

การใช้รถแท็กซี่ที่ติดตั้งเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสเพื่อบันทึกเวลาการเดินทางในกรุงเทพมหานคร



นาย ชวลิต ทิพากรวงศ์

สถาบันวิทยบริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-4197-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE USE OF GPS EQUIPPED TAXIS AS PROBE VEHICLES FOR
TRAVEL TIME RECORD IN BANGKOK

Mr. Chawalit Tipagornwong



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-4197-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้รถแท็กซี่ที่ติดตั้งเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสเพื่อบันทึกเวลาการ เดินทางในกรุงเทพมหานคร
โดย	นาย ชวลิต ทิพากรวงศ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. สรวีศ นฤปิติ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร. เฉลิมชนม์ สติระพจน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. สรวีศ นฤปิติ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร. เฉลิมชนม์ สติระพจน์)

..... กรรมการ
(ดร. วุฒิชัย พรรณเชษฐ์)

ชวลิต ทิพากรวงศ์ : การใช้รถแท็กซี่ที่ติดตั้งเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสเพื่อ
บันทึกเวลาการเดินทางในกรุงเทพมหานคร. (THE USE OF GPS EQUIPPED TAXIS AS
PROBE VEHICLES FOR TRAVEL TIME RECORD IN BANGKOK) อ.ที่ปรึกษา :
รศ.ดร. สรวิศ นฤปิติ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ดร. เฉลิมชนม์ สติระพจน์ จำนวนหน้า 137 หน้า.
ISBN 974-17-4197-9

ข้อมูลสภาพจราจรโดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลาการเดินทางมีความสำคัญต่อการควบคุมการจราจร
และการเผยแพร่สภาพการจราจรเป็นอย่างมาก วิธีการเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางแบบทันทีหลาย
วิธี อย่างไรก็ตามหากนำไปใช้งานจริงควรมีการตรวจสอบเพื่อค้นหาวิธีที่ให้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือและมีความ
คุ้มค่ากับการลงทุน รถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทที่ใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสสามารถเก็บข้อมูลที่
มีปริมาณมากได้อย่างถูกต้องด้วยต้นทุนต่อหน่วยข้อมูลที่ต่ำ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ารถแท็กซี่มี
ความเหมาะสมที่จะเป็นรถตรวจวัดค่าการจราจร อย่างไรก็ตามข้อมูลเวลาการเดินทางที่ได้รับขึ้นอยู่กับ
ลักษณะการแล่นของรถแท็กซี่และความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้รับ การวิจัยครั้งนี้
ศึกษาข้อมูลที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสที่ติดตั้งในรถแท็กซี่ที่ให้บริการในกรุงเทพมหานคร มี
วัตถุประสงค์ 3 ประการได้แก่ การศึกษาลักษณะการแล่นของรถแท็กซี่ การวิเคราะห์หาช่วงถนนที่
สามารถรับสัญญาณจีพีเอสเพื่อหาช่วงถนนที่สามารถเก็บข้อมูลสภาพจราจร และการแสดงข้อมูลเวลา
การเดินทางและความเร็วเฉลี่ยที่ได้จากรถแท็กซี่ที่ใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสในการเก็บข้อมูล กลุ่ม
ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือรถแท็กซี่ที่ให้บริการรับส่งผู้โดยสารตามปกติ จำนวน 5 คัน ระยะเวลาเก็บ
ข้อมูล 30 วัน

ผลการศึกษาลักษณะการแล่นของรถแท็กซี่พบว่า ระยะทางเฉลี่ยที่รถแล่นทั้งหมดต่อวันเท่ากับ
489 กิโลเมตร ค่าสัดส่วนโดยเฉลี่ยของระยะทางที่รถแล่นถนนสายหลักต่อระยะทางที่รถแล่นทั้งหมดอยู่
ในช่วงร้อยละ 66 - 72 ช่วงถนนสายหลักที่ใกล้จุดเปลี่ยนคนขับน้อยกว่าจะมีปริมาณข้อมูลเวลาการ
เดินทางที่ได้รับสูงกว่า ความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอสขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของ
สิ่งปลูกสร้างรอบข้างถนน ข้อมูลการจราจรที่สามารถรับได้จากระบบจีพีเอสในแต่ละเขตที่ศึกษาอยู่
ในช่วงร้อยละ 60 - 92 เวลาการเดินทางและความเร็วสามารถแสดงในลักษณะที่เป็นพื้นที่ได้และแบ่ง
ออกเป็นช่วงเวลาต่างๆ ได้ การศึกษาสรุปได้ว่ารถแท็กซี่ที่ติดตั้งเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสมีความ
เหมาะสมที่จะเป็นรถตรวจวัดค่าการจราจร

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2546 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4470270021 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORD: TRAVEL TIME / PROBE VEHICLE / TAXI DRIVING PATTERN / GPS SIGNAL AVAILABILITY

