count) และข้อมูลระยะห่างของรถช่วงออกตัวบริเวณทางแยก (Discharge Headway) และความยาวรอบสัญญาณไฟ (Cycle Length) ได้จากการเก็บข้อมูลจากภาคสนามโดยตรง ส่วนของข้อมูลเวลาการเดินทางได้จากการเก็บข้อมูลด้วยการมวีสับบันทึกแผ่นป้ายทะเบียน (License Plate Technique)



ภาพที่ 3-2 โปรแกรมจับเวลาที่ใช้ในการถอดข้อมูล

3.3.2 การสร้างแบบจำลองสภาพจราจร

การสร้างแบบจำลองใช้โปรแกรม CORSIM ซึ่งมีรูปแบบการสร้างโครงข่ายโดยใช้จุดและส่วนของถนน (Node - Link) จะต้องมีการกำหนดพิกัดของแต่ละจุด จากนั้นจึงทำการเชื่อมจุดด้วยส่วนของถนน และต้องกำหนดระยะทางในส่วนถนนให้สอดคล้องกับพิกัดที่ตั้งแสดงในภาพที่ 3-3 หลังจากนั้นทำการปรับค่าตัวแปรทางด้านจราจรภายในโปรแกรม CORSIM ให้สอดคล้องและคล้ายคลึงกับสภาพที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ค่าจำกัดความเร็ว (Speed Limit) ค่าระยะห่างของรถช่วงออกตัวบริเวณทางแยก (Discharge Headway) ความล่าช้าบริเวณทางแยก (Start Up Lost Time) รูปแบบการกระจายตัวของยานพาหนะในโครงข่ายถนน (Vehicle Entry Headway) ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกตามทิศทางการเคลื่อนที่ของรถ และค่าตัวแปรอื่น ๆ ที่มีความสำคัญ นอกจากนี้ยังต้องจำลองรูปแบบการจัดการจราจรบริเวณทางแยกซึ่งได้แก่ การจำลองการจัดการระบบสัญญาณไฟของเจ้าหน้าที่ตำรวจ ด้วยการนำเข้าข้อมูลข้อมูลรอบสัญญาณไฟและจังหวะสัญญาณไฟที่เจ้าหน้าที่ตำรวจได้เปิดให้บริการจริงบริเวณทางแยก เพื่อเป็นการเพิ่มความถูกต้องให้กับแบบจำลอง อย่างไรก็ตามก่อนที่จะนำค่าผลลัพธ์จากแบบจำลองไปใช้จะต้องผ่านการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองด้วยกรรมวิธีทางสถิติดังจะกล่าวในลำดับต่อไป



ภาพที่ 3-3 ลักษณะของโครงข่ายถนนใน CORSIM

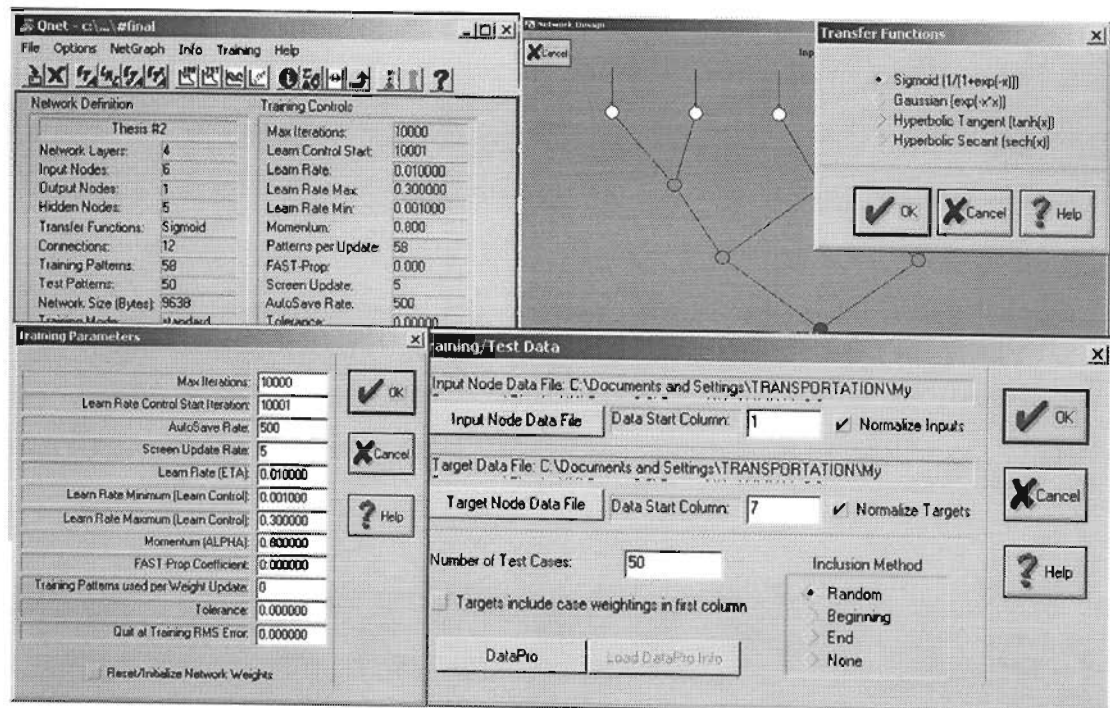
3.3.3 การวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้างประสาทเทียมที่เหมาะสม

การวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้างของระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ที่เหมาะสมในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาใช้โปรแกรม Statistica 7.0 เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หาลักษณะของโครงสร้างระบบประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ที่เหมาะสมด้วยการใช้วิธีการทดสอบแบบ Intelligent Problem Solver โดยใช้ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการหาแบบโครงสร้างระบบโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมได้แก่ ปริมาณการจราจรที่มีการเข้า - ออกภายในช่วงถนน ความเร็วของยานพาหนะก่อน - หลังเข้าสู่ช่วงถนน ค่าความยาวรอบสัญญาณไฟ และค่าอัตราส่วน g/c มาเป็นชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกระบบ (Train) เหตุผลที่พิจารณาใช้โปรแกรม Statistica 7.0 เฉพาะในส่วนนี้เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม Statistica 7.0 ขาดข้อมูลที่สำคัญซึ่งได้แก่ ข้อมูลค่าน้ำหนักในการเชื่อมต่อ (Weight Value) และรูปแบบการแปลงค่าที่เกิดขึ้นในแต่ละ Node ทำให้ไม่เพียงพอสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในลำดับต่อไป

3.3.4 การประยุกต์ใช้โปรแกรม Onet2000

ประยุกต์ใช้โปรแกรม Onet2000 เพื่อวิเคราะห์ค่าผลลัพธ์เวลาการเดินทาง ค่าน้ำหนักในการเชื่อมต่อ (Weight Value) ของ Node แต่ละ Node ระหว่างส่วนรับข้อมูลและชั้นแสดงผล ซึ่งได้จากการสุ่มเลือกเมื่อเริ่มต้นการเรียนรู้ของระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) โดยการศึกษาครั้งนี้พิจารณาให้โครงข่ายเป็นแบบ Multi Layer Backpropagation Neural Network [26] เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนสุ่ม

เลือกค่านำหนักการเชื่อมต่อที่ใกล้เคียงและเหมาะสมที่สุด ส่วนการใช้ Activation Function กำหนดให้เลือกใช้แบบ Gaussian Function [27] ส่วนการเลือกข้อมูลนำเข้าจากตัวแปรที่มีผลต่อเวลาในการเดินทาง การศึกษาเลือกใช้ตัวแปรที่สำคัญจำนวน 6 ตัวแปรซึ่งได้แก่ ปริมาณการจราจรที่มีการเข้า - ออกภายในช่วงถนน ความเร็วของยานพาหนะก่อน - หลังเข้าสู่ช่วงถนน ค่าความยาวรอบสัญญาณไฟ และค่าอัตราส่วน g/c



ภาพที่ 3-4 User Interfaces ของโปรแกรม Qnet2000

3.3.5 การพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา Visual Basic

การพัฒนาโปรแกรมเพื่อทดลองแสดงผลการประมาณเวลาในการเดินทางที่เกิดขึ้นภายในโครงข่ายถนนพื้นที่ศึกษา ด้วยการใช้ภาษา Visual Basic โดยกำหนดให้มีโครงสร้างการวิเคราะห์ตามรูปแบบของระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) และกำหนดให้มีส่วนที่รับส่งข้อมูลเข้า - ออกกับผู้ใช้ผ่านทางระบบ Graphic User Interface ที่สามารถเข้าใจได้ง่าย

3.3.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพด้วยกรรมวิธีทางสถิติ

เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการประมาณเวลาการเดินทางของแต่ละอัลกอริทึม โดยการเปรียบเทียบเวลาการเดินทางที่ได้จากแต่ละอัลกอริทึมกับการศึกษาเวลาการเดินทางในสนามที่เก็บข้อมูลด้วยกรรมวิธีบันทึกแผ่นป้ายทะเบียน (License Plate Technique) ด้วยกรรมวิธีทางสถิติ (t - test, R^2 , RMSE และ AWFE) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องเลือกกรรมวิธีทางสถิติที่ใช้วิเคราะห์ให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

3.4.1 การสอบเทียบผลลัพธ์ของโปรแกรม CORSIM

การตรวจสอบปรับแก้ผลลัพธ์ของปริมาณการจราจร และความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองสภาพจราจรภายในพื้นที่ศึกษาให้ใกล้เคียงกับพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริง โดยในกระบวนการเปรียบเทียบ ผู้ศึกษาเลือกใช้กรรมวิธีทางสถิติซึ่งสามารถวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด ทั้งภาพรวมของช่วงเวลาที่พิจารณาและในลักษณะจุลภาคโดยกรรมวิธีที่เลือกใช้ดังต่อไปนี้

Root - Mean Square Error

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_y (\hat{t}_{ij} - t_{ij})^2} \quad (3-1)$$

เมื่อ	N	=	จำนวนตัวอย่างทั้งหมด
	$\hat{t}_{ij}$	=	ค่าที่ได้จากการสร้างแบบจำลอง (ปริมาณจราจร, ความเร็ว)
	t_{ij}	=	ค่าที่ได้จากข้อมูลภาคสนาม (ปริมาณจราจร, ความเร็ว)

Average Weighted Fractional Error

$$AWFE = \sqrt{\sum_y (t_{ij} / t_{..}) [(\hat{t}_{ij} - t_{ij}) / t_{ij}]^2} \quad (3-2)$$

เมื่อ	$t_{..}$	=	ผลรวมของค่าที่ได้จากข้อมูลภาคสนาม
-------	----------	---	-----------------------------------

3.4.2 การประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

การประเมินประสิทธิภาพสามารถทำได้โดยการนำผลของเวลาการเดินทางที่ได้จากการประยุกต์ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) เวลาการเดินทางจากการสร้างแบบจำลอง CORSIM เวลาการเดินทางจาก Speed Based Estimator Algorithm และเวลาการเดินทางจาก Mass Balance Algorithm เปรียบเทียบกับเวลาการเดินทางจริงในสนามที่เก็บข้อมูลด้วยวิธีบันทึกแผ่นป้ายทะเบียน (License Plate Technique) ด้วยกรรมวิธี RMSE และ AWFE ตามสมการที่ 3-1 และ 3-2 เพื่อตรวจสอบค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น และมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเพิ่มเติมกรรมวิธีทางสถิติอีก 2 รูปแบบได้แก่ การทดสอบด้วย t - test และ R^2 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังต่อไปนี้

t - test

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \quad (3-3)$$

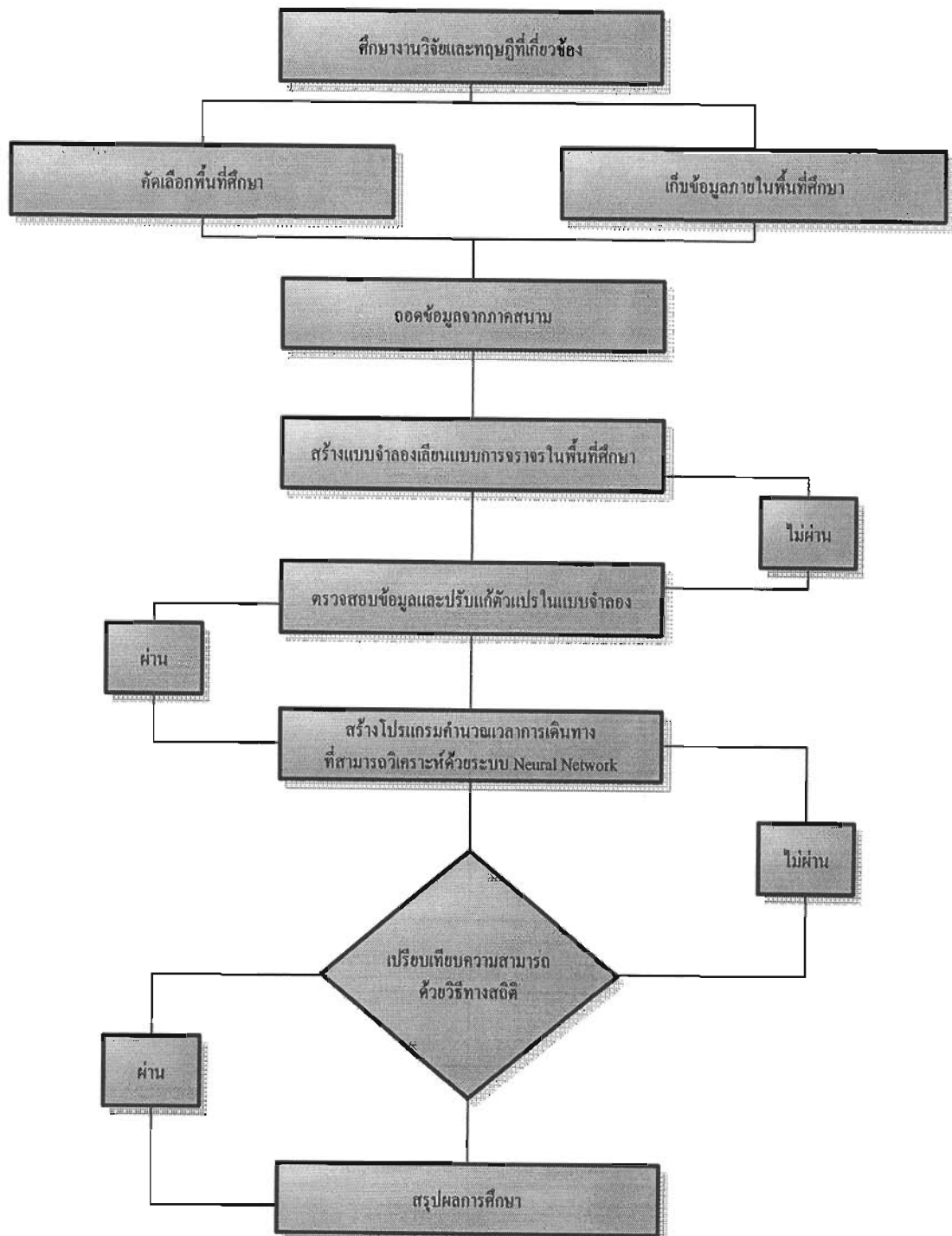
เมื่อ	$\bar{x}$	=	ค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูล
	μ_0	=	ค่าเฉลี่ยที่แท้จริงของประชากร
	σ	=	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	n	=	จำนวนตัวอย่างที่เลือก

 R^2

$$R^2 = \left[\frac{n \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \right]^2 \quad (3-4)$$

เมื่อ	n	=	จำนวนตัวอย่างในการวิเคราะห์
	x	=	ค่าตัวอย่างที่ใช้ในการเปรียบเทียบ 1
	y	=	ค่าตัวอย่างที่ใช้ในการเปรียบเทียบ 2

3.5 แผนภูมิแสดงการทำงาน



ภาพที่ 3-5 แผนภูมิแสดงการทำงาน

บทที่ 4

ข้อมูลจราจรภายในพื้นที่ศึกษา

4.1 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา

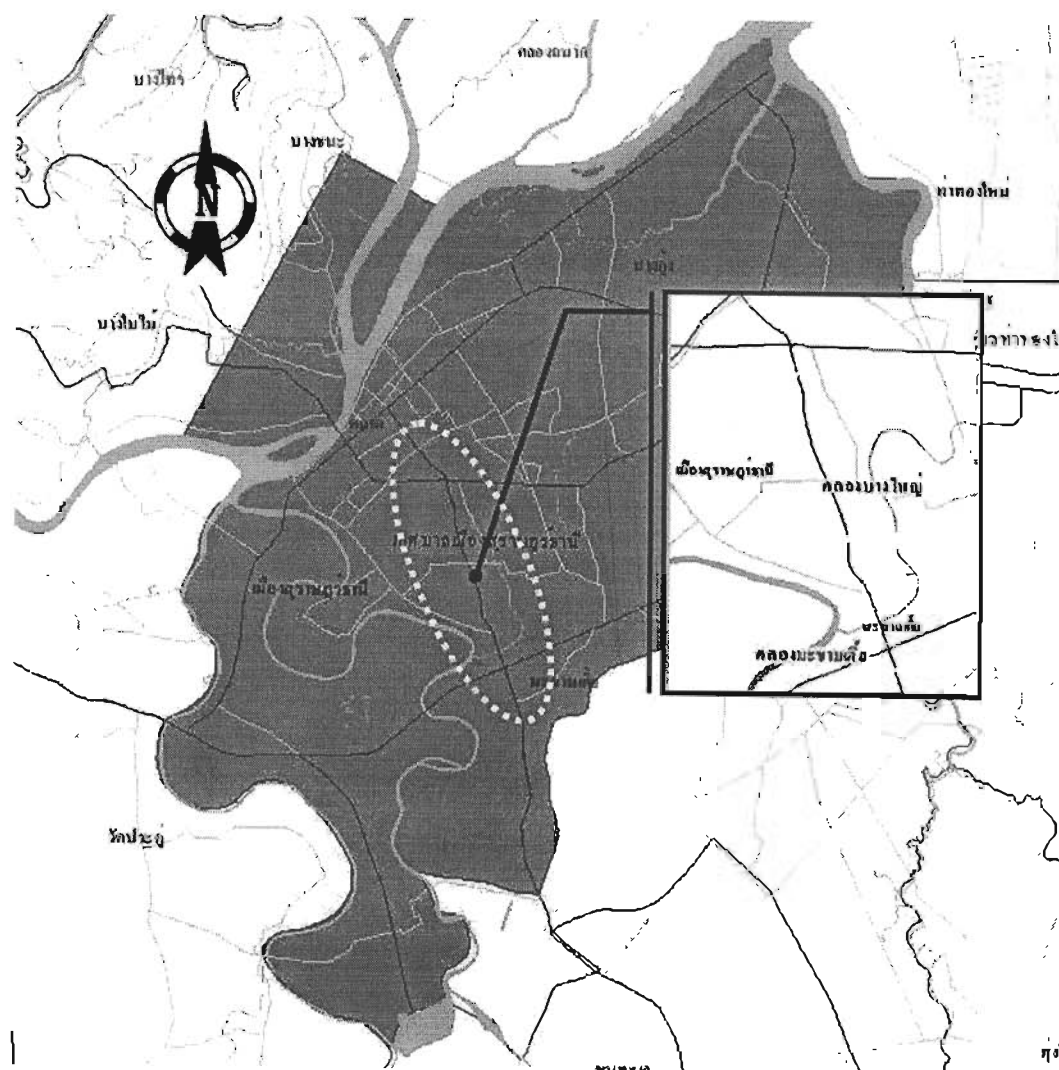
ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษาสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของถนน ลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก และข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของสถานีที่ใช้ในการเก็บข้อมูล มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 ลักษณะทางกายภาพของถนน

การศึกษาครั้งนี้ใช้พื้นที่โครงข่ายถนนชนเกษมในช่วงแยกบางใหญ่ถึงแยกแสงเพชรเป็นพื้นที่ศึกษา โดยลักษณะทางกายภาพของถนนเมื่อแบ่งแยกประเภทตาม Highway Capacity Manual 2000 [28] สามารถสรุปได้ว่าถนนพื้นที่ศึกษาเป็นถนนแบบ Multilane Highway ขนาด 6 ช่องจราจร (2 ทิศทาง) แบ่งทิศทางการจราจรด้วยเกาะกลางและเครื่องหมายบนพื้นทาง มีทางแยกจำนวน 2 ทางแยกได้แก่ แยกบางใหญ่ และแยกแสงเพชร ลักษณะพื้นผิวถนนเป็นแบบ Flexible Asphalt Pavement ดำเนินการก่อสร้างโดยกรมทางหลวง เป็นถนนสายหลักที่ใช้เดินทางสัญจรเข้าสู่อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี โดยมีรายละเอียดลักษณะทางกายภาพดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ลักษณะทางกายภาพของถนนที่ใช้เป็นพื้นที่ศึกษา

ตำแหน่งอ้างอิง	ลักษณะของช่องจราจร		ทิศทางการเคลื่อนตัว		ชนิดของผิวทาง
	ความกว้าง (ม.)	จำนวน (ช่อง)	เข้าเมือง	ออกเมือง	
- Station 1	3.6	3	✓	-	Asphalt
- แยกบางใหญ่	3.6	3	✓	-	Asphalt
- แยกในลิ้ง	3.6	3	✓	-	Asphalt
- Station 2	3.6	3	✓	-	Asphalt
- Station 3	3.6	3	✓	-	Asphalt
- แยกแสงเพชร	3.6	3	✓	-	Asphalt
- Station 4	3.6	3	✓	-	Asphalt