CHAWALIT TIPAGORNWONG : THE USE OF GPS EQUIPPED TAXIS AS PROBE

VEHICLES FOR TRAVEL TIME RECORD IN BANGKOK. THESIS ADVISOR :

ASSOC. PROF. DR. SORAWIT NARUPITI , THESIS CO-ADVISOR :

DR. CHALERMCHON SATIRAPOD , 137 pp. ISBN 974-17-4197-9

Travel information especially travel time data is needed for modern traffic management and traveler information dissemination. Real-time travel time data can be obtained from several sources and by various data collection methods; however, reliability and cost-effectiveness of data acquisition requires special examination. A GPS-based probe vehicle data collection method potentially offers an efficient way in collecting large amount of reliable data with low investment per data unit. Many past studies have shown that taxis are suitable to be used as the probe vehicles. However, the resulting travel time data are conditional on characteristics of the probe vehicles and the accuracy and reliability of GPS data. This research is the investigation of data collected from GPS receiver installed on taxis in Bangkok. The purposes of this study are to investigate taxi driving pattern, to examine the availability and reliability of data collected by GPS, and to demonstrate the potential of using these GPS-equipped taxis as probe vehicles for travel time collection in Bangkok. Data were collected from 5 taxis operating regularly for the period of 30 days.

The study on the patterns of taxi operations shows that the average traveling distance is 489 kilometers per day and the average percentage of distance traveling on main road per overall distance approximately equals to 66 – 72%. The density of travel is greater around the taxi company. The availability of the GPS data (or travel time data) is dependent on geography or infrastructure near the road. Traffic data available from GPS in each interested district vary from 60 – 92 %. The travel time and the average speed can be displayed at any location and times of day. Finally, it can be concluded from the research that GPS-equipped taxis can potentially be used as probe vehicles.

Department Civil Engineering Student's signature

Field of study Civil Engineering Advisor's signature

Academic year 2003 Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ ดร. สรวิศ นฤปิติ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร. เฉลิมชนม์ สติระพจน์ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไป และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ซึ่งประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณยศิริ และ ดร. วุฒิชัย พรรณเชษฐ์ ที่ให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ และตรวจสอบวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์

ผู้เขียนมีความสำนึกในพระคุณของบิดา และมารดา ที่อบรมสั่งสอน ดูแลเอาใจใส่ และเป็นกำลังใจให้กับข้าพเจ้าตลอดมา รวมทั้งพี่ชาย พี่สาว และญาติพี่น้องทุกท่านที่ให้การสนับสนุน และให้กำลังใจแก่ผู้เขียนจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา และผู้เขียนมีความสำนึกในพระคุณของคณาจารย์ทุกท่านที่เคยอบรมสั่งสอนวิชาการต่างๆ ให้กับผู้เขียน

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณนิพนธ์ ไชยธีรภิญโญ รองศาสตราจารย์ อนุกัณฑ์ อิศรเสนา ณ อยุธยา คุณอรุยา ศิริโมทย์ บริษัท เด็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด คุณสมชาย อึ้งบริบูรณ์ไพศาล คุณพิชัยชาญ ศรีสุธรรม บริษัท อีเอสอาร์ไอ (ประเทศไทย) จำกัด คุณพิชัย กังวานประเสริฐ คุณรักศักดิ์ สมบูรณ์ทรัพย์ ดร.เศรษฐา ปานงาม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร Assoc. Prof. Dr. Atsushi Fukuda Mr. Tetsuhiro Ishizaka ITS Japan และ Association of Electronics Technology for Automobile Traffic and Driving (JSK) ที่ให้ความช่วยเหลือเอื้อเฟื้อข้อมูล และให้คำปรึกษาในการในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายสุดนี้ขอขอบคุณ นายชรัตน์ พิริยะวัฒน์ นายประพัทธ์พงษ์ อุปลา เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่งและการจราจร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้กำลังใจ และช่วยเหลือผู้เขียนมาโดยตลอด

คุณความดีและคุณประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้เป็นสิ่งตอบแทนต่อผู้มีพระคุณทุกท่านของผู้เขียนทั้งในอดีตและปัจจุบัน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญรูป.....	ญ
สารบัญตาราง.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 จุดประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 ความรู้และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความนำ	5
2.2 เวลาการเดินทาง	6
2.2.1 วิธีการเก็บข้อมูลเวลาการเดินทาง	6
2.2.2 วิธีการเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางที่เลือกใช้ในงานวิจัย	16
2.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับรถตรวจวัดค่าการจราจร.....	17
2.3.1 ประเภทของรถตรวจวัดค่าการจราจร	18
2.3.2 รถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทที่ใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส	25
2.4 กระบวนการระบุตำแหน่งรถลงบนแผนที่โครงข่ายถนน.....	31
2.5 ความรู้พื้นฐานของการเดินทางด้วยรถแท็กซี่.....	32
2.6 จำนวนรถตรวจวัดค่าการจราจรที่เพียงพอต่อการเก็บเวลาการเดินทางในโครงข่ายถนน.....	36
2.7 ความสามารถในการรับสัญญาณได้ของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส	38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	42
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	43
3.2.1 อุปกรณ์เก็บรวบรวมข้อมูล	43
3.2.2 ตารางคำนวณเพื่อใช้ในการแปลงข้อมูล	44
3.2.3 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	44
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล	45
3.4 การประมวลผลข้อมูล	46
3.4.1 การแปลงข้อมูลตำแหน่งให้สามารถแสดงบนแผนที่	46
3.4.2 การลดเวลาให้ตรงตามเวลาท้องถิ่นในประเทศไทย	47
3.4.3 การตรวจสอบตำแหน่งให้สอดคล้องกับทิศทางการแล่นของรถ	47
3.4.4 การระบุตำแหน่งรถบนแผนที่โครงข่ายถนน	49
3.5 แนวทางวิเคราะห์ข้อมูล	55
3.5.1 การศึกษาลักษณะการแล่นของรถแท็กซี่	55
3.5.2 ความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอส	56
3.5.3 ข้อมูลเวลาการเดินทางและความเร็วเฉลี่ย	59
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์	
4.1 ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวม	60
4.2 การศึกษาลักษณะการแล่นของรถแท็กซี่	67
4.2.1 ระยะทางทั้งหมดที่รถแท็กซี่แล่นได้	67
4.2.2 ระยะทางที่รถแล่นบนถนนแต่ละประเภท	69
4.2.3 ช่วงถนนที่รถแล่นผ่านและเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางได้	73

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ (ต่อ)	
4.3 ความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอส.....	78
4.3.1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอสโดยรวม.....	82
4.3.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอสเพื่อแสดงบริเวณที่เป็นจุดอับสัญญาณจีพีเอส	84
4.3.3 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการวิเคราะห์ข้อมูล	84
4.4 ข้อมูลเวลาการเดินทางและความเร็วเฉลี่ยที่ได้รับ.....	89
บทที่ 5 สรุปผลการวิเคราะห์	
5.1 สรุปผลการวิจัย	96
5.1.1 ลักษณะการเล่นของรถแท็กซี่.....	96
5.1.2 ความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอสบนถนนในกรุงเทพมหานคร.....	98
5.1.3 ข้อมูลเวลาการเดินทางและความเร็วเฉลี่ยที่ได้รับ.....	98
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	99
รายการอ้างอิง.....	100
บรรณานุกรม.....	104
ภาคผนวก.....	105
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	137

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 การเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางด้วยวิธีการประมาณนอกเขต.....	11
รูปที่ 2.2 กราฟแสดงของสัญญาณที่ได้จากเครื่องตรวจวัดด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ.....	13
รูปที่ 2.3 ผลของการหาความสอดคล้องของสัญญาณที่ได้รับจาก เครื่องตรวจวัดด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ.....	13
รูปที่ 2.4 การเก็บเวลาการเดินทางด้วยวิธีการตรวจหาสัญญาณจากกลุ่มรถที่ตรงกัน	15
รูปที่ 2.5 รถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทที่ใช้ป้ายส่งสัญญาณข้างถนน	20
รูปที่ 2.6 รถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทที่ใช้อุปกรณ์ระบุลักษณะประจำรถอัตโนมัติ	22
รูปที่ 2.7 รถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทที่ใช้อุปกรณ์วิทยุแนะนำเส้นทาง.....	23
รูปที่ 2.8 รถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทที่ใช้อุปกรณ์กำหนดตำแหน่งรถด้วยคลื่นโทรศัพท์.....	24
รูปที่ 2.9 องค์ประกอบหลักในโครงการ ADVANCE.....	28
รูปที่ 2.10 แหล่งข้อมูลจากรถยนต์ที่ให้ข้อมูล XFCO.....	31
รูปที่ 2.11 การหาเวลาที่ผ่านจุดปลายถนน.....	32
รูปที่ 2.12 สัดส่วนของช่วงถนนที่เก็บเวลาการเดินทางได้ จากการศึกษาในเมืองซาคราเมนโต ประเทศสหรัฐอเมริกา.....	37
รูปที่ 2.13 การทดสอบความสามารถในการรับสัญญาณได้ของเครื่องสัญญาณจีพีเอส ซึ่งทำการทดสอบหลาย ๆ ครั้ง.....	39
รูปที่ 2.14 การแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นตารางกริดเพื่อหาจุดที่อัปเดตสัญญาณจีพีเอส.....	41
รูปที่ 2.15 พื้นที่ที่สามารถรับสัญญาณได้โดยการจำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง.....	41
รูปที่ 3.1 ที่ตั้งของคู่มือ.....	42
รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	44
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างข้อมูลที่จะเกิดขึ้นในกรณีที่รถแล่นด้วยความเร็วต่ำ.....	48
รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ได้จากจีพีเอสซึ่งตำแหน่งไม่สอดคล้องกับ ทิศทางการเล่นของรถและจำนวนครั้งที่เหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้น.....	49
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการคำนวณเพื่อระบุตำแหน่งบนโครงข่ายเส้นคมนาคมของรถ.....	52
รูปที่ 3.6 การเคลื่อนตัวของรถและการเลือกเลขประจำเส้นทางให้กับตำแหน่งข้อมูลต่างๆ.....	54
รูปที่ 3.7 การแบ่งช่วงถนนออกเป็นช่วงย่อย.....	56
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการคำนวณค่าร้อยละสัญญาณ.....	57