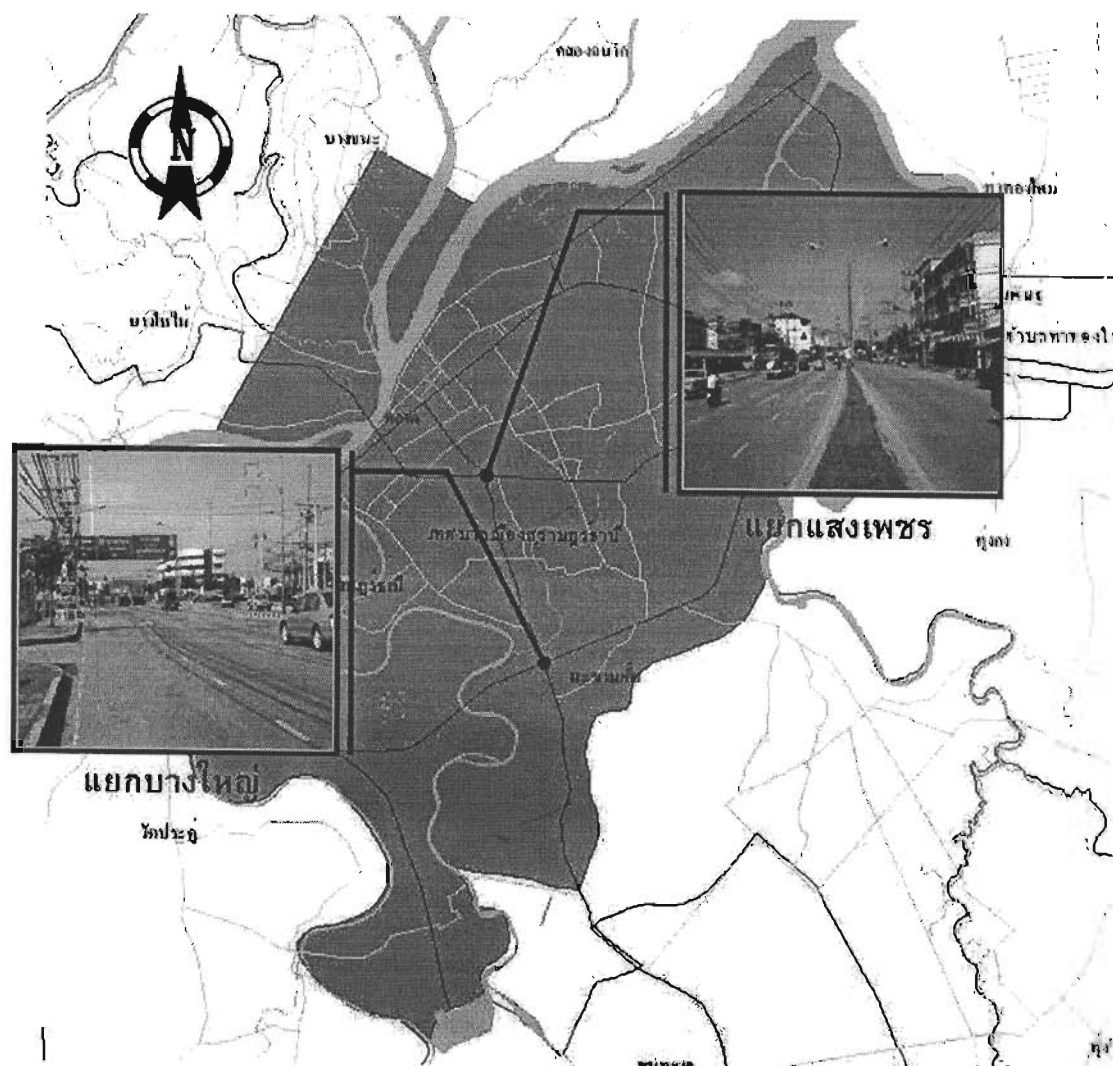


ภาพที่ 4-1 ตำแหน่งที่ตั้งของถนนพื้นที่ศึกษา

4.1.2 ลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยก

ลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกที่ใช้เป็นพื้นที่สำหรับทำการศึกษา ประกอบด้วยทางแยกแบบ 4 ทิศทาง จำนวน 2 ทางแยก ได้แก่ แยกบางใหญ่ แยกแสงเพชร เป็นทางแยกที่มีระบบการจัดการจราจร บริเวณทางแยกแบบสัญญาณไฟคงที่ (Fixed Time) โดยมีลักษณะของสัญญาณไฟช่วยนับถอยหลัง (Countdown Timer) ติดตั้งอยู่ในพื้นที่แยกแสงเพชร แต่ในบางช่วงเวลาที่มียปริมาณจราจรหนาแน่น จะมีเจ้าหน้าที่ตำรวจเป็นผู้จัดการระบบสัญญาณไฟบริเวณทางแยกแทนระบบอัตโนมัติ โดยเห็นได้ชัดเจนในพื้นที่ บริเวณแยกแสงเพชร ลักษณะทางกายภาพของทั้ง 2 ทางแยกมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยในพื้นที่ แยกบางใหญ่มีลักษณะเป็นทางแยกที่มีช่องจราจรสำหรับช่วยในการเลี้ยวด้านซ้ายและด้านขวา มีการก่อสร้าง เกาะกลางเพื่อแยกทิศทางของกระแสจราจร อีกทั้งยังเป็นเส้นทางของทางหลวงหมายเลข 401 ซึ่งเป็นถนนสาย

หลักในการเดินทางสัญจร ส่วนในพื้นที่แยกแสงเพชรเป็นลักษณะของทางแยกในเขตเมืองไม่มีช่องจราจรสำหรับช่วยเลี้ยว (Auxiliary Lane) และเกาะกลาง เนื่องจากพื้นที่ของทางแยกถูกบังคับด้วยอาคารและสิ่งปลูกสร้างมีรายละเอียดลักษณะทางกายภาพแสดงไว้ในภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 ลักษณะทางกายภาพบริเวณทางแยกบางใหญ่และแสงเพชร

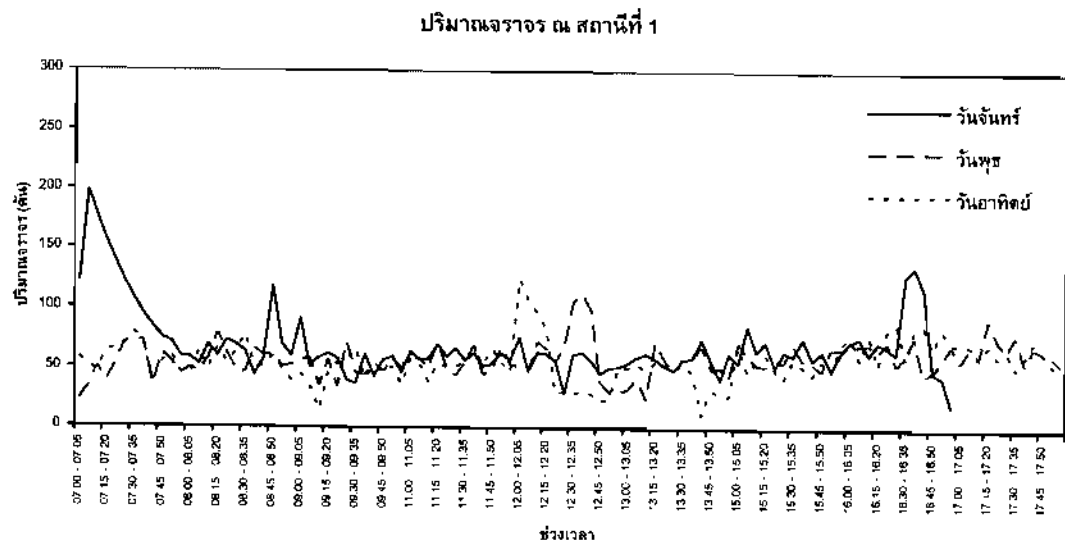
4.1.3 ตำแหน่งของจุดสังเกต

การเลือกตำแหน่งของจุดสังเกตที่เหมาะสมกับการศึกษา ผู้ศึกษาได้ใช้หลักความเหมาะสมของลักษณะทางกายภาพของถนนที่ทำให้ง่ายต่อการดำเนินการเก็บข้อมูลที่ต้องการซึ่งได้แก่ ข้อมูลปริมาณจราจร ความเร็วยานพาหนะ และเวลาการเดินทาง จุดสังเกตในการศึกษาจึงเลือกตำแหน่งในการติดตั้งกล้องวิดีโอในมุมสูงโดยเลือกตำแหน่งที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นสะพานลอยคนข้าม และอาคารสิ่งปลูกสร้างด้านข้างถนนที่มี

ความสูงพอเหมาะในการติดตั้งกล้องวิดีโอ เพื่อให้ทำให้ทราบถึงเปลี่ยนแปลงของกระแสนจราจร ผู้ศึกษาได้ทำการติดตั้งกล้องวิดีโอเป็นจำนวน 4 สถานีดังนี้ สถานีที่ 1 เป็นการติดตั้งกล้องวิดีโอบนสะพานลอยคนข้ามในถนนชนเกษม ด้านหน้าทางเข้าโรงเรียนอาชีวะดอนบอสโก (สุราษฎร์ธานี) ห่างจากแยกบางใหญ่มาประมาณ 1 กม. ลักษณะของถนนเป็นทางหลวงระหว่างอำเภอ (Highway) ขนาด 6 ช่องจราจร (2 ทิศทาง) สถานีที่ 2 เป็นการติดตั้งกล้องวิดีโอบนอาคารพาณิชย์ริมถนนชนเกษมเยื้องกับห้างสรรพสินค้าแมคโครสาขาสุราษฎร์ธานี ห่างจากแยกบางใหญ่ประมาณ 700 ม. มีลักษณะของถนนเป็นทางหลวงในเขตเมืองมีสิ่งปลูกสร้างข้างทางค่อนข้างหนาแน่นส่วนใหญ่เป็นอาคารพาณิชย์ขนาด 2 - 3 ชั้น ถนนมีขนาด 6 ช่องจราจร (2 ทิศทาง) สถานีที่ 3 เป็นการติดตั้งกล้องวิดีโอบนสะพานลอยคนข้ามในถนนชนเกษมช่วงด้านหน้าโรงเรียนมานิตานุเคราะห์ห่างจากแยกบางใหญ่ประมาณ 2 กม. มีลักษณะของถนนเป็นทางหลวงในเขตเมืองมีสิ่งปลูกสร้างข้างทางค่อนข้างหนาแน่นประกอบด้วยอาคารพาณิชย์และบ้านพักอาศัยที่อยู่กันแบบไม่หนาแน่นมากนัก ถนนมีขนาด 6 ช่องจราจร (2 ทิศทาง) และสถานีที่ 4 เป็นการติดตั้งกล้องวิดีโอบริเวณทางเข้าริมถนนชนเกษมใกล้กับห้างสรรพสินค้าสิริสิน (สุราษฎร์ธานี) ห่างจากแยกแสงเพชรประมาณ 150 ม. มีลักษณะเป็นถนนในเขตเมือง (Urban Street) ที่มีสิ่งปลูกสร้างข้างทางอย่างหนาแน่นประกอบด้วยอาคารพาณิชย์และบ้านพักอาศัยที่อยู่กันอย่างหนาแน่น ถนนมีขนาดค่อนข้างเล็กและแคบโดยมีเพียง 4 ช่องจราจร (2 ทิศทาง) เหตุผลที่ในสถานีที่ 4 มีตำแหน่งการติดตั้งกล้องวิดีโอที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากประสบปัญหาด้านการติดต่อประสานงานในการขอเข้าใช้สถานที่ อย่างไรก็ตามผู้ศึกษาได้ทำการประยุกต์และปรับปรุงพื้นที่ในการติดตั้งกล้องวิดีโอ โดยการใช้ลักษณะของขาตั้งกล้องที่มีความยาวมากเป็นพิเศษ และเลือกตำแหน่งที่เป็นเขตพื้นที่ห้ามจอดของถนนชนเกษม เพื่อการป้องกันปัญหาการจอดรถบังมุมกล้องที่ใช้ในการบันทึกภาพและปัญหาการซ้อนกัน (Parallax) รายละเอียดพื้นที่ในการติดตั้งกล้องถ่ายวิดีโอแสดงดังภาพที่ 4-3

ลักษณะจุลภาคมากขึ้น โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 3 วัน ได้แก่วันจันทร์เพื่อเป็นตัวแทนของสภาพจราจรในวันที่มีสภาพเร่งด่วน วันพุธซึ่งเป็นตัวแทนของวันที่มีสภาพการจราจรปกติในวันธรรมดา และวันอาทิตย์ซึ่งเป็นตัวแทนของสภาพการจราจรปกติในวันหยุดเพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกันของสภาพจราจรในแต่ละวัน

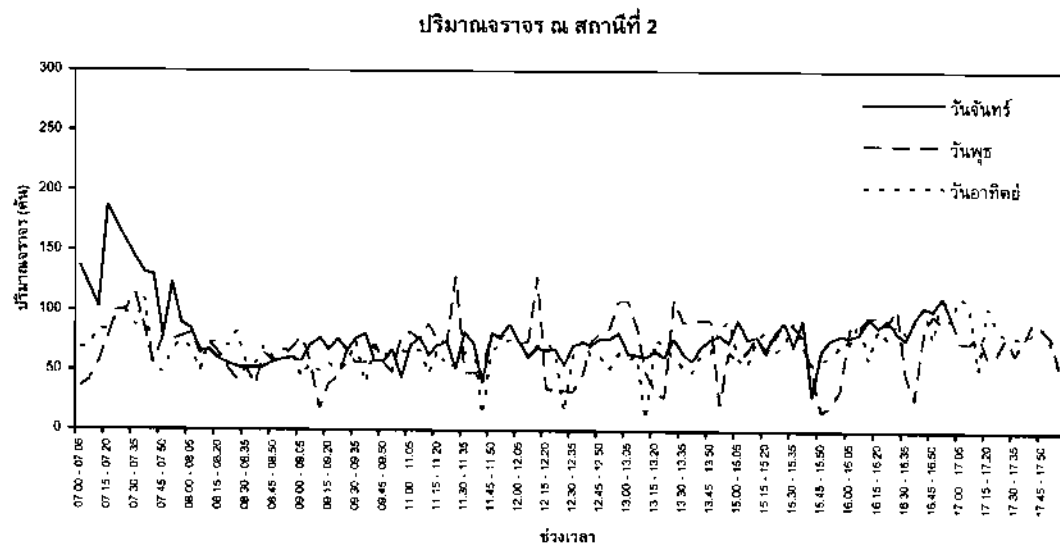
4.2.1.1 ปริมาณจราจร ณ สถานีที่ 1



ภาพที่ 4-4 ปริมาณจราจร ณ สถานีที่ 1

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณจราจรทั้ง 3 วันในสถานีที่ 1 พบว่าปริมาณจราจรในวันจันทร์โดยเฉพาะในช่วงเวลา 07.00 - 08.00 จะมีค่ามากที่สุดเกือบ 1,500 คัน/ชม. และต่ำสุดในช่วงเวลา 12.00 - 13.00 จะมีค่าปริมาณจราจรอยู่ที่ 700 คัน/ชม. ปริมาณจราจรในวันพุธพบว่าช่วงเวลา 17.00 - 18.00 จะมีค่ามากที่สุด 800 คัน/ชม. และต่ำสุดในช่วงเวลา 07.00 - 08.00 จะมีค่าปริมาณจราจรอยู่ที่ 600 คัน/ชม. ปริมาณจราจรในวันอาทิตย์พบว่าช่วงเวลา 16.00 - 17.00 จะมีค่ามากที่สุด 900 คัน/ชม. และต่ำสุดในช่วงเวลา 13.00 - 14.00 มีค่าปริมาณจราจรอยู่ที่ 500 คัน/ชม.

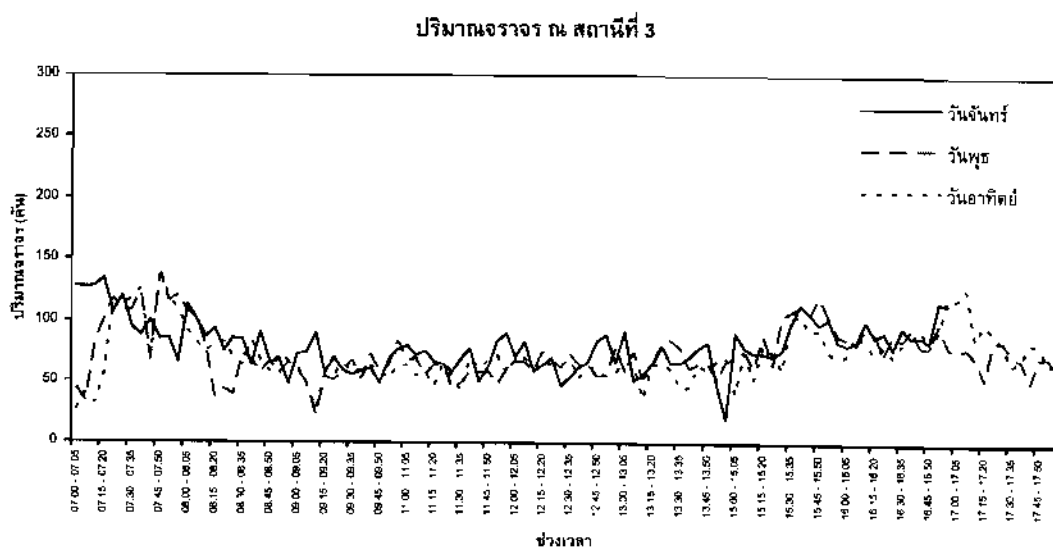
4.2.1.2 ปริมาณจราจร ณ สถานีที่ 2



ภาพที่ 4-5 ปริมาณจราจร ณ สถานีที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณจราจรทั้ง 3 วันในสถานีที่ 1 พบว่าปริมาณจราจรในวันจันทร์โดยเฉพาะในช่วงเวลา 07.00 - 08.00 จะมีค่ามากที่สุด 1,600 คัน/ชม. และต่ำสุดในช่วงเวลา 08.00 - 09.00 จะมีค่าปริมาณจราจรอยู่ที่ 700 คัน/ชม. ปริมาณจราจรในวันพุธพบว่าช่วงเวลา 16.00 - 17.00 จะมีค่ามากที่สุด 1,000 คัน/ชม. และต่ำสุดในช่วงเวลา 09.00 - 10.00 จะมีค่าปริมาณจราจรอยู่ที่ 600 คัน/ชม. ปริมาณจราจรในวันอาทิตย์พบว่าช่วงเวลา 16.00 - 17.00 จะมีค่ามากที่สุด 1,000 คัน/ชม. และต่ำสุดในช่วงเวลา 09.00 - 10.00 จะมีค่าปริมาณจราจรอยู่ที่ 600 คัน/ชม.

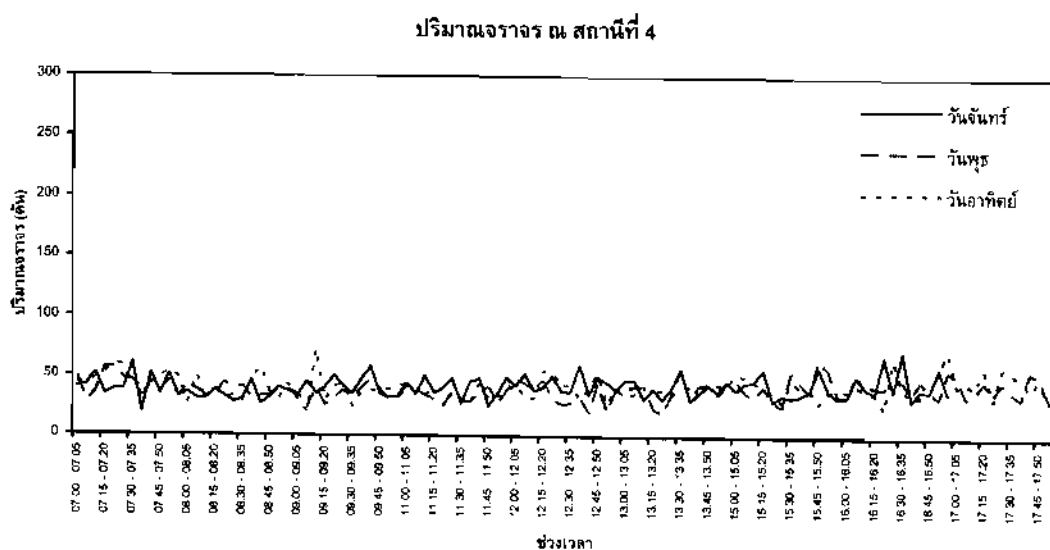
4.2.1.3 ปริมาณจราจร ณ สถานีที่ 3



ภาพที่ 4-6 ปริมาณจราจร ณ สถานีที่ 3

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณจราจรทั้ง 3 วันในสถานีที่ 3 พบว่าปริมาณจราจรในวันจันทร์โดยเฉพาะในช่วงเวลา 07.00 - 08.00 ยังคงมีค่ามากที่สุด 1,300 คัน/ชม. และต่ำสุดในช่วงเวลา 13.00 - 14.00 จะมีค่าปริมาณจราจรอยู่ที่ 800 คัน/ชม. ปริมาณจราจรในวันพุธพบว่าช่วงเวลา 15.00 - 16.00 จะมีค่ามากที่สุด 1,100 คัน/ชม. และต่ำสุดในช่วงเวลา 09.00 - 10.00 จะมีค่าปริมาณจราจรอยู่ที่ 700 คัน/ชม. ปริมาณจราจรในวันอาทิตย์พบว่าช่วงเวลา 16.00 - 17.00 จะมีค่ามากที่สุด 1,000 คัน/ชม. และต่ำสุดในช่วงเวลา 09.00 - 10.00 จะมีค่าปริมาณจราจรอยู่ที่ 600 คัน/ชม.