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.1	ระยะทางทั้งหมดที่รถแล่นได้ในแต่ละช่วงเวลา.....	67
รูปที่ 4.2	สัดส่วนระยะทางโดยเฉลี่ยที่รถแล่นบนเส้นทางแต่ละประเภทในช่วงเวลาเช้ารถ.....	69
รูปที่ 4.3	สัดส่วนของระยะทางที่รถแล่นบนเส้นทางแต่ละประเภทต่อระยะทางที่ รถแล่นทั้งหมดในช่วงเวลาเช้ารถตอนเช้า.....	70
รูปที่ 4.4	สัดส่วนของระยะทางที่รถแล่นบนเส้นทางแต่ละประเภทต่อระยะทางที่ รถแล่นทั้งหมดในช่วงเวลาเช้ารถตอนเย็น.....	71
รูปที่ 4.5	ขอบเขตของแต่ละพื้นที่สำหรับคำนวณค่าครอบคลุมพื้นที่.....	75
รูปที่ 4.6	ค่าครอบคลุมพื้นที่หมายเลข 1 ในแต่ละช่วงเวลาของวันและในแต่ละ freq_min.....	76
รูปที่ 4.7	ค่าครอบคลุมพื้นที่หมายเลข 2 ในแต่ละช่วงเวลาของวันและในแต่ละ freq_min.....	76
รูปที่ 4.8	ค่าครอบคลุมพื้นที่หมายเลข 3 ในแต่ละช่วงเวลาของวันและในแต่ละ freq_min.....	76
รูปที่ 4.9	ค่าครอบคลุมพื้นที่หมายเลข 4 ในแต่ละช่วงเวลาของวันและในแต่ละ freq_min.....	77
รูปที่ 4.10	ค่าครอบคลุมพื้นที่หมายเลข 5 ในแต่ละช่วงเวลาของวันและในแต่ละ freq_min.....	77
รูปที่ 4.11	ค่าครอบคลุมพื้นที่หมายเลข 6 ในแต่ละช่วงเวลาของวันและในแต่ละ freq_min.....	77
รูปที่ 4.12	ค่าครอบคลุมพื้นที่เฉลี่ยในแต่ละค่า freq_min.....	78
รูปที่ 4.13	จำนวนครั้งที่รถแล่นผ่านถนนในแต่ละช่วงในลักษณะที่แยกทิศทางการเคลื่อนที่.....	79
รูปที่ 4.14	จำนวนครั้งที่รถแล่นผ่านถนนในแต่ละช่วงในลักษณะที่แยกทิศทางการเคลื่อนที่ ในบริเวณใจกลางเมือง.....	80
รูปที่ 4.15	ผลลัพธ์ในลักษณะภาพรวมของช่วงถนนที่รับสัญญาณได้ไม่ติดกันในกรณี ส่วนย่อยสามารถรับสัญญาณได้เมื่อค่าร้อยละสัญญาณหายไม่เกิน 20 %.....	85
รูปที่ 4.16	ผลลัพธ์ในลักษณะภาพรวมของช่วงถนนที่รับสัญญาณได้ไม่ติดกันในกรณี ส่วนย่อยสามารถรับสัญญาณได้เมื่อค่าร้อยละสัญญาณหายไม่เกิน 40 %.....	86
รูปที่ 4.17	ผลลัพธ์ในลักษณะภาพรวมของช่วงถนนที่รับสัญญาณได้ไม่ติดกันในกรณี ส่วนย่อยสามารถรับสัญญาณได้เมื่อค่าร้อยละสัญญาณหายไม่เกิน 60 %.....	87
รูปที่ 4.18	ผลลัพธ์ในลักษณะภาพรวมของช่วงถนนที่รับสัญญาณได้ไม่ติดกันในกรณี ส่วนย่อยสามารถรับสัญญาณได้เมื่อค่าร้อยละสัญญาณหายไม่เกิน 80 %.....	88
รูปที่ 4.19	ความเร็วเฉลี่ยแต่ละช่วงถนนในลักษณะแยกทิศทางการเคลื่อนที่ ในวันทำงานราชการ ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า.....	90

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.20 ความเร็วเฉลี่ยแต่ละช่วงถนนในลักษณะที่แยกทิศทางการเคลื่อนที่ ในวันทำงานราชการ ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า ในบริเวณใจกลางเมือง.....	91
รูปที่ 4.21 จำนวนช่วงถนนที่มีความเร็วต่างๆ แบ่งตามวันและเวลา.....	92
รูปที่ 4.22 ความถี่สะสมของช่วงถนนที่มีช่วงความเร็วต่างๆ ในวันทำงานราชการ.....	93
รูปที่ 4.23 ความถี่สะสมของช่วงถนนที่มีช่วงความเร็วต่างๆ ในวันหยุดราชการ.....	93



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	โครงการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรถตรวจวัดค่าการจราจร.....	17
ตารางที่ 2.2	ข้อดีและข้อเสียของรถตรวจวัดค่าการจราจรที่ใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส เมื่อเปรียบเทียบกับรถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทอื่น.....	26
ตารางที่ 2.3	ข้อมูลลักษณะทั่วไปของคนขับรถแท็กซี่ที่ศึกษา.....	35
ตารางที่ 2.4	เวลาที่ประมวลผลข้อมูลตำแหน่งอีกครั้ง.....	40
ตารางที่ 3.1	ช่วงเวลาการขับรถและการเก็บรวบรวมข้อมูลในหนึ่งวัน.....	45
ตารางที่ 3.2	ค่าของพารามิเตอร์สำหรับแปลงตำแหน่งเพื่อแสดงในแผนที่ที่ได้รับ.....	47
ตารางที่ 3.3	ตัวอย่างข้อมูลที่ได้รับจากตารางแปลงข้อมูล.....	47
ตารางที่ 3.4	ฐานข้อมูลเส้นทางคมนาคมของรถ.....	51
ตารางที่ 3.5	ตัวอย่างของข้อมูลทางแยก และถนนสายหลักที่เชื่อมต่อกับทางแยก.....	51
ตารางที่ 3.6	คำร้อยละสัญญาณหายของแต่ละส่วนย่อยสำหรับแสดงตัวอย่าง ในการคำนวณผลลัพท์ในลักษณะภาพรวม.....	58
ตารางที่ 3.7	ตัวอย่างการคำนวณผลลัพท์ในลักษณะภาพรวมของคำร้อยละสัญญาณหาย สำหรับช่วงถนนสายหลัก.....	58
ตารางที่ 3.8	ตัวอย่างการคำนวณผลลัพท์ในลักษณะภาพรวมของคำร้อยละสัญญาณหาย สำหรับพื้นที่ศึกษา.....	59
ตารางที่ 4.1	ระยะทางรวมที่รถแท็กซี่แล่นบนเส้นทางประเภทต่างๆ.....	61
ตารางที่ 4.2	ระยะทางรวมที่รถแท็กซี่แล่นบนเส้นทางประเภทต่างๆ ในช่วงเวลาเขารถตอนเช้า.....	62
ตารางที่ 4.3	ระยะทางรวมที่รถแท็กซี่แล่นบนเส้นทางประเภทต่างๆ ในช่วงเวลาเขารถตอนเย็น.....	63
ตารางที่ 4.4	ระยะทางเฉลี่ย (และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ที่รถแท็กซี่แล่น บนเส้นทางประเภทต่างๆ ต่อ วัน.....	64
ตารางที่ 4.5	ระยะทางเฉลี่ย (และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ที่รถแท็กซี่แล่น บนเส้นทางประเภทต่างๆ ต่อ 1 ช่วงเวลาเขารถตอนเช้า.....	65
ตารางที่ 4.6	ระยะทางเฉลี่ย (และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ที่รถแท็กซี่แล่น บนเส้นทางประเภทต่างๆ ต่อ 1 ช่วงเวลาเขารถตอนเย็น.....	66
ตารางที่ 4.7	ตัวอย่างข้อมูลนำเข้าเพื่อหาเส้นกราฟในรูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2.....	68

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.8 ตัวอย่างข้อมูลที่จัดเรียบเรียงแล้วและพร้อมนำไปหาเส้นกราฟในรูปที่ 4.1.....	68
ตารางที่ 4.9 ระยะเวลาทั้งหมดโดยเฉลี่ยที่รถแท็กซี่แล่น.....	69
ตารางที่ 4.10 ตัวอย่างข้อมูลที่จัดเรียบเรียงแล้วและพร้อมนำไปหาเส้นกราฟในรูปที่ 4.2.....	70
ตารางที่ 4.11 ตัวอย่างข้อมูลที่นำมาหาเส้นกราฟในรูปที่ 4.3 และ 4.4.....	72
ตารางที่ 4.12 สัดส่วนโดยเฉลี่ยของระยะเวลาบนเส้นทางแต่ละประเภท ในช่วงเวลาเช้ารถตอนเช้า.....	72
ตารางที่ 4.13 สัดส่วนโดยเฉลี่ยของระยะเวลาบนเส้นทางแต่ละประเภท ในช่วงเวลาเช้ารถตอนเย็น.....	73
ตารางที่ 4.14 พื้นที่สำหรับการคำนวณค่าครอบคลุมพื้นที่.....	74
ตารางที่ 4.15 ถนนที่เลือกศึกษา.....	81
ตารางที่ 4.16 สัดส่วนของความยาวของถนนที่เลือกต่อถนนสายหลักทั้งหมดในพื้นที่.....	81
ตารางที่ 4.17 ค่าร้อยละสัญญาณหายเฉลี่ยของถนนที่ศึกษาในแต่ละเขต.....	82
ตารางที่ 4.18 ความยาวของช่วงถนนที่มีค่าร้อยละสัญญาณหายไม่เกิน 40 %.....	83
ตารางที่ 4.19 ความยาวของช่วงถนนที่มีค่าร้อยละสัญญาณหายไม่เกิน 20 %.....	83
ตารางที่ 4.20 ความเร็วเฉลี่ยในภาพรวมในวันทำงานราชการ.....	94
ตารางที่ 4.21 ความเร็วเฉลี่ยในภาพรวมในวันหยุดราชการ.....	94