4.2.1.4 ปริมาณจราจร ณ สถานีที่ 4



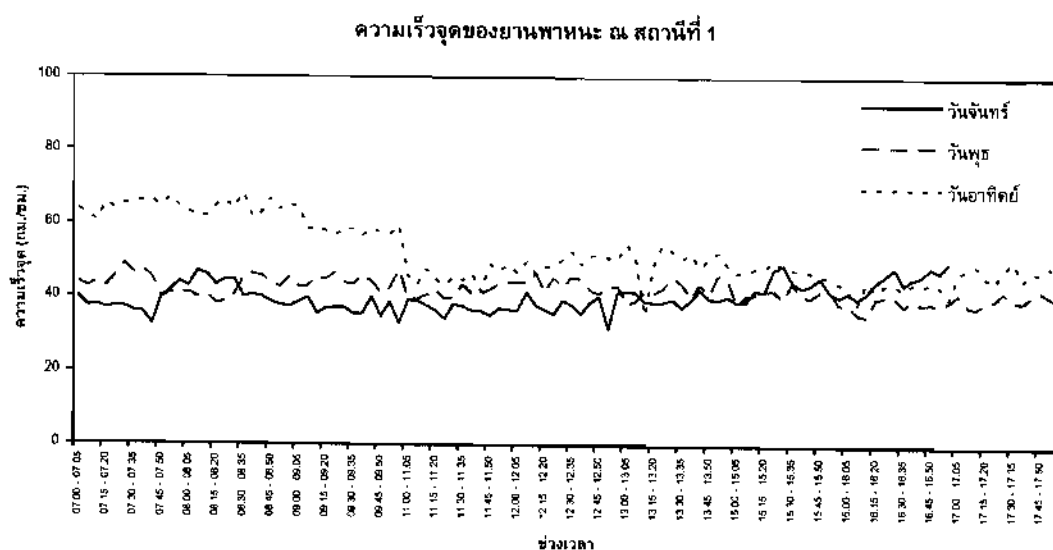
ภาพที่ 4-7 ปริมาณจราจร ณ สถานีที่ 4

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณจราจรทั้ง 3 วันในสถานีที่ 4 พบว่าปริมาณจราจรในวันจันทร์ตลอดทั้งวันคงที่อยู่ที่ระดับ 500 คัน/ชม. ปริมาณจราจรในวันพุธพบว่ามีลักษณะคล้ายกับวันจันทร์คือคงที่ตลอดทั้งวันอยู่ที่ระดับ 500 คัน/ชม. ปริมาณจราจรในวันอาทิตย์ก็มีลักษณะคล้ายกันมีลักษณะคงที่ แต่มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยโดยคงที่อยู่ที่ระดับ 450 - 500 คัน/ชม.

4.2.2 ความเร็วจุดของยานพาหนะบริเวณจุดอ้างอิง (Spot Speed)

ผู้ศึกษาได้ใช้การถอดข้อมูลผ่านทางภาพวิดีโอโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจากการศึกษาของธีระพล [25] เป็นเครื่องมือในการตรวจจับความเร็วของยานพาหนะ เช่นเดียวกับปริมาณจราจรบริเวณจุดอ้างอิง แตกต่างกันที่มีการกำหนดจุดเข้า - ออกของยานพาหนะทำให้ทราบถึงเวลาที่ใช้ไปในช่วงถนนดังกล่าว หลังจากนั้นนำเวลาที่ได้อมาคำนวณเป็นลักษณะของความเร็วเฉลี่ยเชิงพื้นที่ (Space Mean Speed) โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 3 วันได้แก่วันจันทร์เพื่อเป็นตัวแทนของวันสภาพจราจรในวันเร่งด่วน วันพุธซึ่งเป็นตัวแทนของวันที่มีสภาพการจราจรปกติในวันธรรมดา และวันอาทิตย์ซึ่งเป็นตัวแทนของสภาพการจราจรปกติในวันหยุดเพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกันของสภาพจราจร

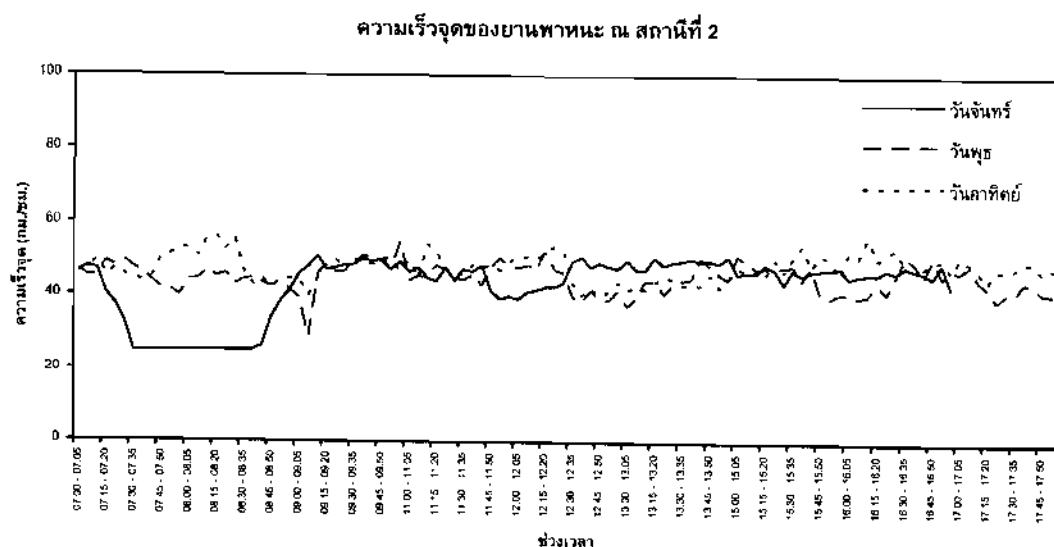
4.2.2.1 ความเร็วจุดยานพาหนะ ณ สถานีที่ 1



ภาพที่ 4-8 ความเร็วจุดของยานพาหนะ ณ สถานีที่ 1

เมื่อเปรียบเทียบความเร็วจุดของยานพาหนะทั้ง 3 วันในสถานีที่ 1 พบว่าความเร็วจุดของยานพาหนะในวันจันทร์ช่วงเวลา 07.00 - 08.00 มีค่ามากที่สุด 45 กม./ชม. และต่ำสุดในช่วงเวลา 12.00 - 13.00 จะมีค่าความเร็วจุดของยานพาหนะอยู่ที่ 38 กม./ชม. ความเร็วจุดของยานพาหนะในวันพุธพบว่าตลอดทั้งวันจะมีค่าความเร็วจุดของยานพาหนะที่ 45 - 50 กม./ชม. ความเร็วจุดของยานพาหนะในวันอาทิตย์พบว่าช่วงเวลา 07.00 - 08.00 จะมีค่ามากที่สุด 65 กม./ชม. และต่ำสุดในช่วงเวลา 16.00 - 17.00 จะมีค่าความเร็วจุดของยานพาหนะอยู่ที่ 40 กม./ชม.

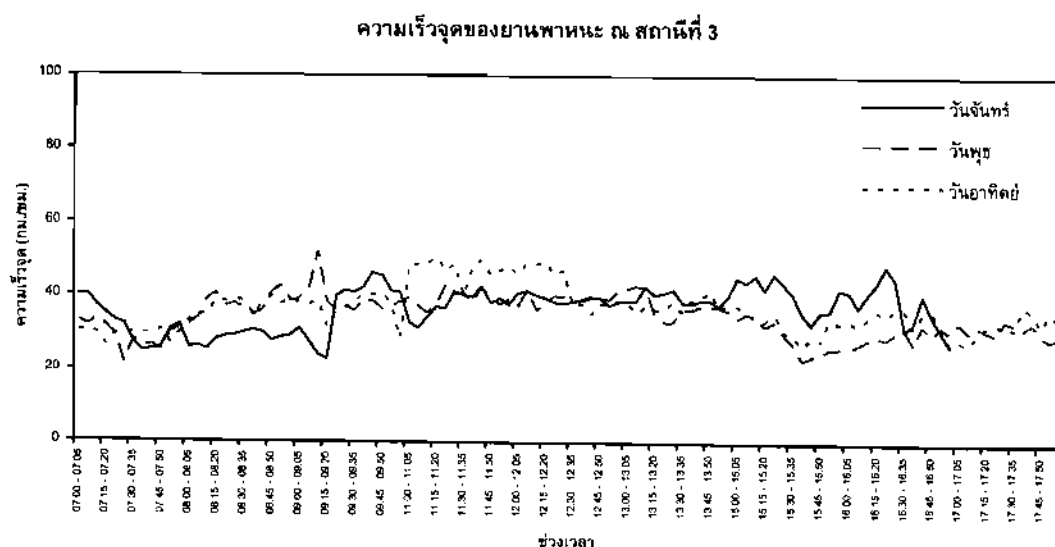
4.2.2.2 ความเร็วจุดยานพาหนะ ณ สถานีที่ 2



ภาพที่ 4-9 ความเร็วจุดของยานพาหนะ ณ สถานีที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบความเร็วจุดของยานพาหนะทั้ง 3 วันในสถานีที่ 2 พบว่าความเร็วจุดของยานพาหนะในวันจันทร์ช่วงเวลา 13.00 - 14.00 มีค่ามากที่สุด 50 กม./ชม. และต่ำสุดในช่วงเวลา 08.00 - 09.00 จะมีค่าความเร็วจุดของยานพาหนะอยู่ที่ 30 กม./ชม. ความเร็วจุดของยานพาหนะในวันพุธพบว่าตลอดทั้งวันจะมีค่าความเร็วจุดของยานพาหนะคงที่ที่ระดับ 45 - 50 กม./ชม. ความเร็วจุดของยานพาหนะในวันอาทิตย์พบว่ามีความเร็วจุดของยานพาหนะคงที่ที่ระดับ 45 - 50 กม./ชม. โดยตลอดทั้งวันจะมีค่าความเร็วจุดของยานพาหนะอยู่ที่ระดับ 45 - 50 กม./ชม.

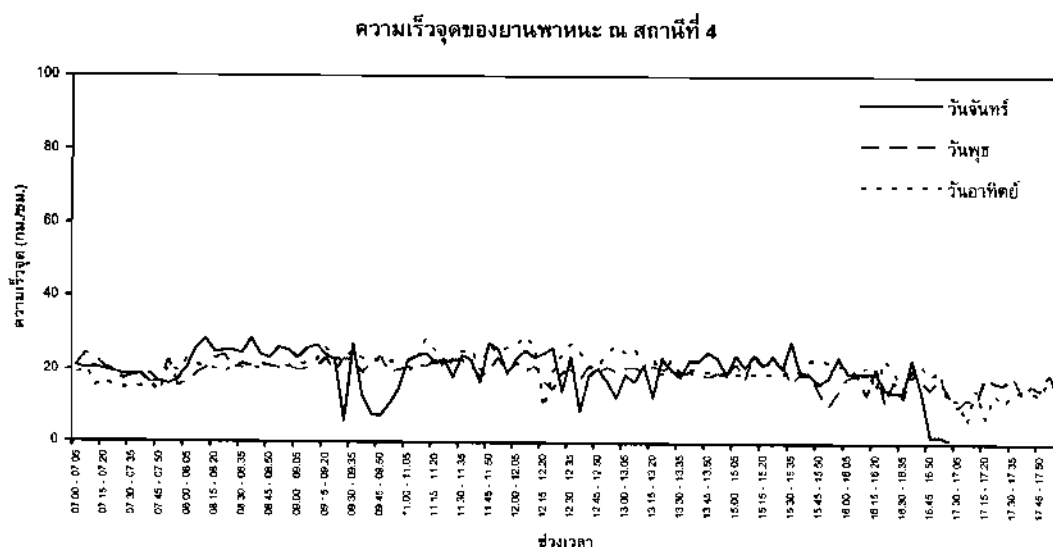
4.2.2.3 ความเร็วจุดยานพาหนะ ณ สถานีที่ 3



ภาพที่ 4-10 ความเร็วจุดของยานพาหนะ ณ สถานีที่ 3

เมื่อเปรียบเทียบความเร็วจุดของยานพาหนะทั้ง 3 วันในสถานีที่ 3 พบว่าความเร็วจุดของยานพาหนะในวันจันทร์ช่วงเวลา 15.00 - 16.00 มีค่ามากที่สุด 40 กม./ชม. และต่ำสุดในช่วงเวลา 08.00 - 09.00 จะมีค่าความเร็วจุดของยานพาหนะอยู่ที่ 30 กม./ชม. ความเร็วจุดของยานพาหนะในวันพุธพบว่าช่วงเวลา 11.00 - 12.00 มีค่ามากที่สุด 40 กม./ชม. และต่ำสุดในช่วงเวลา 15.00 - 16.00 จะมีค่าความเร็วจุดของยานพาหนะอยู่ที่ 30 กม./ชม. ความเร็วจุดของยานพาหนะในวันอาทิตย์พบว่าช่วงเวลา 11.00 - 12.00 มีค่ามากที่สุด 50 กม./ชม. และต่ำสุดในช่วงเวลา 07.00 - 08.00 จะมีค่าความเร็วจุดของยานพาหนะอยู่ที่ 30 กม./ชม.

4.2.2.4 ความเร็วจุดยานพาหนะ ณ สถานีที่ 4



ภาพที่ 4-11 ความเร็วจุดของยานพาหนะ ณ สถานีที่ 4

เมื่อเปรียบเทียบความเร็วจุดของยานพาหนะทั้ง 3 วันในสถานีที่ 4 พบว่าความเร็วจุดของยานพาหนะในวันจันทร์ค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งวันอยู่ที่ระดับ 20 กม./ชม. ความเร็วจุดของยานพาหนะในวันพุธพบว่าตลอดทั้งวันจะมีค่าความเร็วจุดของยานพาหนะคงที่ที่ระดับ 20 กม./ชม. และความเร็วจุดของยานพาหนะในวันอาทิตย์พบว่ามีความเร็วจุดของยานพาหนะคงที่ที่ระดับ 20 กม./ชม. โดยตลอดทั้งวันจะมีค่าความเร็วจุดของยานพาหนะอยู่ที่ระดับ 20 กม./ชม.

4.2.3 ระยะเวลาการเดินทาง (Travel Time)

ระยะเวลาการเดินทางระหว่างแต่ละสถานีในโครงข่ายถนนพื้นที่ศึกษา ใช้สำหรับเป็นข้อมูลที่ใช้ในการสอบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองสภาพจราจรและโปรแกรมสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้น การศึกษาใช้วิธีการเก็บข้อมูลระยะเวลาการเดินทางด้วยวิธีการบันทึกแผ่นป้ายทะเบียนรถ (License Plate Technique) ที่เคลื่อนที่ผ่านในแต่ละสถานีซึ่งอยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ ของถนน แต่เนื่องจากมีปัญหาในเรื่องมุมในการติดตั้งกล้องซึ่งไม่สามารถมองเห็นแผ่นป้ายทะเบียนได้อย่างชัดเจน ผู้ศึกษาจึงทำการประยุกต์วิธีการบันทึกข้อมูลเวลาการเดินทางเป็นการบันทึกลักษณะทางกายภาพของรถแทน เช่น ชนิดของรถ สีรถ รุ่นที่ผลิต และยี่ห้อรถ เป็นต้น หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทำการบันทึกมาจับคู่กัน (Matching) และทำการคำนวณระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยที่ยานพาหนะใช้เดินทางผ่านโครงข่ายถนนที่เกิดขึ้นใน ดังแสดงรายละเอียดเวลาการเดินทางในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ระยะเวลาการเดินทางในแต่ละสถานีด้วยวิธี License Plate Technique

ช่วงของการเดินทาง	วันที่ศึกษา	ช่วงเวลา	จำนวนข้อมูล	เวลาการเดินทางเฉลี่ย (วินาที)	SD
สถานี 1 - 2	วันจันทร์	AM	8	350.01	28.51
		MD	9	207.13	8.30
		PM	12	320.58	9.84
	วันพุธ	AM	6	271.68	11.86
		MD	3	262.75	9.50
		PM	10	280.56	38.14
	วันอาทิตย์	AM	7	245.48	27.71
		MD	9	226.59	27.73
		PM	15	265.34	34.82
สถานี 2 - 3	วันจันทร์	AM	16	86.39	8.40
		MD	14	71.47	6.89
		PM	12	83.23	10.82
	วันพุธ	AM	10	70.90	8.74
		MD	6	71.67	5.06
		PM	7	80.14	6.82
	วันอาทิตย์	AM	15	74.00	11.84
		MD	3	71.00	11.79
		PM	6	81.83	10.72
สถานี 3 - 4	วันจันทร์	AM	8	177.86	10.45
		MD	12	169.94	9.50
		PM	14	208.27	13.19
	วันพุธ	AM	8	173.31	20.14
		MD	13	118.31	23.45
		PM	8	147.50	43.81
	วันอาทิตย์	AM	9	188.11	21.23
		MD	10	127.00	25.07
		PM	8	146.13	21.36

4.3 สภาพจราจรบริเวณทางแยก

ข้อมูลสภาพจราจรบริเวณทางแยกประกอบด้วยข้อมูลระยะห่างของรถในการออกตัวบริเวณทางแยก (Intersection Headway) ข้อมูลเวลาที่สูญเสียไปในการออกตัวบริเวณทางแยก (Intersection Start Up Lost Time) ข้อมูลความยาวรอบสัญญาณไฟ (Cycle Length) และข้อมูลปริมาณจราจรบริเวณทางแยก (Turning Movement Count) ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสภาพจราจร ดังแสดงต่อไปนี้

4.3.1 ระยะห่างของรถในการออกตัวบริเวณทางแยก (Intersection Discharge Headway)

ค่าระยะห่างของรถในการออกตัวบริเวณทางแยก (Discharge Headway) เป็นพารามิเตอร์สำคัญที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของทางแยก ระดับการให้บริการ และความล่าช้าที่จะเกิดขึ้นกับโครงข่ายถนน การศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ทำการเก็บข้อมูลระยะห่างของรถในการออกตัว โดยมีจุดประสงค์เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนในการสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรให้มีสภาพใกล้เคียงกับสถานการณ์ปัจจุบัน โดยใช้วิธีการเก็บโดยตรงในสนาม ทำการเก็บระยะเวลาของรถที่อยู่ในแถวคอยแต่ละคันใช้ผ่านเส้นให้หยุด (Stop Line) โดยเลือกทำการเก็บเฉพาะรอบสัญญาณไฟที่มีรถอยู่ในแถวคอยไม่ต่ำกว่า 10 คัน หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์ด้วยกรรมวิธีทางสถิติเพื่อให้ทราบถึงระยะห่างของรถที่อิ่มตัวบริเวณทางแยก (Saturation Discharge Headway) ความจุอิ่มตัวของทางแยก (Saturation Flow Rate) และความล่าช้าบริเวณทางแยก (Start Up Lost Time) โดยทางผู้ศึกษาได้ทำการแบ่งช่วงเวลาที่ใช้ในการศึกษาออกเป็น 3 ช่วงมีรายละเอียดข้อมูลดังต่อไปนี้

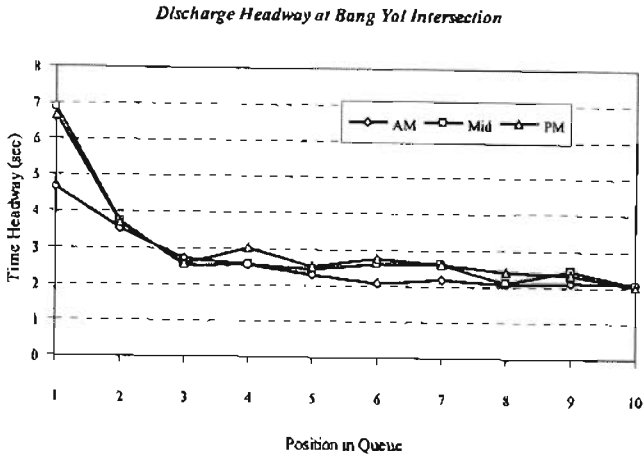
4.3.1.1 ค่า Discharge Headway ในวันจันทร์ จากการบันทึกระยะห่างของรถในการออกตัวบริเวณทางแยกในวันจันทร์ของรถยนต์ที่เคลื่อนออกจากเส้นหยุดที่แยกบางใหญ่และแยกแสงเพชร มีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 32 รอบสัญญาณไฟ แบ่งเป็นชั่วโมงเร่งด่วนเช้า 12 รอบ ชั่วโมงไม่เร่งด่วน 12 รอบ และชั่วโมงเร่งด่วนเย็น 8 รอบดังมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4-3 ถึง 4-4 และภาพที่ 4-12 ถึง 4-13

ตารางที่ 4-3 ข้อมูลค่า Discharge Headway บริเวณแยกบางใหญ่วันจันทร์

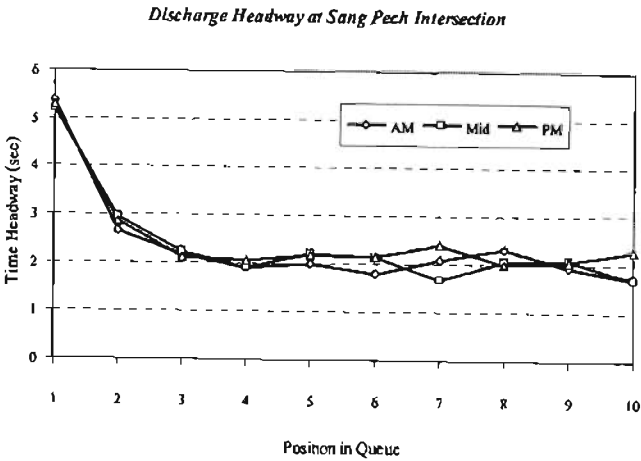
ตำแหน่งรถในแถวคอย		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ชั่วโมงเร่งด่วนเช้า	Data No.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	mean(sec.)	4.64	3.54	2.74	2.58	2.31	2.08	2.18	2.08	2.11	2.10
	SD(sec.)	1.21	1.19	0.62	0.31	0.42	0.32	0.32	0.35	0.30	0.44
นอกชั่วโมงเร่งด่วน	Data No.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	mean(sec.)	6.89	3.73	2.53	2.56	2.46	2.60	2.60	2.11	2.45	2.09
	SD(sec.)	1.57	0.78	0.33	0.56	0.67	0.69	1.02	0.52	0.68	0.37
ชั่วโมงเร่งด่วนเย็น	Data No.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	mean(sec.)	6.66	3.69	2.58	3.03	2.53	2.77	2.59	2.42	2.35	2.03
	SD(sec.)	0.89	0.98	0.47	1.09	0.62	0.94	0.78	0.53	1.24	0.40