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ความต้องการในการสัญจรของประชาชนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมืองเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องอันเนื่องมาจากการเพิ่มของประชากรและกิจกรรม ประกอบกับความต้องการที่จะมีการสัญจรอย่างมีคุณภาพ ดังนั้นจึงต้องปรับปรุงและพัฒนาระบบขนส่งให้สามารถรองรับความต้องการเดินทางและให้บริการอย่างมีประสิทธิภาพอยู่เสมอ รวมทั้งคำนึงถึงความปลอดภัยและคุณภาพชีวิตของผู้ใช้ระบบขนส่ง แนวทางพัฒนาระบบขนส่งมีหลายแนวทางด้วยกัน ตัวอย่างเช่น การปรับปรุงระบบจราจร การพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะ การกำหนดการพัฒนาเมืองด้วยการวางผังเมือง เป็นต้น

การปรับปรุงระบบจราจรสามารถทำได้ 2 แนวทางอันได้แก่ การเพิ่มความสามารถให้บริการของระบบ และการควบคุมพฤติกรรมและจำกัดการใช้บริการของผู้ใช้ระบบ โดยที่แนวทางทั้งสองนี้ควรได้รับการพัฒนาและปฏิบัติควบคู่กันไปเพื่อความสอดคล้องและการทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในอดีตการเพิ่มความสามารถให้บริการมักจะทำโดยการเพิ่มช่องทางจราจรและเส้นทางจราจร และการพัฒนาระบบจัดการจราจร ในปัจจุบันการเพิ่มช่องทางจราจรและเส้นทางจราจรทำได้ยากขึ้นเนื่องจากข้อจำกัดบางประการ เช่น เงินลงทุน ทรัพยากร อิทธิพลทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น อย่างไรก็ตามได้นำระบบขนส่งอัจฉริยะ (Intelligent Transportation System: ITS) มาใช้งานเป็นผลให้ระบบจัดการพัฒนาขึ้น ระบบขนส่งอัจฉริยะเองนั้นไม่ได้เพิ่มความจุของระบบการจราจรและบังคับควบคุมพฤติกรรมของผู้เดินทาง หากแต่ระบบขนส่งอัจฉริยะจะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบโดยรวม เพิ่มคุณภาพและความปลอดภัยของระบบภายใต้เงื่อนไขอันเป็นข้อจำกัด โดยการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและระบบสารสนเทศในการจัดการระบบ ทั้งในส่วนของผู้ใช้และระบบขนส่ง ระบบขนส่งอัจฉริยะนี้ประกอบด้วยระบบย่อยต่างๆ อาทิเช่น ระบบจัดการควบคุมการจราจร ระบบเผยแพร่ข้อมูลด้านจราจร ระบบสนับสนุนรถขนส่งสาธารณะ ระบบเพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่ ฯลฯ

ระบบเผยแพร่ข้อมูลสภาพการจราจรเป็นระบบหนึ่งในระบบขนส่งอัจฉริยะที่ช่วยให้ข้อมูลการเดินทางที่ถูกต้องแก่ผู้เดินทาง ไม่ว่าจะเป็นผู้ขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลหรือผู้โดยสารสาธารณะ ข้อมูลที่สามารถรายงานสภาพการจราจรมีหลายประเภท ตัวอย่างเช่น ปริมาณจราจร เวลาการเดินทาง ความล่าช้าของการเดินทาง ความเร็วเฉลี่ย แกว่คอย ความหนาแน่นการจราจร เป็นต้น

สำหรับผู้เดินทางแล้วความเร็วเฉลี่ยและเวลาการเดินทาง เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพิจารณาและตัดสินใจเลือกเส้นทางได้ง่าย เนื่องจากความเร็วเฉลี่ยทำให้ทราบสภาพความติดขัดของเส้นทางได้ และเวลาการเดินทางทำให้ทราบเวลาการเดินทางด้วยเส้นทางต่างๆ เป็นผลให้สามารถเลือกเส้นทางที่ใช้เวลาการเดินทางน้อยที่สุดได้