ตารางที่ 4-4 ข้อมูลค่า Discharge Headway บริเวณแยกแสงเพชรวันจันทร์

ตำแหน่งรถในแถวคอย		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ชั่วโมงเร่งด่วนเช้า	Data No.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	mean(sec.)	5.35	2.66	2.15	1.91	1.98	1.79	2.08	2.29	1.93	1.70
	SD(sec.)	0.34	1.02	0.52	0.37	0.37	0.49	0.70	1.08	0.42	0.39
นอกชั่วโมงเร่งด่วน	Data No.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	mean(sec.)	5.19	2.95	2.22	1.91	2.20	2.14	1.66	2.05	2.07	1.70
	SD(sec.)	0.50	0.78	0.93	1.08	1.06	0.78	0.62	0.73	1.64	1.12
ชั่วโมงเร่งด่วนเย็น	Data No.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	mean(sec.)	5.28	2.86	2.10	2.06	2.17	2.12	2.40	1.98	2.05	2.27
	SD(sec.)	0.31	0.34	0.40	0.47	0.44	0.71	0.75	0.78	0.84	1.32



ภาพที่ 4-12 ค่า Discharge Headway บริเวณแยกบางใหญ่วันจันทร์



ภาพที่ 4-13 ค่า Discharge Headway บริเวณแยกแสงเพชรวันจันทร์

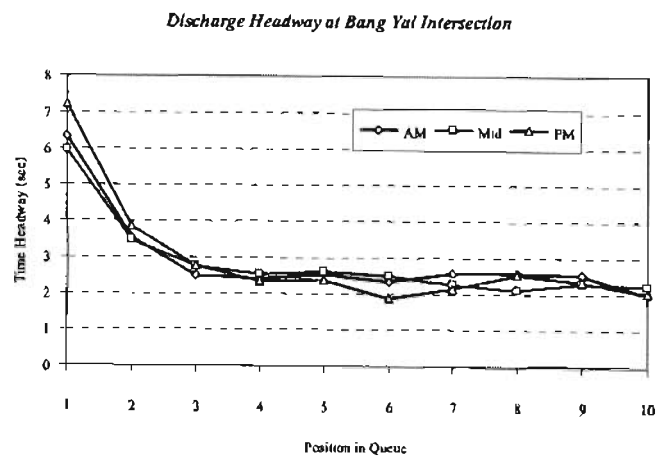
4.3.1.2 ค่า Discharge Headway ในวันพุธ จากการบันทึกระยะห่างของรถในการออกตัว บริเวณทางแยกในวันพุธของรถยนต์ที่เคลื่อนออกจากเส้นหยุดที่แยกบางใหญ่และแยกแสงเพชร มีจำนวน ข้อมูลทั้งหมด 36 รอบสัญญาณไฟ แบ่งเป็นชั่วโมงเร่งด่วนเช้า 12 รอบ ชั่วโมงไม่เร่งด่วน 12 รอบ และชั่วโมง เร่งด่วนเย็น 12 รอบดังมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4-5 ถึง 4-6 และภาพที่ 4-14 ถึง 4-15

ตารางที่ 4-5 ข้อมูลค่า Discharge Headway บริเวณแยกบางใหญ่วันพุธ

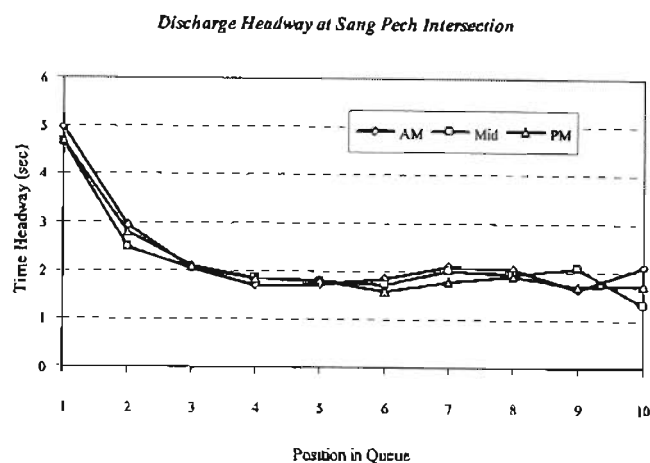
ตำแหน่งรถในแถวคอย		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ชั่วโมงเร่งด่วนเช้า	Data No	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	mean(sec.)	6.35	3.53	2.48	2.43	2.52	2.34	2.59	2.57	2.53	2.01
	SD(sec.)	1.42	0.91	0.32	0.42	1.16	0.73	0.64	1.47	1.04	0.33
ชั่วโมงไม่เร่งด่วน	Data No	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	mean(sec.)	5.96	3.47	2.76	2.55	2.61	2.49	2.27	2.10	2.32	2.24
	SD(sec.)	1.00	0.69	0.82	0.63	0.67	0.94	0.38	0.43	0.52	0.39
ชั่วโมงเร่งด่วนเย็น	Data No	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	mean(sec.)	7.24	3.84	2.78	2.34	2.39	1.87	2.15	2.55	2.36	2.02
	SD(sec.)	1.38	0.95	0.79	1.00	0.66	0.34	0.6	0.73	0.62	0.32

ตารางที่ 4-6 ข้อมูลค่า Discharge Headway บริเวณแยกแสงเพชรวันพุธ

ตำแหน่งรถในแถวคอย		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ชั่วโมงเร่งด่วนเช้า	Data No.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	mean(sec.)	4.95	2.95	2.04	1.70	1.72	1.85	2.11	2.05	1.64	2.09
	SD(sec.)	0.39	0.86	0.47	0.58	0.46	0.57	0.58	0.95	0.35	0.48
ชั่วโมงไม่เร่งด่วน	Data No.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	mean(sec.)	4.63	2.48	2.05	1.84	1.78	1.73	2.01	1.93	2.09	1.33
	SD(sec.)	0.69	0.26	0.81	0.48	0.68	0.47	0.64	0.92	1.69	0.96
ชั่วโมงเร่งด่วนเย็น	Data No.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	mean(sec.)	4.68	2.79	2.11	1.85	1.80	1.68	1.79	1.89	1.68	1.72
	SD(sec.)	0.71	0.42	0.79	0.50	0.51	0.61	0.66	0.74	0.46	0.45



ภาพที่ 4-14 ค่า Discharge Headway บริเวณแยกบางใหญ่วันพุธ



ภาพที่ 4-15 ค่า Discharge Headway บริเวณแยกแสงเพชรวันพุธ

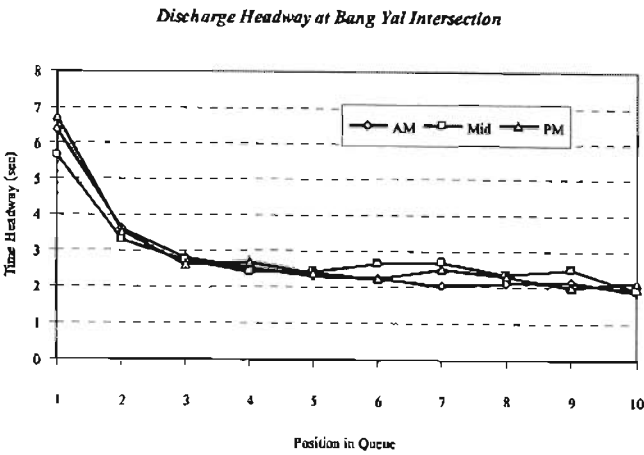
4.3.1.3 ค่า Discharge Headway ในวันอาทิตย์ จากการบันทึกระยะห่างของรถในการออกตัวบริเวณทางแยกในวันอาทิตย์ของรถยนต์ที่เคลื่อนออกจากเส้นหยุดที่แยกบางใหญ่และแยกแสงเพชร มีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 36 รอบสัญญาณไฟ แบ่งเป็นชั่วโมงเร่งด่วนเช้า 12 รอบ ชั่วโมงไม่เร่งด่วน 12 รอบ และ ชั่วโมงเร่งด่วนเย็น 12 รอบดังมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4-7 ถึง 4-8 และภาพที่ 4-16 ถึง 4-17

ตารางที่ 4-7 ข้อมูลค่า Discharge Headway บริเวณแยกบางใหญ่วันอาทิตย์

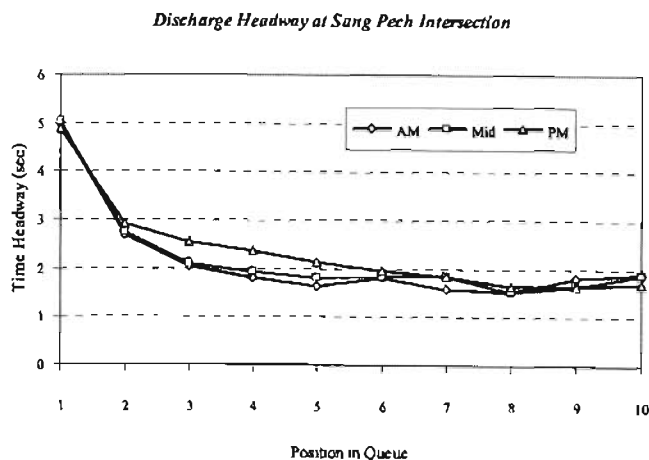
ตำแหน่งรถในแถวคอย		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ชั่วโมงเร่งด่วนเช้า	Data No.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	mean(sec.)	6.39	3.61	2.80	2.53	2.30	2.21	2.03	2.11	2.14	1.89
	SD(sec.)	1.15	0.88	1.20	0.91	0.58	0.78	0.60	0.68	0.88	0.47
ชั่วโมงไม่เร่งด่วน	Data No.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	mean(sec.)	5.66	3.31	2.73	2.41	2.40	2.64	2.68	2.35	2.50	1.92
	SD(sec.)	1.17	0.69	1.13	0.34	0.66	1.18	0.59	0.63	0.75	0.52
ชั่วโมงเร่งด่วนเย็น	Data No.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	mean(sec.)	6.72	3.53	2.61	2.68	2.39	2.24	2.48	2.31	1.98	2.14
	SD(sec.)	1.88	0.71	0.79	0.86	0.87	0.57	0.66	0.92	0.80	0.93

ตารางที่ 4-8 ข้อมูลค่า Discharge Headway บริเวณแยกแสงเพชรวันอาทิตย์

ตำแหน่งรถในแถวคอย		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ชั่วโมงเร่งด่วนเช้า	Data No.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	mean(sec.)	4.98	2.66	2.03	1.82	1.65	1.81	1.58	1.53	1.80	1.89
	SD(sec.)	0.42	0.36	1.13	0.40	0.46	0.77	0.34	0.72	0.90	1.08
ชั่วโมงไม่เร่งด่วน	Data No.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	mean(sec.)	5.03	2.73	2.10	1.91	1.81	1.85	1.85	1.53	1.64	1.87
	SD(sec.)	0.47	0.52	0.82	0.46	0.51	0.57	0.65	0.95	0.75	0.77
ชั่วโมงเร่งด่วนเย็น	Data No.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	mean(sec.)	4.86	2.92	2.53	2.36	2.12	1.97	1.85	1.65	1.65	1.69
	SD(sec.)	0.42	0.35	0.35	0.63	0.60	0.66	0.50	0.40	0.49	0.49



ภาพที่ 4-16 ค่า Discharge Headway บริเวณแยกบางใหญ่วันอาทิตย์



ภาพที่ 4-17 ค่า Discharge Headway บริเวณแยกแสงเพชรวันอาทิตย์

4.3.2 เวลาที่สูญเสียไปในการออกตัวบริเวณทางแยก (Intersection Start Up Lost Time)

เวลาที่สูญเสียไปในการออกตัวบริเวณทางแยก ใช้เป็นข้อมูลในการนำเข้าข้อมูลบริเวณทางแยกเพื่อสร้างแบบจำลองสภาพจราจร สามารถวิเคราะห์ได้จากการบันทึกข้อมูลระยะห่างของรถในการออกตัวบริเวณทางแยก (Discharge Headway) หลังจากนั้นใช้กรรมวิธีทางสถิติ (t - test) เพื่อสรุปถึงระยะห่างในการออกตัวบริเวณทางแยกที่อิ่มตัว (Saturation Discharge Headway) ค่าเวลาที่สูญเสียไปในการออกตัวบริเวณทางแยก สามารถคำนวณได้จากผลรวมเวลาที่ใช้ไปในการออกตัวบริเวณทางแยกก่อนหน้าที่จะถึงระยะห่างในการออกตัวบริเวณทางแยกที่อิ่มตัว นอกจากนี้ค่าระยะห่างของรถในการออกตัวบริเวณทางแยกสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความจุสูงสุดบริเวณทางแยก (Saturation Flow Rate) ได้ด้วย ดังมีรายละเอียดในตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ค่าเวลาที่สูญเสียไปในการออกตัวบริเวณทางแยก

พื้นที่ศึกษา	วันที่ศึกษา	ช่วงเวลา	Sat. Headway (sec)	Start Up Lost Time (sec)	Sat. Flow Rate (vphpl)
แยกบางใหญ่	วันจันทร์	AM	2.319	4.248	1552
		MD	2.539	5.546	1418
		PM	2.588	5.604	1391
	วันพุธ	AM	2.485	4.923	1449
		MD	2.556	4.543	1408
		PM	2.348	6.817	1533
	วันอาทิตย์	AM	2.809	4.388	1281
		MD	2.735	3.505	1316
		PM	2.614	5.035	1377

ตารางที่ 4-9 (ต่อ)

พื้นที่ศึกษา	วันที่ศึกษา	ช่วงเวลา	Sat. Headway (sec)	Start Up Lost Time (sec)	Sat. Flow Rate (vphpl)
แยกแสงเพชร	วันจันทร์	AM	2.151	3.719	1674
		MD	2.221	3.699	1620
		PM	2.106	3.941	1709
	วันพุธ	AM	2.044	3.823	1761
		MD	2.050	3.011	1756
		PM	2.111	3.252	1705
	วันอาทิตย์	AM	2.038	3.574	1766
		MD	2.109	3.522	1706
		PM	1.976	4.929	1821

4.3.3 ความยาวของรอบสัญญาณไฟ (Cycle Length)

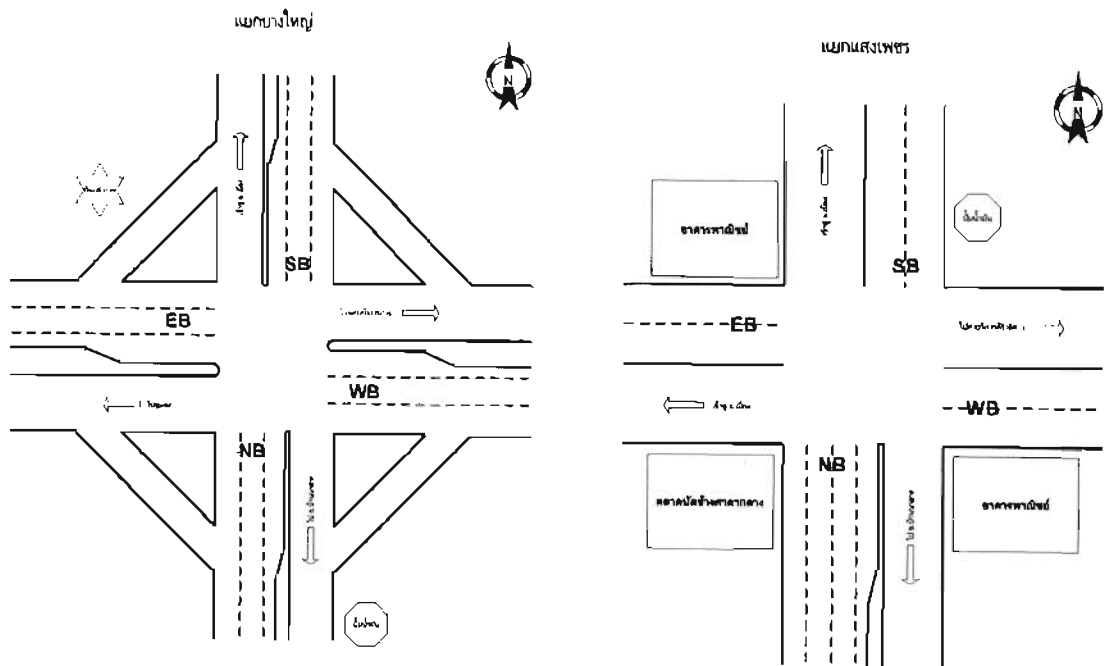
ข้อมูลความยาวของรอบสัญญาณไฟ (Cycle Length) บริเวณทางแยกเป็นข้อมูลสำคัญในการสร้างแบบจำลองสภาพจราจร เพื่อพยายามเลียนแบบการให้บริการบริเวณทางแยกของเจ้าหน้าที่ตำรวจ ประกอบด้วยค่าความยาวรอบสัญญาณไฟ ข้อมูลจังหวะสัญญาณไฟ และค่าเวลาของสัญญาณไฟที่เปิดให้บริการ โดยในการศึกษาสามารถเก็บข้อมูลได้จากการบันทึกเวลาค่าความยาวของรอบสัญญาณไฟบริเวณทางแยก จังหวะของสัญญาณไฟที่ได้รับในแต่ละทิศทาง และค่าเวลาของสัญญาณไฟที่เปิดให้บริการ เป็นจำนวน 2 แยก ได้แก่ แยกแสงเพชรและแยกบางใหญ่ โดยทำการศึกษเฉพาะในทิศทางการเดินทางเข้าเมือง (Inbound) จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ลักษณะของจังหวะสัญญาณไฟ (Phasing) ของทั้งสองทางแยกมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยในแยกแสงเพชรรูปแบบของจังหวะสัญญาณไฟจะมีการปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมไปตามสภาพจราจรดำเนินการโดยเจ้าหน้าที่ตำรวจ ทำให้มีค่าความยาวของรอบสัญญาณไฟไม่คงที่ โดยเฉพาะในช่วงเร่งด่วนเช้าและเย็น ส่วนจังหวะสัญญาณไฟมีการปรับเปลี่ยนตลอดเวลาโดยเจ้าหน้าที่ตำรวจ ทำให้ค่าเวลาของสัญญาณไฟที่เปิดให้บริการในแต่ละรอบไม่เท่ากัน กรณีของแยกบางใหญ่ค่าความยาวรอบสัญญาณไฟมีค่าคงที่ตลอดทั้งวัน เนื่องจากมีการให้จังหวะสัญญาณไฟแบบเดิมตลอดทั้งวัน ลักษณะการให้จังหวะสัญญาณไฟเป็นแบบการปล่อยที่ละด้านเริ่มจากทิศเหนือ เพราะฉะนั้นค่าเวลาของสัญญาณไฟที่เปิดให้บริการจึงมีค่าเท่ากันตลอดทั้งวัน โดยในการศึกษานี้ผู้ศึกษาทำการเก็บข้อมูลความยาวสัญญาณไฟทั้งหมดจำนวน 108 รอบ แบ่งเป็นข้อมูลรอบสัญญาณไฟวันจันทร์ 36 รอบ ข้อมูลรอบสัญญาณไฟวันพุธ 36 รอบ และข้อมูลรอบสัญญาณไฟวันอาทิตย์ 36 รอบ ดังมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 ค่าความยาวของรอบสัญญาณไฟบริเวณทางแยก

พื้นที่ศึกษา	วันที่ศึกษา	ช่วงเวลา	Avg. Green Time (Inbound) (sec)	Amber Time (sec)	Cycle Length (sec)
แยกบางใหญ่	วันจันทร์	AM	34.94	3.00	185.16
		MD	34.69	3.00	185.08
		PM	34.87	3.00	185.00
	วันพุธ	AM	34.92	3.00	185.21
		MD	34.90	3.00	185.17
		PM	34.91	3.00	184.91
	วันอาทิตย์	AM	34.93	3.00	185.22
		MD	34.83	3.00	185.09
		PM	34.87	3.00	185.18
แยกแสงเพชร	วันจันทร์	AM	27.83	3.00	147.58
		MD	22.00	3.00	126.00
		PM	38.07	3.00	191.93
	วันพุธ	AM	25.67	3.00	140.17
		MD	22.00	3.00	126.00
		PM	35.25	3.00	177.17
	วันอาทิตย์	AM	25.68	3.00	140.31
		MD	22.00	3.00	126.00
		PM	52.00	3.00	200.28

4.3.4 ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก (Turning Movement Data)

ข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก (Turning Movement Data) เป็นอีกข้อมูลหนึ่งที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสภาพจราจร เพื่อพยายามเลียนแบบพฤติกรรมการเดินทางบริเวณทางแยกของผู้ขับขี่ในพื้นที่ศึกษา ข้อมูลปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกประกอบด้วยปริมาณจราจรที่ผู้ขับขี่เดินทางในทิศทางต่าง ๆ ของทางแยก โดยในการศึกษาสามารถเก็บข้อมูลได้จากการนับจำนวนปริมาณจราจรที่เดินทางในทิศทางต่าง ๆ บริเวณทางแยก แล้วนำปริมาณจราจรที่ได้มาคำนวณเป็นร้อยละของการเลี้ยวในทิศทางต่าง ๆ บริเวณทางแยก โดยทำการเก็บปริมาณจราจรทั้งหมดจำนวน 2 ทางแยกได้แก่ แยกบางใหญ่และแยกแสงเพชรโดยช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลกำหนดให้ทางแยกละ 3 ชั่วโมง และทำการเก็บข้อมูลเฉพาะวันพุธซึ่งเป็นวันกลางสัปดาห์ แบ่งเป็นการเก็บข้อมูลในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า 1 ชม. ชั่วโมงเร่งด่วนเย็น 1 ชม. และนอกชั่วโมงเร่งด่วน 1 ชม. ดังมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4-11 และภาพที่ 4-18