เนื่องจากความเร็วเฉลี่ยมีค่าเท่ากับอัตราส่วนของความยาวช่วงถนนต่อเวลาการเดินทางบนช่วงถนน ดังนั้นหากสามารถเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางได้แล้วก็สามารถคำนวณความเร็วเฉลี่ยของช่วงถนนได้เช่นกัน วิธีเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางที่นิยมใช้กันมีหลายวิธี อันได้แก่ ผู้สังเกตเคลื่อนที่ (Moving observer) การบันทึกแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ (License plate) และรถตรวจวัดค่าการจราจร (Probe vehicle) จากการศึกษเบื้องต้นพบว่า การเก็บข้อมูลด้วยรถตรวจวัดค่าการจราจรมีข้อได้เปรียบวิธีอื่น เนื่องจากสามารถเก็บข้อมูลแบบทันทีได้ เพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้ขับขี่ และค่าเก็บข้อมูลต่อหน่วยต่ำ ถึงแม้ว่าเงินลงทุนสร้างระบบสูงก็ตาม ในปัจจุบันมีการนำรถตรวจวัดค่าการจราจรที่ใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสมาเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางมากเนื่องจากไม่จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์บริเวณข้างถนนที่รถแล่นผ่านอันทำให้สามารถเก็บข้อมูลได้ตลอดช่วงถนนที่รถแล่นผ่าน

ข้อมูลจราจรในกรุงเทพมหานครเก็บด้วยกล้องโทรทัศน์วงจรปิด (Closed Circuit Television: CCTV) ซึ่งติดตั้งบริเวณทางแยกในเขตเมืองจำนวน 60 ทางแยก และการรายงานสภาพการจราจรจากบุคคลที่สังเกตการณ์อยู่ข้างถนน ข้อมูลข่าวสารมักจะเผยแพร่โดยผ่านการกระจายเสียงของสถานีวิทยุต่างๆ เช่น สวท91 จส100 เป็นต้น ข้อมูลสภาพการจราจรที่ได้มักจะไม่ชัดเจนมากนัก ตัวอย่างเช่น ช่วงถนนนี้รถเคลื่อนตัวได้ดี หรือ พอเคลื่อนตัวได้บ้าง เป็นต้น หากนำรถตรวจวัดค่าการจราจรมาใช้ในกรุงเทพมหานครแล้วทำให้ข้อมูลที่ใช้สำหรับอธิบายสภาพการจราจรมีความชัดเจนมากขึ้น จากการพิจารณาเบื้องต้นพบว่า รถแท็กซี่อาจเหมาะที่จะติดตั้งระบบจีพีเอส (Global Positioning System :GPS) ให้เป็นรถตรวจวัดค่าการจราจรเพื่อเก็บข้อมูลเวลาการเดินทาง เนื่องจากเส้นทางการเล่นหลากหลายและระยะทางเล่นต่อวันสูง นอกจากนี้หากนำระบบจีพีเอสมาเก็บข้อมูลในกรุงเทพมหานครอาจพบว่ามีปัญหาในการใช้งานในบางพื้นที่ เพราะสัญญาณที่ส่งมายังเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสจะถูกปิดกั้นด้วยตึกอาคารสูงหรือต้นไม้ใหญ่ที่อยู่ข้างถนน ทางยกระดับหรือทางด่วน สถานีรถไฟฟ้ามหานคร หรือสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ อันเป็นผลให้คุณภาพที่ได้รับจากรถตรวจวัดค่าการจราจรที่ใช้ระบบจีพีเอสลดลง ในบางครั้งพบว่าตำแหน่งที่ได้รับคลาดเคลื่อนไปจากตำแหน่งจริงมากหรือไม่สามารถแสดงตำแหน่งรถได้อันเป็นผลให้ประสิทธิภาพในการตรวจตราเหตุการณ์ที่ทำให้การจราจรติดขัดลดลง ดังนั้นจึงศึกษาลักษณะการเล่นของรถแท็กซี่เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจว่าเหมาะสมที่จะเป็นรถตรวจวัดค่าการจราจรหรือไม่และประเมินความสามารถของการรับสัญญาณจีพีเอส ขณะที่รถแล่นบนถนนในพื้นที่

กรุงเทพมหานคร รวมทั้งแสดงข้อมูลสภาวะการจราจรที่ได้รับจากรถตรวจวัดค่าการจราจรอันได้แก่ เวลาการเดินทางและความเร็วเฉลี่ย ซึ่งทำให้ทราบประโยชน์และแนวทางในการนำข้อมูลไปใช้ในทางปฏิบัติ