ภาพที่ 4-18 ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสจราจรบริเวณแยก

ตารางที่ 4-11 ลัดส่วนปริมาณการจราจรบริเวณทางแยก

พื้นที่ศึกษา	ช่วงเวลา	ทิศทางการเดินทาง	Left Turn (%)	Through (%)	Right Turn (%)
แยกบางใหญ่	AM 08.00 - 09.00	SB	16.68	57.53	25.69
		NB	13.28	60.14	26.58
		EB	42.50	46.00	11.50
		WB	35.20	44.25	20.56
	MD 12.00 - 13.00	SB	35.59	44.33	19.75
		NB	21.63	65.95	12.42
		EB	40.51	40.91	18.58
		WB	13.90	20.92	65.18
	PM 16.00 - 17.00	SB	26.89	48.23	26.89
		NB	23.28	57.14	19.58
		EB	20.64	57.43	21.93
		WB	25.39	53.96	20.75

ตารางที่ 4-11 (ต่อ)

พื้นที่ศึกษา	ช่วงเวลา	ทิศทางการเดินทาง	Left Turn (%)	Through (%)	Right Turn (%)
แยกแสงเพชร	AM 08.00 - 09.00	SB	30.14	40.16	29.70
		NB	22.54	35.75	41.71
		EB	35.37	40.84	23.79
		WB	23.12	30.67	46.21
	MD 12.00 - 13.00	SB	32.59	46.43	20.98
		NB	18.63	70.59	10.78
		EB	39.50	37.91	22.94
		WB	15.62	29.20	55.18
	PM 16.00 - 17.00	SB	38.16	38.16	23.67
		NB	11.38	33.33	55.28
		EB	47.73	38.48	13.79
		WB	5.00	26.79	68.21

บทที่ 5

ผลการศึกษา

5.1 การพัฒนาแบบจำลองและการประมาณเวลาการเดินทางด้วยโปรแกรม CORSIM

การพัฒนาแบบจำลองด้วยโปรแกรม CORSIM เป็นการจำลองสภาพโครงข่ายถนนให้คล้ายคลึงกับสภาพจริงที่เกิดขึ้น โดยการใช้โดยการใช้จุดและส่วนของถนน (Node - Link) ทั้งลักษณะทางกายภาพและพฤติกรรมการใช้รถซึ่งได้แก่ จำนวนช่องจราจร ความยาวของช่วงถนน ข้อจำกัดการใช้ความเร็ว ปริมาณการจราจร ค่าความล่าช้าในการออกตัว เป็นต้น หลังจากที่มีข้อมูลจนเสร็จสมบูรณ์จำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องและปรับแก้ค่าตัวแปรต่าง ๆ อีกครั้งจนกระทั่งค่าความผิดพลาดของแบบจำลองที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้การสอบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองในส่วนของคุณภาพจราจรและความเร็วเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแบบจำลองสภาพจราจร เนื่องจากเป็นข้อมูลหลักที่ได้รับการป้อนเข้าสู่แบบจำลองเพื่อเลียนแบบสภาพจราจรที่เกิดขึ้น โดยนำผลลัพธ์ของข้อมูลดังกล่าวซึ่งสามารถเก็บได้โดยการกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจจับ (Detector) ลงในแบบจำลองในตำแหน่งที่เดียวกับที่ทำการเก็บในสนาม มาเปรียบเทียบกับสภาพจราจรจริงที่ได้จากการเก็บข้อมูลในภาคสนาม ในส่วนของกรณีวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด ผู้ศึกษาได้เลือกใช้กรรมวิธีที่สามารถวิเคราะห์ค่าความผิดพลาดได้ทั้งในภาพรวมของช่วงเวลาที่พิจารณาและในลักษณะจุดภาค ดังมีผลการสอบเทียบดังต่อไปนี้

5.1.1 การสอบเทียบด้วยกรรมวิธี Root - Mean Square Error (RMSE)

การสอบเทียบด้วยกรรมวิธี Root - Mean Square Error (RMSE) เป็นการวิเคราะห์ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นของแบบจำลองสภาพจราจรในภาพรวมของแต่ละช่วงเวลาในวันที่ทำการวิเคราะห์ มีค่าเป็นหน่วยความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดังมีผลแสดงในตารางที่ 5-1 ถึง 5-3

ตารางที่ 5-1 ผลการสอบเทียบด้วยกรรมวิธี Root - Mean Square Error วันจันทร์

Station	Root - Mean Square Error (RMSE)					
	AM		MD		PM	
	Volume (veh.)	Speed (kph)	Volume (veh.)	Speed (kph)	Volume (veh.)	Speed (kph)
1	6.19	4.76	4.93	3.97	5.23	4.55
2	7.94	10.54	6.77	8.55	7.63	7.68
3	9.28	6.94	5.48	2.91	7.87	8.98
4	3.44	4.61	4.32	4.24	3.91	2.45

ตารางที่ 5-2 ผลการสอบเทียบด้วยกรรมวิธี Root - Mean Square Error วันพุธ

Station	Root - Mean Square Error (RMSE)					
	AM		MD		PM	
	Volume	Speed	Volume	Speed	Volume	Speed
	(veh.)	(kph)	(veh.)	(kph)	(veh.)	(kph)
1	3.42	3.14	5.09	2.68	6.45	2.51
2	4.39	8.93	5.96	6.06	6.50	9.15
3	8.18	5.94	6.04	2.59	6.99	3.18
4	3.42	2.15	3.27	1.84	3.26	3.04

ตารางที่ 5-3 ผลการสอบเทียบด้วยกรรมวิธี Root - Mean Square Error วันอาทิตย์

Station	Root - Mean Square Error (RMSE)					
	AM		MD		PM	
	Volume	Speed	Volume	Speed	Volume	Speed
	(veh.)	(kph)	(veh.)	(kph)	(veh.)	(kph)
1	4.34	3.66	3.24	2.74	5.83	3.47
2	4.36	10.52	3.36	4.49	7.90	12.43
3	6.52	8.15	6.17	5.89	7.93	7.19
4	3.52	2.98	3.73	3.94	3.61	4.34

5.1.2 การสอบเทียบด้วยกรรมวิธี Average Weighted Fractional Error

การสอบเทียบด้วยกรรมวิธี Average Weighted Fractional Error (AWFE) เป็นการวิเคราะห์ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นของแบบจำลองสภาพจราจรในลักษณะจุดภาคของแต่ละช่วงเวลาในวันที่ทำการวิเคราะห์ มีค่าเป็นร้อยละความผิดพลาดต่อช่วงเวลาดังมีผลแสดงในตารางที่ 5-4 ถึง 5-6

ตารางที่ 5-4 ผลการสอบเทียบด้วยกรรมวิธี Average Weighted Fractional Error วันจันทร์

Station	Average Weighted Fractional Error (AWFE)					
	AM		MD		PM	
	Volume	Speed	Volume	Speed	Volume	Speed
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	8.82	6.96	9.17	8.09	8.33	8.38
2	9.72	20.22	9.95	14.67	10.16	12.19
3	10.05	14.05	10.06	5.69	8.28	14.43
4	10.14	20.86	10.77	16.73	9.28	20.61

ตารางที่ 5-5 ผลการสอบเทียบด้วยกรรมวิธี Average Weighted Fractional Error วันพุธ

Station	Average Weighted Fractional Error (AWFE)					
	AM		MD		PM	
	Volume	Speed	Volume	Speed	Volume	Speed
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	6.51	7.40	9.57	6.40	9.89	6.42
2	9.45	19.42	9.80	13.13	9.98	19.90
3	9.99	16.88	9.68	6.61	9.38	10.97
4	9.43	10.65	10.08	9.42	7.71	19.33

ตารางที่ 5-6 ผลการสอบเทียบด้วยกรรมวิธี Average Weighted Fractional Error วันอาทิตย์

Station	Average Weighted Fractional Error (AWFE)					
	AM		MD		PM	
	Volume	Speed	Volume	Speed	Volume	Speed
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	9.97	8.03	9.93	6.39	9.82	6.65
2	6.75	18.21	9.28	8.08	9.79	19.59
3	9.82	15.84	9.93	11.83	9.16	13.35
4	9.16	11.09	9.92	15.34	9.24	20.00

5.1.3 ผลลัพธ์เวลาการเดินทางจากแบบจำลองสภาพจราจร

ภายหลังจากที่ได้ตรวจสอบค่าความผิดพลาดและปรับแก้แบบจำลองสภาพจราจร จนกระทั่งมีค่าความผิดพลาดที่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามที่คู่มือการใช้งานของโปรแกรม CORSIM ได้ระบุไว้แล้ว ผู้ศึกษาได้ทำการนำค่าผลลัพธ์เวลาการเดินทางที่ได้จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองในแต่ละสถานีมาสรุปถึงเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นภายในโครงข่ายถนน เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม CORSIM มีค่อนข้างมากซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้หลายรูปแบบ ผู้ศึกษาจึงได้เลือกเอาเฉพาะผลลัพธ์เวลาการเดินทางซึ่งเป็นประเด็นสำคัญสำหรับการศึกษารั้งนี้ โดยมีข้อจำกัดในการเลือกข้อมูลจากแบบจำลองสภาพจราจรเฉพาะชุดข้อมูลช่วงที่มีค่าเวลาการเดินทางจริงในสนามเพื่อให้เกิดความเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์เปรียบเทียบ จากผลลัพธ์สามารถสรุปได้ว่าระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยของการเดินทางที่ได้จากแบบจำลองในแต่ละวันมีค่าอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน โดยการเดินทางในช่วงสถานีที่ 1 - 2 ใช้เวลาการเดินทาง 200 - 500 วินาที การเดินทางในช่วงสถานีที่ 2 - 3 ใช้เวลาการเดินทาง 100 - 200 วินาที และการเดินทางในช่วงสถานี 3 - 4 ใช้เวลาการเดินทาง 150 - 300 วินาที ดังมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 5-7

ตารางที่ 5-7 ผลลัพธ์เวลาการเดินทางในแต่ละสถานีจากแบบจำลองสภาพจราจร

ช่วงของการเดินทาง	วันที่ศึกษา	ช่วงเวลา	จำนวนข้อมูล	เวลาการเดินทางเฉลี่ย (วินาที)	SD
สถานี 1- 2	วันจันทร์	AM	12	484.72	101.59
		MD	19	202.21	5.78
		PM	19	207.18	11.40
	วันพุธ	AM	12	207.94	7.01
		MD	19	219.32	9.99
		PM	25	216.20	19.80
	วันอาทิตย์	AM	12	214.89	6.95
		MD	19	237.02	16.71
		PM	25	201.38	20.74
สถานี 2 - 3	วันจันทร์	AM	31	124.23	2.40
		MD	18	117.51	2.13
		PM	15	140.99	42.48
	วันพุธ	AM	31	128.08	3.25
		MD	18	115.18	1.73
		PM	22	144.15	3.66
	วันอาทิตย์	AM	31	156.04	18.45
		MD	18	102.36	1.98
		PM	22	202.79	100.48
สถานี 3 - 4	วันจันทร์	AM	17	364.11	103.69
		MD	22	154.30	8.52
		PM	19	329.64	141.10
	วันพุธ	AM	17	293.23	76.51
		MD	22	149.79	6.61
		PM	22	174.52	12.35
	วันอาทิตย์	AM	17	323.28	104.30
		MD	22	177.00	29.07
		PM	22	309.69	87.93

5.2 ผลลัพธ์เวลาการเดินทางจากอัลกอริทึม Speed Based Estimator

Speed Based Estimator เป็นการนำข้อมูลความเร็ว (Spot Speed) ซึ่งได้จากการเก็บข้อมูลในสนาม นำมาแทนค่าตัวแปรลงในสมการของอัลกอริทึม Speed Based Estimator แล้วนำค่าผลลัพธ์เวลาการเดินทางที่ได้ในแต่ละช่วงถนนของแต่ละวันมาสรุปถึงเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นภายในโครงข่ายถนน โดยทำการเลือกเฉพาะผลลัพธ์เวลาการเดินทางจากอัลกอริทึม Speed Based Estimator ชุดที่มีค่าเวลาการเดินทางจริงในสนามเช่นเดียวกับการใช้แบบจำลองสภาพจราจรเพื่อให้เกิดความเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์เปรียบเทียบ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากอัลกอริทึม Speed Based Estimator สามารถสรุปได้ว่าระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยในแต่ละวันมีค่าอยู่ในระดับใกล้เคียงกันโดยในการเดินทางช่วงสถานที่ 1 - 2 ใช้เวลาการเดินทาง 140 - 150 วินาที การเดินทางในช่วงสถานที่ 2 - 3 ใช้เวลาการเดินทาง 100 - 120 วินาที และการเดินทางในช่วงสถานที่ 3 - 4 ใช้เวลาการเดินทาง 110 - 130 วินาที ดังมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 5-8

ตารางที่ 5-8 ผลลัพธ์เวลาการเดินทางในแต่ละสถานที่ด้วยอัลกอริทึม Speed Based Estimator

ช่วงของการเดินทาง	วันที่ศึกษา	ช่วงเวลา	จำนวนข้อมูล	เวลาการเดินทางเฉลี่ย (วินาที)	SD
สถานที่ 1- 2	วันจันทร์	AM	12	150.17	26.97
		MD	19	145.67	9.21
		PM	19	145.04	3.89
	วันพุธ	AM	12	154.30	14.49
		MD	19	153.31	7.55
		PM	25	156.74	13.74
	วันอาทิตย์	AM	12	155.14	10.05
		MD	19	159.43	5.69
		PM	25	142.03	11.82
สถานที่ 2 - 3	วันจันทร์	AM	31	131.20	29.58
		MD	18	102.27	4.74
		PM	15	102.66	10.40
	วันพุธ	AM	31	109.77	10.53
		MD	18	102.94	5.41
		PM	22	119.30	9.88
	วันอาทิตย์	AM	31	107.59	9.21
		MD	18	95.31	9.77
		PM	22	109.60	7.06

ตารางที่ 5-8 (ต่อ)

ช่วงของการเดินทาง	วันที่ศึกษา	ช่วงเวลา	จำนวนข้อมูล	เวลาการเดินทางเฉลี่ย (วินาที)	SD
สถานี 3 - 4	วันจันทร์	AM	17	119.32	12.99
		MD	22	111.62	18.76
		PM	19	185.95	213.65
	วันพุธ	AM	17	115.02	14.06
		MD	22	114.25	7.64
		PM	22	140.75	22.89
	วันอาทิตย์	AM	17	119.65	16.62
		MD	22	105.21	20.51
		PM	22	134.43	41.88

5.3 ผลลัพธ์เวลาการเดินทางจากอัลกอริทึม Mass Balance Estimator

Mass Balance Estimator เป็นการนำข้อมูลปริมาณจราจร (Traffic Volume) จากที่เก็บได้ในสนาม มาแทนค่าตัวแปรในสมการของอัลกอริทึม Mass Balance Estimator แล้วนำค่าผลลัพธ์เวลาการเดินทางที่ได้มาสรุปถึงเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นภายในโครงข่ายถนน โดยเลือกเฉพาะผลลัพธ์เวลาการเดินทางจากอัลกอริทึม Mass Balance Estimator ชุดที่มีค่าเวลาการเดินทางจริงในสนามสำหรับวิเคราะห์เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากอัลกอริทึม Mass Balance Estimator สามารถสรุปได้ว่าระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยในแต่ละวันมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับอัลกอริทึม Speed Based Estimator โดยในการเดินทางช่วงสถานีที่ 1 - 2 ใช้เวลาการเดินทาง 95 - 110 วินาที การเดินทางในช่วงสถานีที่ 2 - 3 ใช้เวลาการเดินทาง 60 - 70 วินาที และการเดินทางในช่วงสถานี 3 - 4 ใช้เวลาการเดินทาง 80 - 120 วินาที ดังมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 5-9

ตารางที่ 5-9 ผลลัพธ์เวลาการเดินทางในแต่ละสถานีด้วยอัลกอริทึม Mass Balance Estimator

ช่วงของการเดินทาง	วันที่ศึกษา	ช่วงเวลา	จำนวนข้อมูล	เวลาการเดินทางเฉลี่ย (วินาที)	SD
สถานี 1- 2	วันจันทร์	AM	12	101.61	11.41
		MD	19	98.10	4.14
		PM	19	98.55	6.76
	วันพุธ	AM	12	98.61	4.63
		MD	19	101.28	11.99
		PM	25	113.19	36.50
	วันอาทิตย์	AM	12	96.78	1.47
		MD	19	105.54	17.46
		PM	25	102.44	25.13

ตารางที่ 5-9 (ต่อ)

ช่วงของการเดินทาง	วันที่ศึกษา	ช่วงเวลา	จำนวนข้อมูล	เวลาการเดินทางเฉลี่ย (วินาที)	SD
สถานี 2 - 3	วันจันทร์	AM	31	71.20	10.31
		MD	18	67.18	4.58
		PM	15	65.88	4.42
	วันพุธ	AM	31	66.35	5.48
		MD	18	77.31	18.90
		PM	22	67.45	5.08
	วันอาทิตย์	AM	31	69.87	19.32
		MD	18	70.12	8.79
		PM	22	66.29	4.49
สถานี 3 - 4	วันจันทร์	AM	17	121.08	36.69
		MD	22	100.03	21.72
		PM	19	122.19	34.08
	วันพุธ	AM	17	115.09	49.47
		MD	22	103.37	29.71
		PM	22	121.41	30.54
	วันอาทิตย์	AM	17	113.57	37.54
		MD	22	86.06	20.31
		PM	22	116.87	30.08

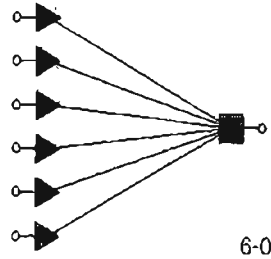
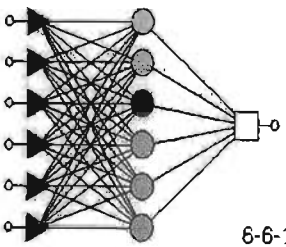
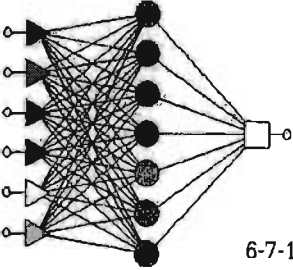
5.4 การพัฒนารูปแบบของโครงสร้างระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network)

โครงสร้างของระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) กำหนดให้มีลักษณะเป็นแบบหลายชั้น (Multi Layer) เพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ค่าวนหลาย ๆ ขั้นตอนก่อนที่จะนำมาซึ่งผลลัพธ์เป็นการเพิ่มความแม่นยำของโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์เวลาการเดินทาง แต่อย่างไรก็ตามการกำหนดลักษณะของ Node และจำนวนของ Layer ก็เป็นสิ่งที่มีความสำคัญเพื่อให้เกิดความแม่นยำสูงสุด

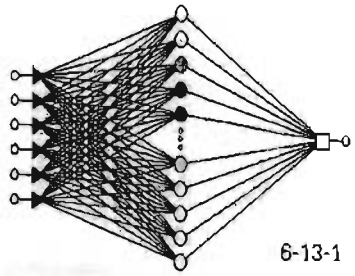
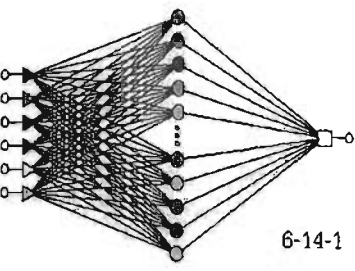
การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้กำหนดให้ใช้โปรแกรม Statistica 7.0 เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์เลือกโครงสร้างของระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) จำนวน 1 รูปแบบที่สามารถใช้ได้กับในทุกช่วงเวลาโดยทำการรวบรวมข้อมูล (Pool Data) เวลาการเดินทางของทุกช่วงเวลาในแต่ละวันมาเป็นชุดข้อมูลในการฝึกและทดสอบ (Train & Test) ความสามารถของระบบ โดยนำสัดส่วนข้อมูลร้อยละ 70 สำหรับใช้ในการฝึกระบบ (Train Pattern) และสัดส่วนข้อมูลร้อยละ 30 ในการทดสอบผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม ผลการวิเคราะห์สรุปว่าเลือกใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ในรูปแบบที่ 4 ซึ่งประกอบด้วยลำดับการวิเคราะห์จำนวน 3 ชั้น โดยข้อมูลนำเข้าในชั้นที่ 1 ประกอบด้วยข้อมูลที่มีผลต่อเวลาการเดินทางในโครงข่ายถนนจำนวน 6 ชุดข้อมูลได้แก่ ข้อมูลปริมาณจราจรเข้า - ออกในช่วงถนน ข้อมูล

ความเร็วจุดของยานพาหนะในจุดเข้า - ออกช่วงถนน ข้อมูลความยาวรอบสัญญาณไฟ และอัตราส่วนของสัญญาณไฟเกี่ยวกับความยาวรอบสัญญาณไฟ (g/c ratio) ส่วนการแปลงค่าการวิเคราะห์ในชั้นที่ 2 - 3 ใช้การแปลงค่าด้วย Function แบบ Gaussian Function เนื่องจากเป็นรูปแบบโครงสร้างระบบที่ให้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด ดังมีผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

ตารางที่ 5-10 ผลการวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้างประสาทเทียมที่เหมาะสม

รูปแบบโครงสร้างของระบบประสาทเทียม	ค่าความผิดพลาดของ Train Set ในแต่ละโปรแกรม					
	Station 1-2		Station 2-3		Station 3-4	
	Statistica	Qnet2000	Statistica	Qnet2000	Statistica	Qnet2000
	RMSE	RMSE	RMSE	RMSE	RMSE	RMSE
 6-0-1	0.2053	0.1845	0.2105	0.1584	0.2591	0.1594
 6-6-1	0.0218	0.1517	0.0258	0.1285	0.0269	0.1318
 6-7-1	0.0282	0.1718	0.0261	0.1348	0.0243	0.1319

ตารางที่ 5-10 (ต่อ)

รูปแบบโครงสร้างของระบบประสาทเทียม	ค่าความผิดพลาดของ Train Set ในแต่ละโปรแกรม					
	Station 1-2		Station 2-3		Station 3-4	
	Statistica RMSE	Qnet2000 RMSE	Statistica RMSE	Qnet2000 RMSE	Statistica RMSE	Qnet2000 RMSE
 6-13-1	0.0172	0.1654	0.0174	0.1312	0.0178	0.1241
 6-14-1	0.0275	0.1856	0.0219	0.1258	0.0223	0.1159

5.4.1 ผลลัพธ์เวลาการเดินทางจากการใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม

การใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) เป็นการประมาณเวลาการเดินทางที่ใช้ข้อมูลสภาพจราจรในสนามซึ่งได้แก่ ปริมาณจราจร ความเร็วยานพาหนะ ความยาวสัญญาณไฟ และอัตราส่วนไฟเขียวต่อความยาวสัญญาณไฟ ซึ่งมีอิทธิพลต่อเวลาการเดินทางมาทำการวิเคราะห์ผ่านระบบที่มีประสิทธิภาพสูง โดยในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาเลือกใช้การวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Qnet2000 ซึ่งมีความสามารถในการวิเคราะห์และสามารถให้ข้อมูลผลลัพธ์ที่ต้องการสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปได้อย่างครบถ้วน ในส่วนของการวิเคราะห์ที่ได้เลือกเฉพาะผลลัพธ์เวลาการเดินทางชุดที่มีค่าเวลาการเดินทางจริงในสนามเพื่อความเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ผลลัพธ์เวลาการเดินทางที่ได้จากการใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ในแต่ละช่วงถนนของแต่ละวันสามารถสรุปได้ว่าการเดินทางช่วงสถานีที่ 1 - 2 ใช้เวลาการเดินทาง 230 - 350 วินาที การเดินทางในช่วงสถานีที่ 2 - 3 ใช้เวลาการเดินทาง 70 - 90 วินาที และการเดินทางในช่วงสถานี 3 - 4 ใช้เวลาการเดินทาง 150 - 190 วินาที ดังมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 5-11

ตารางที่ 5-11 ผลลัพธ์เวลาการเดินทางในแต่ละสถานีจากระบบโครงข่ายประสาทเทียม

ช่วงของการเดินทาง	วันที่ศึกษา	ช่วงเวลา	จน. ตัวอย่าง	เวลาการเดินทางเฉลี่ย (วินาที)	SD
สถานี 1- 2	วันจันทร์	AM	12	284.78	74.68
		MD	19	251.10	27.04
		PM	19	290.68	20.04
	วันพุธ	AM	12	281.25	32.29
		MD	19	255.46	37.70
		PM	25	276.63	45.91
	วันอาทิตย์	AM	12	250.99	54.69
		MD	19	238.51	34.73
		PM	25	276.79	29.33
สถานี 2 - 3	วันจันทร์	AM	31	80.52	9.22
		MD	18	73.98	3.85
		PM	15	78.46	8.19
	วันพุธ	AM	31	79.11	6.49
		MD	18	71.87	3.07
		PM	22	83.97	4.69
	วันอาทิตย์	AM	31	78.57	6.46
		MD	18	70.67	4.69
		PM	22	82.62	4.05
สถานี 3 - 4	วันจันทร์	AM	17	178.90	23.00
		MD	22	148.02	17.98
		PM	19	166.69	45.73
	วันพุธ	AM	17	183.63	29.93
		MD	22	157.01	16.71
		PM	22	170.08	28.12
	วันอาทิตย์	AM	17	175.27	35.19
		MD	22	158.04	24.32
		PM	22	179.21	37.27

5.5 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทาง

การเปรียบเทียบความแม่นยำของเวลาการเดินทาง ใช้หลักการประเมินประสิทธิภาพโดยการนำผลของเวลาการเดินทางที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยอัลกอริทึม Speed Based Estimator, Mass Balance Estimator, แบบจำลองสภาพจราจร (Simulation Model) และระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) มาเปรียบเทียบความแม่นยำกับเวลาการเดินทางจริงที่เก็บได้จากในสนาม โดยใช้กระบวนการทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีผลการทดสอบเปรียบเทียบความแม่นยำดังต่อไปนี้

5.5.1 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางด้วยการใช้ t - test

การเปรียบเทียบความแม่นยำด้วยกรรมวิธี t - test เป็นการทดสอบความแม่นยำทางสถิติในลักษณะรวมจำนวนตัวอย่าง 2 กลุ่มเข้าด้วยกัน (Paired Data) เพื่อทำการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันของตัวอย่าง 2 กลุ่มที่มีค่ากลางของข้อมูล และความแปรปรวนที่แตกต่างกัน โดยทำการเปรียบเทียบที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำด้วยกรรมวิธี t - test พบว่าเวลาการเดินทางที่ใช้การวิเคราะห์ด้วยระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) มีความแม่นยำมากที่สุดเมื่อเทียบกับอัลกอริทึมอื่นดังมีผลลัพธ์แสดงในตารางที่ 5-12 ถึง 5-15 แต่ผลลัพธ์โดยทั่วไปของการทดสอบยังไม่สามารถผ่านการทดสอบได้ในทุกกรณีซึ่งอาจเป็นเหตุผลจากการตั้งระดับความเชื่อมั่นที่สูง

ตารางที่ 5-12 การเปรียบเทียบความแม่นยำของแบบจำลองสภาพจราจร CORSIM

การวิเคราะห์ทางสถิติ	วันจันทร์			วันพุธ			วันอาทิตย์		
	AM	MD	PM	AM	MD	PM	AM	MD	PM
t - statistic	7.858	2.779	1.523	3.773	3.980	2.997	3.972	6.026	1.627
t - critical	1.674	1.672	1.676	1.671	1.673	1.671	1.675	1.677	1.671

ตารางที่ 5-13 การเปรียบเทียบความแม่นยำของอัลกอริทึม Speed Based Estimator

การวิเคราะห์ทางสถิติ	วันจันทร์			วันพุธ			วันอาทิตย์		
	AM	MD	PM	AM	MD	PM	AM	MD	PM
t - statistic	0.898	3.964	2.740	3.219	3.337	6.562	2.172	3.291	7.869
t - critical	1.674	1.672	1.676	1.671	1.673	1.671	1.675	1.677	1.671

ตารางที่ 5-14 การเปรียบเทียบความแม่นยำของอัลกอริทึม Mass Balance Estimator

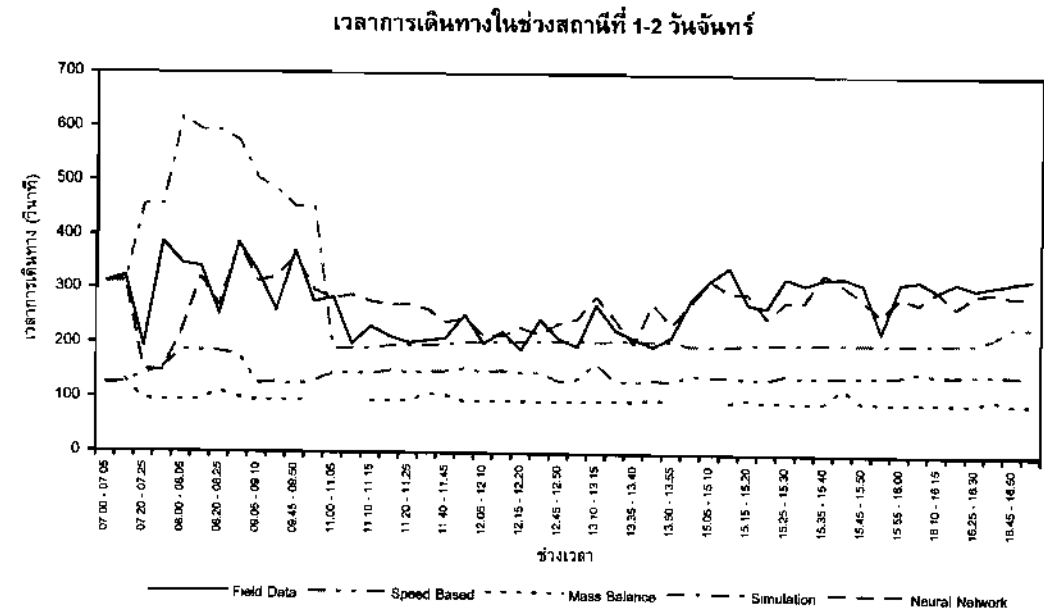
การวิเคราะห์ทางสถิติ	วันจันทร์			วันพุธ			วันอาทิตย์		
	AM	MD	PM	AM	MD	PM	AM	MD	PM
t - statistic	4.887	7.874	8.421	6.246	6.225	9.459	4.901	7.128	9.034
t - critical	1.674	1.672	1.676	1.671	1.673	1.671	1.675	1.677	1.671

ตารางที่ 5-15 การเปรียบเทียบความแม่นยำของระบบโครงข่ายประสาทเทียม

การวิเคราะห์ทางสถิติ	วันจันทร์			วันพุธ			วันอาทิตย์		
	AM	MD	PM	AM	MD	PM	AM	MD	PM
t - statistic	0.826	3.109	3.440	1.013	3.666	3.065	1.912	2.497	2.829
t - critical	1.674	1.672	1.676	1.671	1.673	1.671	1.675	1.677	1.671

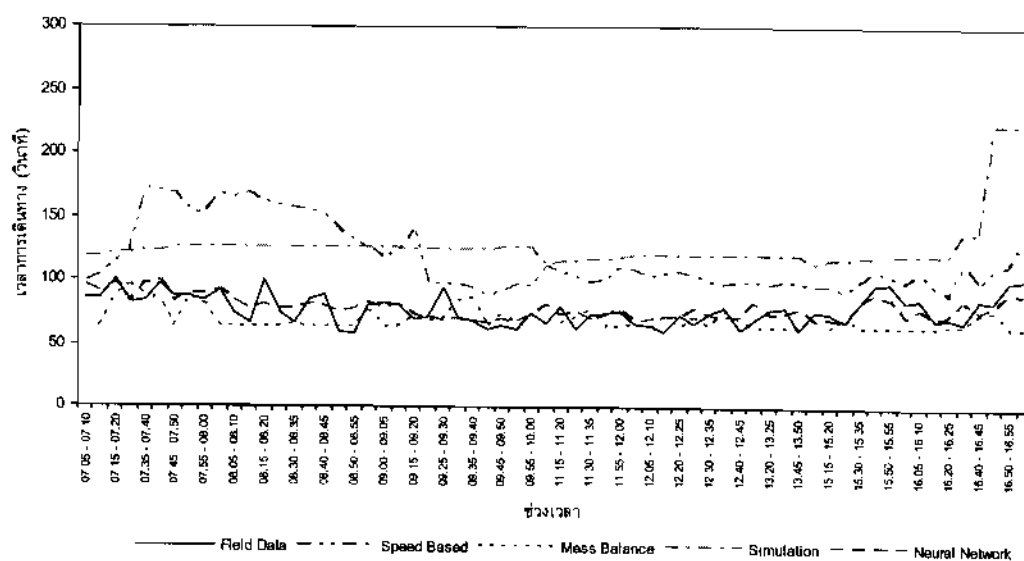
5.5.2 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางระหว่างแต่ละอัลกอริทึม

การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณแต่ละอัลกอริทึมเป็นการแสดงกราฟเพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของอัลกอริทึมที่ใช้ประมาณเวลาการเดินทางในแต่ละวิธีกับข้อมูลเวลาการเดินทางจริงที่เก็บได้จากในสนาม เพื่อแสดงสภาพแนวโน้มของค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นดังแสดงในภาพที่ 5-1 ถึง 5-9 ลักษณะของกราฟแสดงให้เห็นว่าแนวโน้มของค่าความผิดพลาดของการประมาณเวลาการเดินทางทั้ง 3 วันพบว่าผลลัพธ์ของเวลาการเดินทางด้วยระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) มีค่าความแม่นยำมากที่สุด โดยผลลัพธ์เวลาการเดินทางที่ได้อยู่ในระดับใกล้เคียงกับข้อมูลเวลาการเดินทางในสนามทุกช่วงเวลา พร้อมกันนี้ได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าเวลาการเดินทางที่ได้จากแต่ละอัลกอริทึมกับเวลาการเดินทางจริงในสนามด้วยการวิเคราะห์ผ่านสมการถดถอย (Regression Analysis) เพื่อแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างเวลาการเดินทางที่ได้จากในสนามกับเวลาการเดินทางที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแต่ละอัลกอริทึม ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ของเวลาการเดินทางไม่ได้เป็นในรูปแบบเชิงเส้น (Non Linear Relationship) เนื่องจากค่าสหสัมพันธ์ (R^2) ที่เกิดขึ้นมีค่าค่อนข้างต่ำ โดยค่าสูงสุดอยู่ที่ 0.436 ดังมีผลลัพธ์แสดงในตารางที่ 5-16 ถึง 5-18



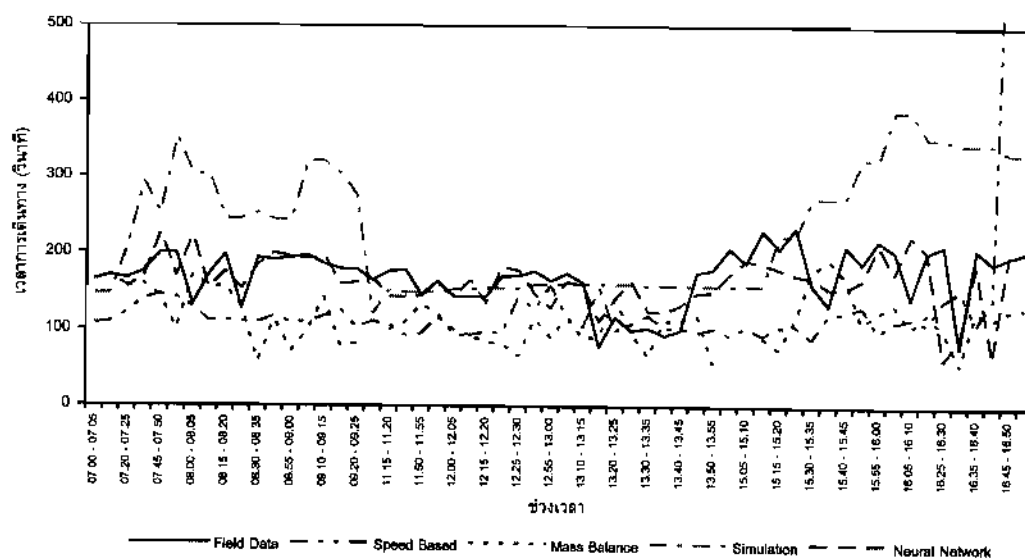
ภาพที่ 5-1 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางสถานี 1-2 วันจันทร์

เวลาการเดินทางในช่วงสถานีที่ 2-3 วันจันทร์

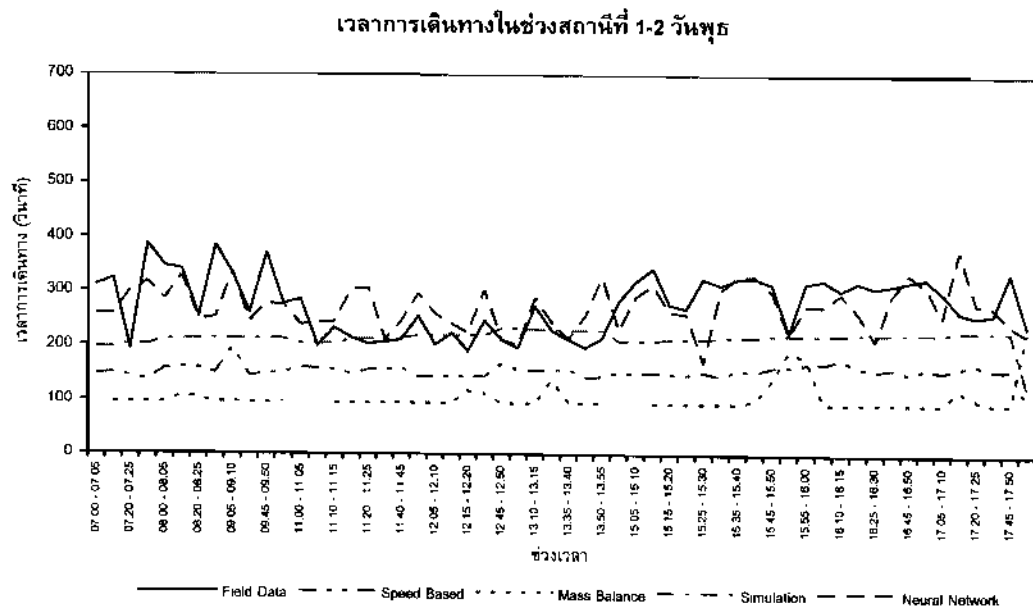


ภาพที่ 5-2 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางสถานี 2-3 วันจันทร์

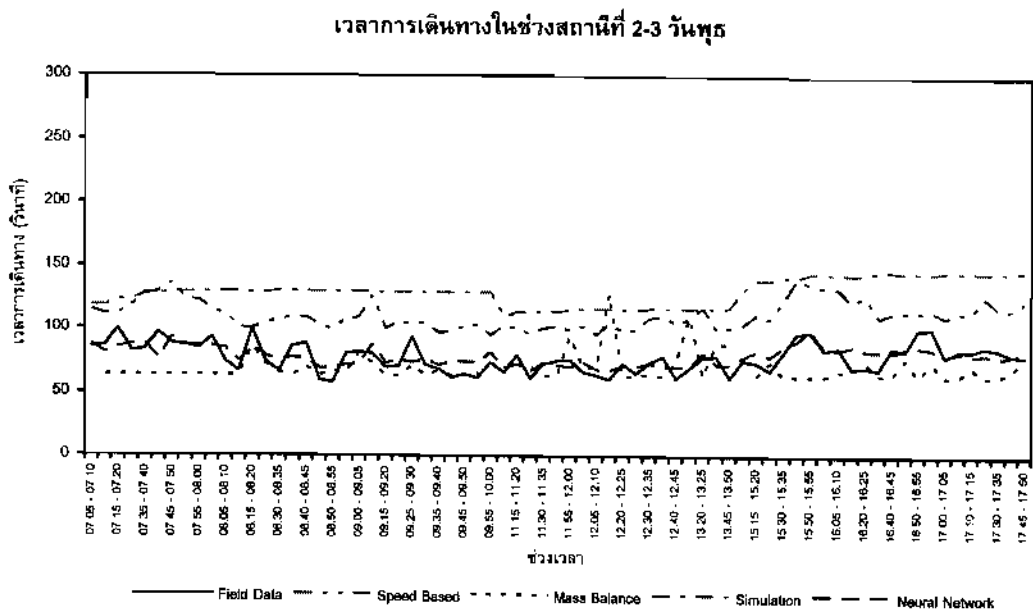
เวลาการเดินทางในช่วงสถานีที่ 3-4 วันจันทร์



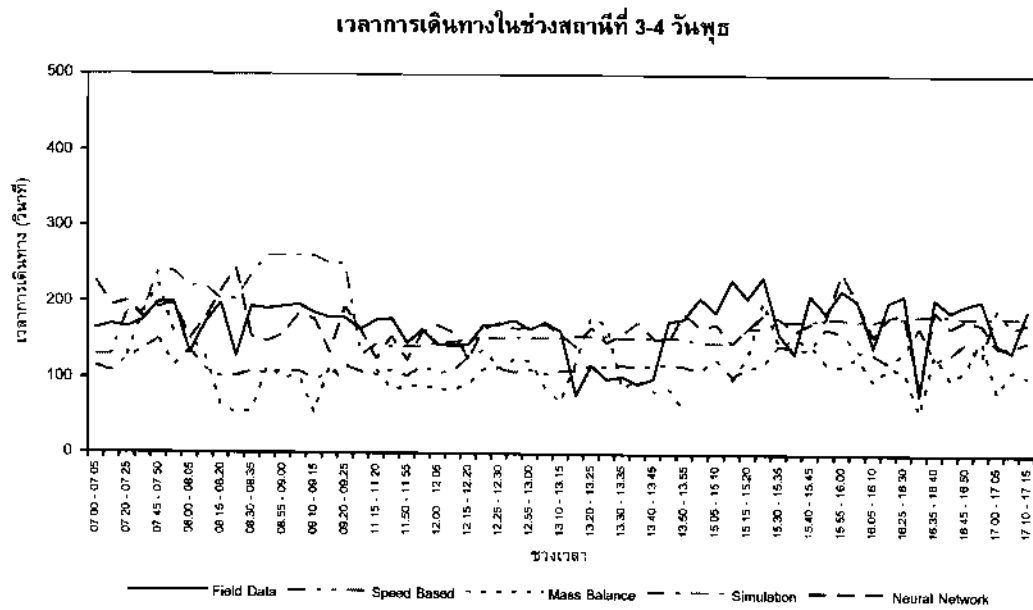
ภาพที่ 5-3 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางสถานี 3-4 วันจันทร์



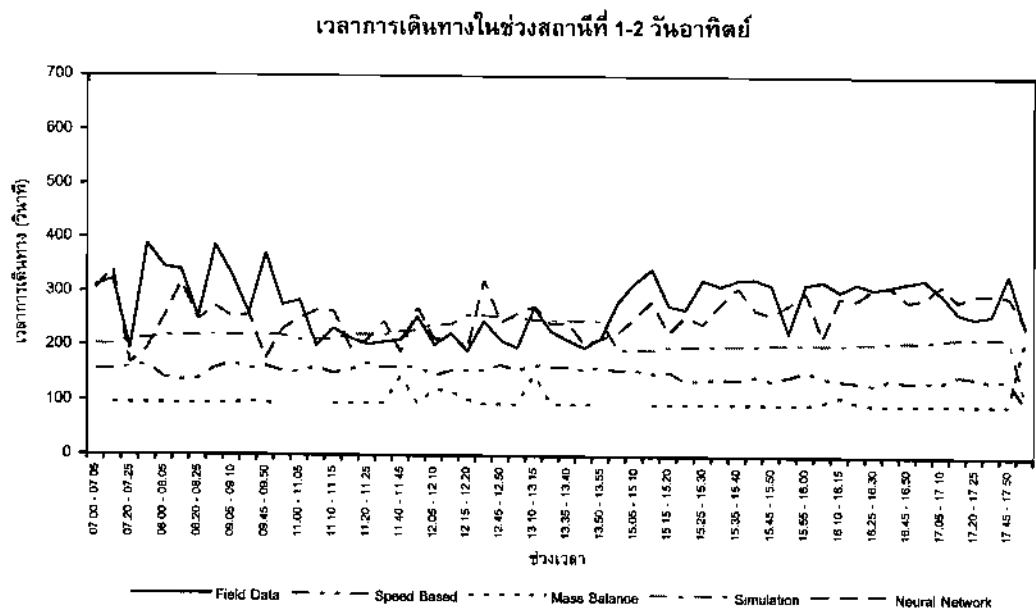
ภาพที่ 5-4 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางสถานี 1-2 วันพุธ



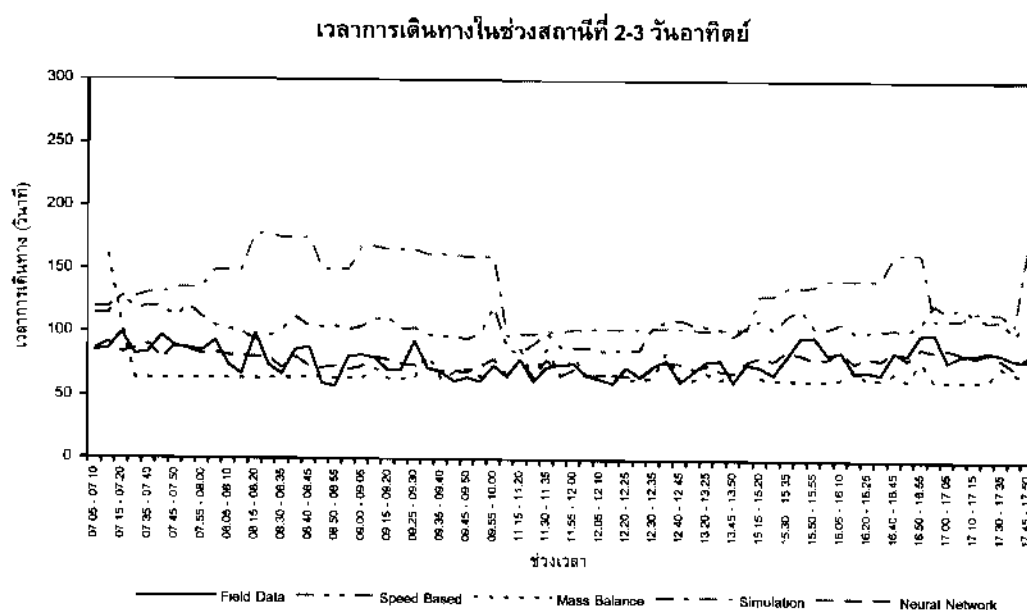
ภาพที่ 5-5 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางสถานี 2-3 วันพุธ



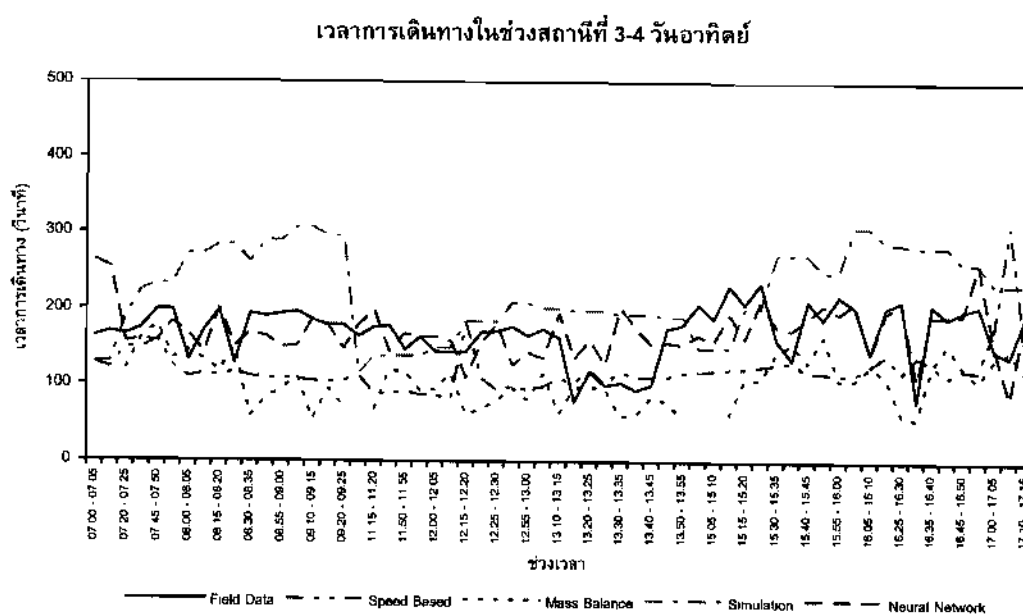
ภาพที่ 5-6 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางสถานี 3-4 วันพุธ



ภาพที่ 5-7 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางสถานี 1-2 วันอาทิตย์



ภาพที่ 5-8 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางสถานี 2-3 วันอาทิตย์



ภาพที่ 5-9 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางสถานี 3-4 วันอาทิตย์

ตารางที่ 5-16 การเปรียบเทียบความแม่นยำของเวลาการเดินทางด้วยสมการถดถอยวันจันทร์

การวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอย R^2	สถานี 1-2		สถานี 2-3		สถานี 3-4	
	R^2	SE (sec)	R^2	SE (sec)	R^2	SE (sec)
Simulation Model	0.165	53.85	0.123	10.82	0.062	37.31
Speed Based Estimator	0.058	57.20	0.090	11.02	0.026	38.02
Mass Balance Estimator	0.000	58.95	0.007	11.52	0.001	38.51
Artificial Neural Network	0.231	51.63	0.417	8.53	0.138	35.76

ตารางที่ 5-17 การเปรียบเทียบความแม่นยำของเวลาการเดินทางด้วยสมการถดถอยวันพุธ

การวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอย R^2	สถานี 1-2		สถานี 2-3		สถานี 3-4	
	R^2	SE (sec)	R^2	SE (sec)	R^2	SE (sec)
Simulation Model	0.002	54.40	0.200	9.81	0.032	35.74
Speed Based Estimator	0.030	54.60	0.368	8.71	0.001	36.31
Mass Balance Estimator	0.008	55.23	0.002	10.95	0.006	36.21
Artificial Neural Network	0.117	52.11	0.439	8.21	0.151	33.47

ตารางที่ 5-18 การเปรียบเทียบความแม่นยำของเวลาการเดินทางด้วยสมการถดถอยวันอาทิตย์

การวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอย R^2	สถานี 1-2		สถานี 2-3		สถานี 3-4	
	R^2	SE (sec)	R^2	SE (sec)	R^2	SE (sec)
Simulation Model	0.476	45.06	0.099	10.59	0.041	35.56
Speed Based Estimator	0.148	52.66	0.253	9.64	0.003	36.27
Mass Balance Estimator	0.003	56.99	0.003	11.14	0.001	36.32
Artificial Neural Network	0.105	53.99	0.400	8.64	0.193	32.62

5.5.3 การเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางด้วย RMSE และ AWFE

การเปรียบเทียบความแม่นยำด้วยกรรมวิธี RMSE (Root Mean Square Error) และ AWFE (Average Weight Fractional Error) เป็นการทดสอบความแม่นยำทางสถิติโดยการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม เพื่อประเมินเปรียบเทียบความแม่นยำ โดยผลลัพธ์เป็นค่าความผิดพลาดและร้อยละของความผิดพลาด ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางสรุปได้ว่าการใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ในการประมาณเวลาการเดินทางให้ค่า RMSE และ AWFE ต่ำที่สุดในทุกกรณีทั้งที่เป็นการเดินทางผ่านทางแยก (สถานี 1-2 และสถานี 3-4) และไม่ผ่านทางแยก (สถานี 2-3) ส่วนการประมาณเวลาการเดินทางด้วยอัลกอริทึมอื่น ๆ พบว่าเกิดค่าความผิดพลาดในการประมาณเวลาการเดินทางค่อนข้างสูง ดังผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 5-19 ถึง 5-21

ตารางที่ 5-19 ผลการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดด้วยกรรมวิธี RMSE และ AWFE วันจันทร์

การวิเคราะห์ด้วยวิธี RMSE & AWFE	สถานี 1-2		สถานี 2-3		สถานี 3-4	
	RMSE	AWFE	RMSE	AWFE	RMSE	AWFE
	(sec.)	(%)	(sec.)	(%)	(sec.)	(%)
Simulation Model	129.65	51.39	50.96	65.63	106.27	90.08
Speed Based Estimator	143.12	48.39	51.42	66.62	69.67	37.74
Mass Balance Estimator	205.85	71.45	24.21	29.26	92.57	50.53
Artificial Neural Network	85.78	18.61	10.04	10.50	64.55	23.83

ตารางที่ 5-20 ผลการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดด้วยกรรมวิธี RMSE และ AWFE วันพุธ

การวิเคราะห์ด้วยวิธี RMSE & AWFE	สถานี 1-2		สถานี 2-3		สถานี 3-4	
	RMSE	AWFE	RMSE	AWFE	RMSE	AWFE
	(sec.)	(%)	(sec.)	(%)	(sec.)	(%)
Simulation Model	92.38	30.43	53.93	72.98	61.45	56.30
Speed Based Estimator	143.73	48.23	36.56	48.78	63.98	35.27
Mass Balance Estimator	209.33	70.77	18.43	23.27	99.69	56.81
Artificial Neural Network	78.17	22.17	8.10	8.18	46.75	23.48

ตารางที่ 5-21 ผลการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดด้วยกรรมวิธี RMSE และ AWFE วันอาทิตย์

การวิเคราะห์ด้วยวิธี RMSE & AWFE	สถานี 1-2		สถานี 2-3		สถานี 3-4	
	RMSE	AWFE	RMSE	AWFE	RMSE	AWFE
	(sec.)	(%)	(sec.)	(%)	(sec.)	(%)
Simulation Model	112.74	34.83	85.55	109.90	123.80	91.48
Speed Based Estimator	167.70	52.51	30.69	40.49	71.92	43.17
Mass Balance Estimator	226.65	71.87	24.52	31.09	102.64	59.67
Artificial Neural Network	88.90	18.89	7.73	7.04	51.91	25.24

5.6 การพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูป

การพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปเป็นการทดลองประยุกต์ใช้อัลกอริทึมสำหรับการประมาณเวลาการเดินทางในโครงข่ายถนน โดยมีแนวคิดที่นำข้อมูลทางจราจรซึ่งได้จากภาคสนามมาเป็นข้อมูลหลักในการวิเคราะห์ การพัฒนาโปรแกรมครั้งนี้ทดลองนำระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) แบบหลายชั้น (Multi Layer) มาใช้ในการวิเคราะห์ ภายใต้การเขียนคำสั่งประมวลผลด้วยโปรแกรม Visual Basic 6.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพในการสร้างรูปแบบการวิเคราะห์และการปรับแต่งส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ผู้ศึกษาได้

ทำการออกแบบในส่วนที่สำคัญ 2 ส่วนได้แก่ ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (Graphic User Interfaces) และแนวทางการประยุกต์ใช้ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.6.1 รูปแบบของโปรแกรมสำเร็จรูปที่พัฒนาโดยภาษา Visual Basic

การพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อคำนวณเวลาในการเดินทางด้วยการใช้ภาษา Visual Basic โดยกำหนดให้มีโครงสร้างการวิเคราะห์ตามแบบของระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) และเพิ่มเติมในส่วนของการส่งข้อมูลออกสู่ผู้ใช้ผ่านทางระบบ Graphic User Interfaces โดยมีรูปแบบดังต่อไปนี้

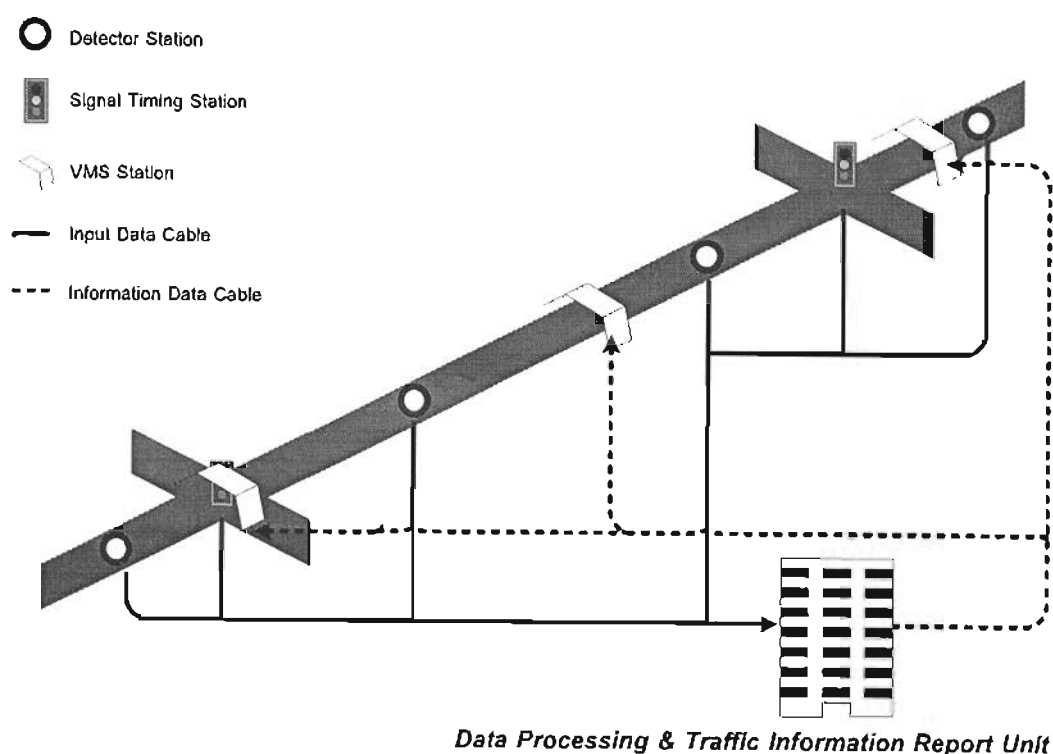
The screenshot shows a graphical user interface titled "Travel Time Estimation by Neural Network System". It features several input fields for parameters: "Volume IN" (Text1), "Volume OUT" (Text2), "Speed IN" (Text3), "Speed OUT" (Text4), "Cycle Length" (Text5), and "g/C Ratio" (Text6). Below these are two sections labeled "All Weight Value" and "Hidden Layer", each containing a row of text boxes for weights. At the bottom, there is a "Calculate Travel Time" button, a label "Your Travel Time =" followed by a text box (Text20) and the unit "second", and a "Data1" label with navigation arrows.

ภาพที่ 5-10 ลักษณะของ User Interfaces ของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

5.6.2 แนวทางการประยุกต์ใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

หลังจากที่ทำการพัฒนาโปรแกรมและผ่านการตรวจสอบประสิทธิภาพเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้ศึกษาจึงขอเสนอแนวทางในการประยุกต์ใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานและลดข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นระหว่างการทำงาน โดยเริ่มต้นจากการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อเก็บข้อมูลปริมาณจราจรและความเร็วยานพาหนะบนพื้นผิวถนนทั้งช่วงต้นและปลายของถนนที่จะทำการวิเคราะห์ สำหรับใช้เป็นข้อมูลส่วนหนึ่งในการวิเคราะห์ สามารถทำได้โดยการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ (Detector) ที่สามารถตรวจจับได้ทั้งปริมาณจราจรและความเร็วยานพาหนะ โดยตำแหน่งในการติดตั้งจะต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่าความยาว

แถวคอยสูงสุดที่เกิดขึ้นในช่วงถนน จากนั้นทำการปรับปรุงระบบสัญญาณไฟบริเวณทางแยกให้เป็นระบบที่ควบคุมด้วย Micro Controller แล้วทำการเชื่อมต่อข้อมูลจังหวะสัญญาณไฟเข้ากับข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับ (Detector) ในระบบวิเคราะห์หลัก ซึ่งมีลักษณะเป็นกล่องควบคุม (Control Box) สามารถติดตั้งได้ทั้งในบ่อสำรวจตามทางแยกต่าง ๆ และในอาคารสำนักงาน สุดท้ายเชื่อมต่อส่วนข้อมูลส่งออก (Output) จากส่วนวิเคราะห์ข้อมูลออกสู่ผู้ใช้ถนนผ่านทางระบบป้ายสลับข้อความ (VMS) ตามตำแหน่งที่เหมาะสมในโครงข่ายถนนโดยรายละเอียดแสดงดังภาพที่ 5-11



ภาพที่ 5-11 แนวทางการประยุกต์ใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษาและวิเคราะห์

จากวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษาสามารถสรุปได้ถึงความแม่นยำของสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการประมาณเวลาเดินทางในโครงข่ายถนนภายในพื้นที่ศึกษา รวมถึงระดับความสามารถและข้อจำกัดของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นดังต่อไปนี้

6.1.1 ความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางด้วยค่าร้อยละสหสัมพันธ์ (R^2) และ t - test

จากการศึกษาและประเมินเปรียบเทียบประสิทธิภาพ สามารถสรุปได้ว่าการประมาณเวลาการเดินทางด้วยการใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) มีความแม่นยำโดยเฉลี่ยมากที่สุดสำหรับถนนภายในพื้นที่ศึกษาจากการทดสอบด้วยกรรมวิธีสมการถดถอยโดยมีค่า R^2 ที่ 0.439 ตามด้วยการใช้แบบจำลองสภาพจราจร (CORSIM Simulation Model) อัลกอริทึม Speed Based Estimator และอัลกอริทึม Mass Balance Estimator ที่ค่า R^2 เท่ากับ 0.376 , 0.368 และ 0.008 ตามลำดับ ซึ่งผลการประเมินเปรียบเทียบดังกล่าวสอดคล้องกับผลจากการทดสอบด้วยกรรมวิธี t - test ที่ผลลัพธ์ของการประเมินเวลาการเดินทางที่ได้จากการใช้ระบบประสาทเทียมสามารถผ่านการทดสอบได้มากที่สุด

6.1.2 ความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางจากการวิเคราะห์ด้วย RMSE และ AWFE

จากการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้วยค่าร้อยละสหสัมพันธ์ (R^2) เห็นได้ชัดว่าผลที่ได้ค่อนข้างต่ำเนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเดินทางไม่ได้เป็นแบบเชิงเส้น (Non Linear Relationship) ทำให้ต้องมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเพิ่มเติมด้วยวิธี RMSE และ AWFE ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ถึงค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการประมาณเวลาการเดินทางของแต่ละกรรมวิธี โดยสามารถสรุปได้ว่าการประมาณเวลาการเดินทางการใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) มีความแม่นยำโดยเฉลี่ยมากที่สุดสำหรับถนนภายในพื้นที่ศึกษาจากการทดสอบด้วยวิธี RMSE และ AWFE โดยมีค่าความผิดพลาดเกิดขึ้นอยู่ในช่วงร้อยละ 7.04 - 25.24 ตามด้วยการใช้อัลกอริทึม Speed Based Estimator และอัลกอริทึม Mass Balance Estimator ซึ่งมีค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วงใกล้เคียงกันที่ร้อยละ 35 - 45 และการใช้แบบจำลองสภาพจราจร (CORSIM Simulation Model) มีค่าความผิดพลาดมากที่สุดที่ร้อยละ 109.90 โดยค่าความผิดพลาดของการประมาณเวลาการเดินทางส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในช่วงที่มีการเดินทางผ่านทางแยก (สถานี 1-2 และสถานี 3-4)

6.1.3 ลักษณะของพื้นที่ที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้อัลกอริทึม

จากการศึกษาและวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมต่าง ๆ เพื่อประมาณเวลาการเดินทาง

ทางในโครงข่ายถนนภายในพื้นที่ศึกษาด้วยการใช้ข้อมูลด้านจราจร สามารถสรุปได้ว่าค่าความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางในโครงข่ายถนนแต่ละรูปแบบของถนนมีความแตกต่างกันสามารถเลือกใช้ อัลกอริทึมให้เหมาะสมเพื่อประสิทธิภาพสูงสุด จากลักษณะของพื้นที่ศึกษาพบว่ามีลักษณะของโครงข่ายถนนมีอยู่ด้วยกันดังนี้ (1) ช่วงถนนระหว่างสถานีที่ 1-2 เป็นโครงข่ายถนนที่มีการเดินทางผ่านทางแยกในลักษณะของถนนทางหลวงระหว่างอำเภอ (Highway) (2) ช่วงถนนระหว่างสถานีที่ 2-3 เป็นโครงข่ายถนนที่ไม่มีการเดินทางผ่านทางแยกในลักษณะของถนนทางหลวงระหว่างอำเภอ (Highway) และ (3) ช่วงถนนระหว่างสถานีที่ 3-4 เป็นโครงข่ายถนนที่มีการเดินทางผ่านทางแยกในลักษณะของถนนสายหลักในเขตเมือง (Urban Street) จากผลลัพธ์การวิเคราะห์ค่าร้อยละความผิดพลาดที่เกิดขึ้นด้วยการรวมวิธี RMSE และ AWEFE พบว่าการที่สภาพจราจรไม่มีความแปรปรวนมากซึ่งได้แก่ ช่วงถนนระหว่างสถานีที่ 2-3 เป็นโครงข่ายถนนที่ไม่มีการเดินทางผ่านทางแยกในลักษณะของถนนทางหลวงระหว่างอำเภอ (Highway) สามารถประยุกต์ใช้อัลกอริทึม Speed Based Estimator หรืออัลกอริทึม Mass Balance Estimator ได้ แต่ในกรณีของช่วงถนนระหว่างสถานีที่ 1-2 และช่วงถนนระหว่างสถานีที่ 3-4 ซึ่งมีลักษณะเป็นโครงข่ายถนนที่มีการเดินทางผ่านทางแยก ความแปรปรวนเกิดขึ้นค่อนข้างมากทำให้มีความซับซ้อนมากกว่า การใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) จะมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้อัลกอริทึมอื่น ๆ ส่วนกรณีของการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพจราจร (CORSIM Simulation Model) ซึ่งพบว่ามีผลผิดพลาดเกิดขึ้นค่อนข้างสูง อาจเป็นสาเหตุจากการสร้างแบบจำลองยังไม่คล้ายคลึงกับสภาพจริงในสนามมากนัก อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังพบว่าในบางช่วงเวลาการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพจราจรนั้นก็ยังมีประสิทธิภาพเช่นในช่วงแรกของการวิเคราะห์ แต่เมื่อมองในระยะยาวประสิทธิภาพของแบบจำลองยังไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากขาดข้อมูลประกอบที่จำเป็นสำหรับการสร้างแบบจำลอง เช่น ข้อมูลปริมาณจราจรที่คงค้างในช่วงถนน เป็นต้น

6.1.4 ข้อจำกัดของการประยุกต์ใช้โปรแกรม

จากการวิเคราะห์ถึงรูปแบบที่เหมาะสมกับการทำงานของโปรแกรมประมาณเวลาการเดินทางด้วยการใช้ระบบประสาทเทียม (Neural Network) ที่พัฒนาขึ้น โดยทำการพัฒนาในรูปแบบของโปรแกรมทดลองนั้น ทำให้พบว่าโปรแกรมดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในการใช้ค่อนข้างมากดังแสดงรายละเอียดต่อไปนี้

6.1.4.1 โครงสร้างระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) รูปแบบของโครงสร้างระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ที่พัฒนาขึ้นยังไม่สามารถปรับเปลี่ยนไปได้ตามลักษณะของชุดข้อมูลใหม่ เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ใช้ลักษณะโครงสร้างซึ่งเกิดจากชุดข้อมูลที่ได้ภายในพื้นที่ศึกษาทำให้ไม่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในพื้นที่อื่น

6.1.4.2 รูปแบบการเขียนโปรแกรม เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลที่เก็บได้ภายในพื้นที่ศึกษา ทำให้สามารถกำหนดค่าน้ำหนักในการเชื่อมต่อ (Weight Value) ให้เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษาได้ แต่ในสภาพจราจรจริงในแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันค่าน้ำหนักการเชื่อมต่อ (Weight Value) ที่ใช้ในโปรแกรมนี้จึงไม่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่น

6.1.4.3 การส่งผ่านข้อมูลสู่ผู้ใช้เส้นทาง ลักษณะของการพัฒนาโปรแกรมดังกล่าวเป็นไปในลักษณะของการทดลองใช้ ผู้วิจัยจึงทำการพัฒนารูปแบบของการส่งผ่านข้อมูลสู่ผู้ใช้เส้นทางเป็นไปในลักษณะที่ต้องมีการควบคุม (Manual) เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการรับ-ส่งข้อมูล ซึ่งทำให้การส่งผ่านข้อมูลสู่ผู้ใช้เส้นทางเมื่อเทียบกับความเป็นจริงไม่ได้เป็นไปในลักษณะของเวลาปัจจุบัน (Real Time)

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาพบว่ายังมีข้อจำกัดอยู่ในหลาย ๆ จุดทั้งจากขอบเขตของการศึกษาและการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อใช้ในการประมาณเวลาการเดินทางในโครงข่ายถนน ทางผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะสำหรับการศึกษาและพัฒนาในเรื่องการประมาณเวลาการเดินทางในโครงข่ายถนนดังต่อไปนี้

6.2.1 ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัย

การศึกษาค้นคว้านี้ให้ความสำคัญแน่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางในแต่ละกรรมวิธี ค่อนข้างแตกต่างกันอย่างชัดเจน เนื่องจากในแต่ละวิธียังมีการศึกษาลงไปในลักษณะจุลภาค เช่น การใช้แบบจำลองสภาพจราจร (CORSIM Simulation Model) ยังมีลักษณะทางกายภาพของโครงข่ายถนนที่ไม่คล้ายคลึงมากนัก โดยเฉพาะลักษณะของถนนซอยซึ่งมีการเข้า - ออกของปริมาณจราจรเกิดขึ้นตลอดเวลาทำให้เวลาการเดินทางที่ได้มีความแน่นยำต่ำลง เช่นเดียวกับการใช้อัลกอริทึม Speed Based Estimator และอัลกอริทึม Mass Balance Estimator หากมีการศึกษาและเก็บข้อมูลปริมาณจราจรที่เข้า - ออกของถนนซอย ก็ทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานสำหรับนำไปประมาณเวลาการเดินทางที่ถูกต้องยิ่งขึ้นส่งผลให้มีความแน่นยำมากขึ้น

6.2.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโปรแกรม

รูปแบบของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในการศึกษาค้นคว้านี้เป็นเพียงในรูปแบบของโปรแกรมทดลอง เพื่อที่จะแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการประยุกต์ใช้อัลกอริทึม สำหรับประมาณเวลาการเดินทางในโครงข่ายถนนพื้นที่ศึกษา ดังนั้นสถาปัตยกรรมของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจึงไม่ซับซ้อน แต่ถ้าหากมีการพัฒนาเป็นลักษณะของอุตสาหกรรม รูปแบบของโปรแกรมก็ควรที่จะมีความยืดหยุ่นมากขึ้น สามารถทำการวิเคราะห์ได้ในหลากหลายรูปแบบชุดข้อมูลและสามารถส่งผ่านข้อมูลสู่ผู้ใช้เส้นทางในลักษณะเวลาปัจจุบัน โดยสามารถเขียนโปรแกรมสั่งการให้โปรแกรมทำการวิเคราะห์จัดรูปแบบข้อมูลใหม่ทุกครั้งที่ได้รับข้อมูลใหม่เข้ามา ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรต่าง ๆ ตลอดเวลา ส่งผลให้โปรแกรมเกิดความแน่นยำในการประมาณเวลาการเดินทางมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Han, van Lint "Travel Time Prediction . Overview of Measuring and Prediction Travel Time." Intelligent Transportation System : CT5804. 2004 : 2-7.
2. Gipps, P. G. "The Estimation of a Measure of Vehicle Delay From Detector Output." Research Report 25 : Transportation Research Group. 1977 : 159-160.
3. Stroble, H. "Traffic Control Systems Analysis by Means of Dynamic State and Input-Output Models." RR-77-12 : International Institute of Applied Systems Analysis. 1977 : 164-165.
4. Usami, T., Ikenoue, K., and Miyasako T. "Travel Time Prediction Algorithm and Signal Operations at Critical Intersections for Controlling Travel Time." 2nd International Conference on Road Traffic Control ; Institute of Electrical and Electronics Engineers. 1986 : 205-208.
5. Takaba, S., Morita T., and Hada T. "Estimation and Measurement of Travel Time by Vehicle Detectors and License Plate Reader." Vehicle Navigation and Information System Conference : Society of Automotive Engineers. 1991 : 257-267.
6. Hoogendoorn, S. P. "Multiclass Traffic Filtering with Application to Travel Time Estimation." Transportation Research Board 2000 : 75-105.
7. Christian, E. Cortes. et al., "A General Purpose Methodology for Link Travel Time Estimation Using Multiple Point Detection of Traffic." Transportation Research Board. 2001 : 437-457.
8. Cherrett T., Mcleod F., and McDonald M. "Journey Time Estimation Using Single Inductive Loop Detectors on Non-Signalized Link " Transportation Research Group 2002 : 130-145
9. Giovanni H., and Eric van Berkum. "Short Term Travel Time Prediction Using A Neural Network." Transportation Research Board 2000 38-50.
10. Haj-Salem, H. and H.J.M. Van Grol. "On-Line Station and Link Level State Estimation." DACCORD Deliverable D05.1 ; Telematics Application Program Project TR1017. 1997 : 19-34.

11. Klimassauskas C. "Application of Artificial Neural Network." Application Neural Networks ; Part 1. 1991 : 230-249.
12. Lawrence J. "Introduction to Neural Networks : Design , Theory and Application." California Scientific Software. 1994 : 101-102.
13. Park B., Messer C. J, and T. Urbanik. "Short Term Freeway Traffic Volume Forecasting Using Radial Basis Function Neural Network." Transportation Research Board. 1998 : 103-104
14. Stephanedes Y.J., and A.P. Chassiakos. "Application of Filtering Techniques for Incident Detection." Journal of Transportation Engineering : Vol.119. 1993 : 13-26
15. Hua J., And Faghri A. "Evaluation of Artificial Neural Network Application in Transportation Engineering." Transportation Research Record 1358 ; National Research Council. 1992 : 236-237
16. Nelson P. C., and Palacharia P. V. "Application of Fuzzy Logic and Neural Networks for Dynamic Travel Time Estimation " International Transaction and Operational Research. 1999 : 13-21.
17. Smith B. L., and M.J Demetsky. "Short Term Traffic Flow Prediction : Neural Network Approach." Transportation Research Record 1453. 1994 . 98-104.
18. Chin Shen Lee. Using Probe Vehicle Method in Highway Travel Time Forecasting. Master Degree Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Florida International University, 1992 : 248-249.
19. StatSoft, Inc. Statistica 7.0 User Manual. USA. Available online at <http://www.statsoft.com/productoverview.html>[2006,August 15].
20. Veste Service, Inc. Qnet2000 trial Product Overview USA. Available online at <http://www.qnetv2k.com/product.html>[2006,March 2].
21. Advanced CORSIM Training Manual Minnesota Department of Transportation, 2004.
22. Paramics Information Quadstone Limited. Paramics Overview. United Kingdom. Available online at http://www.paramics-online.com/cverview_choose.html [2004,September 7].
23. PTV America, Inc. Vissim Overview. USA. Available online at <http://www.ptvamerica.com/vissim.html>[2004,September 7]

24. ทวี วิชัยเมธาวี. "การศึกษาเปรียบเทียบโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค." เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมขนส่งแห่งชาติครั้งที่ 1. พฤศจิกายน (2546) . 35-47.
25. อีระพล ลดาลลิตสกุล. "การศึกษาลักษณะการจราจรบริเวณจุดกลับรถในแนวราบที่ไม่มีช่องจราจรสำหรับการกลับรถ." เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 10. พฤษภาคม (2548) . 28-33.
26. Veste Service, Inc. Qnet2000 trial User Manual. USA. Available online at <http://www.qnetv2k.com/usermanual.html>[2006, August 15].
27. Fausett, L. Fundamental of Neural Network. 2nd ed New Jersey Prentice Hall, Inc. c1994.
- 28 Highway Capacity Manual 2000. Washington D.C . Transportation Research Council, 2000.

ภาคผนวก ก

ค่าน้ำหนักในการเชื่อมต่อที่ได้จากโปรแกรม Qnet2000

ตารางที่ ก-1 ผลลัพธ์ค่าน้ำหนักในการเชื่อมต่อจากโปรแกรม Onet2000 สถานีที่ 1-2

Layer	Node	Connection	Weight	Layer	Node	Connection	Weight
2	1	1	-3.4675	2	8	4	-0.5599
2	1	2	-2.6404	2	8	5	-0.4424
2	1	3	-0.2968	2	8	6	-0.3883
2	1	4	-4.2806	2	9	1	1.2097
2	1	5	0.3546	2	9	2	0.0759
2	1	6	-1.5019	2	9	3	1.3804
2	2	1	1.1194	2	9	4	-2.4785
2	2	2	-0.4771	2	9	5	-0.0424
2	2	3	-0.4999	2	9	6	3.0756
2	2	4	0.6870	2	10	1	-1.3694
2	2	5	0.2906	2	10	2	-4.0466
2	2	6	0.1742	2	10	3	4.5072
2	3	1	0.3771	2	10	4	-0.8746
2	3	2	2.1090	2	10	5	-0.8944
2	3	3	-0.5893	2	10	6	1.5487
2	3	4	-0.0230	2	11	1	0.4459
2	3	5	-1.5526	2	11	2	-0.2016
2	3	6	1.4639	2	11	3	-0.3708
2	4	1	-0.1872	2	11	4	5.9644
2	4	2	-1.0835	2	11	5	-1.1059
2	4	3	1.9208	2	11	6	-0.6182
2	4	4	3.8392	2	12	1	1.2978
2	4	5	-2.3355	2	12	2	-0.0615
2	4	6	-1.3838	2	12	3	0.1705
2	5	1	-1.3358	2	12	4	-4.4662
2	5	2	2.1799	2	12	5	-0.5394
2	5	3	0.1816	2	12	6	0.1421
2	5	4	-1.4366	2	13	1	0.1925
2	5	5	-0.3098	2	13	2	-1.0469
2	5	6	0.8682	2	13	3	-0.2009
2	6	1	-5.4237	2	13	4	0.7398
2	6	2	-0.7367	2	13	5	0.0338
2	6	3	5.5335	2	13	6	-0.0681
2	6	4	3.4936	3	1	1	5.4533
2	6	5	-2.7871	3	1	2	-1.4934
2	6	6	1.3996	3	1	3	2.3680
2	7	1	-0.0431	3	1	4	-3.1342
2	7	2	-0.0131	3	1	5	2.6803
2	7	3	-1.6188	3	1	6	-3.7800
2	7	4	-0.3324	3	1	8	-1.8244
2	7	5	1.8528	3	1	9	3.4055
2	7	6	-1.1018	3	1	10	4.0071
2	8	1	-1.3114	3	1	11	3.9842
2	8	2	0.4259	3	1	12	-3.8728
2	8	3	0.7797	3	1	13	0.9008

ตารางที่ ก-2 ผลลัพธ์ค่าน้ำหนักในการเชื่อมต่อจากโปรแกรม Onet2000 สถิติที่ 2-3

Layer	Node	Connection	Weight	Layer	Node	Connection	Weight
2	1	1	-1.4531	2	8	4	0.0344
2	1	2	-0.8443	2	8	5	-0.3867
2	1	3	-0.6268	2	8	6	-0.2189
2	1	4	-2.1832	2	9	1	0.1807
2	1	5	-0.1032	2	9	2	0.0758
2	1	6	-0.1102	2	9	3	-0.4398
2	2	1	0.5562	2	9	4	0.2490
2	2	2	0.0751	2	9	5	-0.1786
2	2	3	-0.2175	2	9	6	-0.0084
2	2	4	0.1891	2	10	1	0.3211
2	2	5	0.2201	2	10	2	0.2468
2	2	6	0.2102	2	10	3	0.8055
2	3	1	-0.3978	2	10	4	-0.0712
2	3	2	-0.1065	2	10	5	0.0390
2	3	3	-0.4856	2	10	6	0.1070
2	3	4	0.2570	2	11	1	1.6970
2	3	5	-0.2335	2	11	2	-2.4049
2	3	6	0.2063	2	11	3	-0.2434
2	4	1	3.4059	2	11	4	3.3285
2	4	2	-1.4226	2	11	5	0.1258
2	4	3	-0.2819	2	11	6	-0.2832
2	4	4	0.8807	2	12	1	0.0911
2	4	5	-0.1419	2	12	2	1.1385
2	4	6	-0.2716	2	12	3	-0.5332
2	5	1	0.3232	2	12	4	-1.8892
2	5	2	-0.1144	2	12	5	0.0893
2	5	3	0.4405	2	12	6	0.1345
2	5	4	-0.1495	2	13	1	-0.3545
2	5	5	0.1174	2	13	2	-0.2135
2	5	6	0.1698	2	13	3	-0.1330
2	6	1	-1.1939	2	13	4	0.2435
2	6	2	0.3226	2	13	5	-0.1773
2	6	3	1.2467	2	13	6	0.0954
2	6	4	0.9564	3	1	1	2.2599
2	6	5	0.0225	3	1	2	0.0754
2	6	6	0.0888	3	1	3	0.5424
2	7	1	0.8091	3	1	4	-2.4973
2	7	2	-3.1708	3	1	5	0.5884
2	7	3	-0.9921	3	1	6	-1.3227
2	7	4	0.7803	3	1	8	0.1931
2	7	5	-0.2949	3	1	9	0.7288
2	7	6	0.0156	3	1	10	0.8507
2	8	1	-0.4818	3	1	11	1.7229
2	8	2	-0.0863	3	1	12	-2.1109
2	8	3	0.2252	3	1	13	0.4174

ตารางที่ ก-3 ผลลัพธ์ค่าน้ำหนักในการเชื่อมต่อกับโปรแกรม Qnet2000 สถานีที่ 3-4

Layer	Node	Connection	Weight	Layer	Node	Connection	Weight
2	1	1	-3.1459	2	8	4	0.1206
2	1	2	-0.5303	2	8	5	-0.2705
2	1	3	-1.6747	2	8	6	-0.1814
2	1	4	-4.2444	2	9	1	1.2006
2	1	5	-0.4034	2	9	2	-1.3159
2	1	6	-1.1789	2	9	3	0.3584
2	2	1	0.5844	2	9	4	-1.5188
2	2	2	0.1256	2	9	5	1.5458
2	2	3	-0.2128	2	9	6	-0.0963
2	2	4	0.2431	2	10	1	-0.0208
2	2	5	0.1793	2	10	2	-1.1908
2	2	6	0.2278	2	10	3	3.9614
2	3	1	-0.1728	2	10	4	-2.7412
2	3	2	0.5633	2	10	5	-1.7195
2	3	3	0.0679	2	10	6	0.9322
2	3	4	0.7096	2	11	1	2.0144
2	3	5	-0.5560	2	11	2	-1.4116
2	3	6	0.2526	2	11	3	-0.7515
2	4	1	2.6595	2	11	4	6.4854
2	4	2	-0.3627	2	11	5	0.3549
2	4	3	1.1646	2	11	6	-1.1671
2	4	4	2.9992	2	12	1	-1.0165
2	4	5	-0.0857	2	12	2	0.6157
2	4	6	-1.4365	2	12	3	-0.2620
2	5	1	0.2365	2	12	4	-3.7177
2	5	2	0.4159	2	12	5	-0.0658
2	5	3	0.5267	2	12	6	-0.0180
2	5	4	0.1005	2	13	1	0.1989
2	5	5	-0.3152	2	13	2	-0.2381
2	5	6	0.3212	2	13	3	-0.2357
2	6	1	-2.2153	2	13	4	0.1155
2	6	2	0.5092	2	13	5	-0.0984
2	6	3	4.0579	2	13	6	-0.0237
2	6	4	0.5439	3	1	1	6.3433
2	6	5	-2.7061	3	1	2	0.0458
2	6	6	-0.3570	3	1	3	0.9222
2	7	1	1.3205	3	1	4	-3.0322
2	7	2	-1.3126	3	1	5	0.8950
2	7	3	-1.2603	3	1	6	-2.2432
2	7	4	0.0106	3	1	8	-0.2220
2	7	5	0.7027	3	1	9	2.0624
2	7	6	-2.4749	3	1	10	3.6321
2	8	1	-0.4424	3	1	11	3.7092
2	8	2	-0.9681	3	1	12	-3.9433
2	8	3	0.2533	3	1	13	0.2574

ภาคผนวก ข

แบบบันทึกข้อมูลในการศึกษา

ตารางที่ ข-1 แบบบันทึกข้อมูลความยาวรอบสัญญาณไฟ

CYCLE TIME DATA AT INTERSECTION																							
Location		Direction										Date		Weather Condition									
Observer		Checker																					
CYCLE LENGTH AT INTERSECTION																							
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	
G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R
Site Description																							
CYCLE LENGTH AT INTERSECTION																							
11:00 - 11:15		11:15 - 11:30		11:30 - 11:45		11:45 - 12:00		12:00 - 12:15		12:15 - 12:30		12:30 - 12:45		12:45 - 13:00		13:00 - 13:15		13:15 - 13:30		13:30 - 13:45		13:45 - 14:00	
G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R
Site Description																							
CYCLE LENGTH AT INTERSECTION																							
15:00 - 15:15		15:15 - 15:30		15:30 - 15:45		15:45 - 16:00		16:00 - 16:15		16:15 - 16:30		16:30 - 16:45		16:45 - 17:00		17:00 - 17:15		17:15 - 17:30		17:30 - 17:45		17:45 - 18:00	
G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R	G	Y	R
Site Description																							

ตารางที่ ข-3 แบบบันทึกข้อมูลปริมาณจราจร

TRAFFIC VOLUME DATA						
Location			Date		Time Period	
Observer			Weather Condition			
Time Period	Vehicle Type					
	MC	PC	BUS	T6	T10	ST
Total						
Time Period	Vehicle Type					
	MC	PC	BUS	T6	T10	ST
Total						
Time Period	Vehicle Type					
	MC	PC	BUS	T6	T10	ST
Total						
Time Period	Vehicle Type					
	MC	PC	BUS	T6	T10	ST
Total						
Time Period	Vehicle Type					
	MC	PC	BUS	T6	T10	ST
Total						
Time Period	Vehicle Type					
	MC	PC	BUS	T6	T10	ST
Total						

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นายพรณรงค์ เลื่อนเพชร
 ชื่อวิทยานิพนธ์ : การประยุกต์ใช้อัลกอริทึมเพื่อประมาณเวลาการเดินทางในโครงข่ายถนน
 สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา

ประวัติ

จบการศึกษาในระดับปริญญาตรี อสบ.(เทคโนโลยีโยธา) เมื่อ พ.ศ.2546 จากวิทยาลัยเทคโนโลยี
 อุตสาหกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปัจจุบันทำงานในตำแหน่งวิศวกรประจำห้องปฏิบัติการวิศวกรรมปฐพี ศูนย์วิจัยและพัฒนาทาง
 วิศวกรรมปฐพีและฐานราก คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานที่ติดต่อบ้านเลขที่ 67/9 ถ.กาญจนวนิธิ 38 หมู่ 4 ต.บางกุ้ง อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี 84000
 โทรศัพท์ 09-884-5174 E mail : aek_badboy@yahoo.com