1.2 จุดประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะการแล่นของรถแท็กซี่บนถนนในกรุงเทพมหานคร เพื่อประเมินความเหมาะสมที่จะนำรถแท็กซี่มาใช้เก็บเวลาการเดินทาง
2. ประเมินความสามารถของการรับสัญญาณจีพีเอสขณะแล่นบนถนนในพื้นที่กรุงเทพมหานครอันจะทำให้ทราบถึงความสามารถของเครื่องรับสัญญาณในการเก็บเวลาการเดินทาง
3. แสดงข้อมูลสภาวะการจราจรที่ได้จากรถแท็กซี่ที่ใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสในการเก็บข้อมูล

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดให้รถแท็กซี่เป็นรถตรวจวัดค่าการจราจรทั้งนี้เป็นเพราะเส้นทาง การแล่นของรถหลากหลายและระยะเวลาการแล่นต่อวันสูง เนื่องจากระยะเวลาที่เช่ารถแท็กซี่มีหลายช่วงเวลา เช่น 12 ชั่วโมง 1 วัน 2 วัน 3 วัน เป็นต้น และอุปกรณ์เก็บข้อมูลสามารถเก็บข้อมูลได้ไม่เกิน 10 ชั่วโมง ดังนั้นจึงเลือกอยู่แท็กซี่ที่กำหนดระยะเวลาเช่ารถ 1 ครั้งเท่ากับ 12 ชั่วโมง เนื่องจากต้องการวิเคราะห์เพื่อประเมินความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอส ดังนั้นจึงติดตั้งอุปกรณ์กับรถแท็กซี่ที่มักจะแล่นบนถนนในเขตเมืองซึ่งอาจจะมีสิ่งปลูกสร้างที่ปิดบังสัญญาณที่ส่งมายังเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส เป็นผลให้ต้องการติดตั้งอุปกรณ์กับรถแท็กซี่ที่มีจุดเปลี่ยนคนขับในเขตเมืองและต้องการคนขับที่มักจะขับรถเพื่อค้นหาผู้โดยสารในบริเวณที่ไม่ไกลจากจุดเปลี่ยนคนขับมากนัก เนื่องจากข้อมูลไม่สามารถบอกจำนวนดาวเทียมที่ส่งสัญญาณมาถึงเครื่องรับสัญญาณหรือคุณภาพของตำแหน่งที่ได้รับ ดังนั้นจึงประเมินความสามารถของการรับสัญญาณว่าในแต่ละบริเวณเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสสามารถแสดงตำแหน่งของรถได้หรือไม่ ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ รถแท็กซี่ที่คนขับต้องรับและคืนรถ ณ อยู่แท็กซี่แห่งหนึ่งบริเวณสำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด ซึ่งตั้งอยู่ในเขตราชเทวี ซึ่งมีระยะเวลาเช่ารถ 1 ครั้งเท่ากับ 12 ชั่วโมง กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยคือรถแท็กซี่จำนวน 5 คันเนื่องจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลมีจำนวน 5 ชุด ในการวิจัยนี้ได้เลือกศึกษาการสัญจรของรถแท็กซี่บนถนนสายหลัก

เนื่องจากถนนสายหลักเป็นเส้นทางหลักที่รถยนต์ส่วนมากใช้ในการสัญจรและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการจราจรในกรุงเทพมหานคร เส้นทางที่เลือกวิเคราะห์สำหรับวัตถุประสงค์ประการแรกและประการที่สามคือเส้นทางในอาณาเขตของกรุงเทพมหานครโดยเฉพาะอย่างยิ่งถนนสายหลัก เส้นทางที่เลือกวิเคราะห์สำหรับวัตถุประสงค์ประการที่สองคือถนนสายหลักในเขต ปทุมวัน ราชเทวี พญาไท คลองเตย วัฒนา ห้วยขวาง และดินแดง เนื่องจากพื้นที่ทั้ง 7 เขตเป็นพื้นที่ที่ล้อมรอบอยู่แท็กซี่เป็นผลให้รถแท็กซี่น่าจะแล่นผ่านถนนสายหลักในพื้นที่เหล่านี้มากกว่าถนนสายหลักภายในพื้นที่อื่น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจลักษณะการแล่นของรถแท็กซี่บนถนนในกรุงเทพมหานคร
2. นำข้อมูลลักษณะการแล่นของรถแท็กซี่ไปพิจารณาถึงความเหมาะสมที่รถแท็กซี่จะเป็นรถตรวจวัดค่าการจราจร
3. สามารถประเมินความสามารถของการรับสัญญาณได้ของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสขณะรถแล่นบนถนนสายหลักในพื้นที่กรุงเทพมหานคร
4. ทราบช่วงถนนหรือบริเวณที่รถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทที่ใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสสามารถตรวจตราเหตุการณ์ที่ทำให้การจราจรติดขัดได้
5. ทราบลักษณะข้อมูลสภาวะการจราจรที่ได้รับจากรถตรวจวัดค่าการจราจรรวมทั้งได้รับข้อมูลสถิติเวลาการเดินทางและความเร็วเฉลี่ยของการแล่นของรถแท็กซี่บนถนนสายหลักในกรุงเทพมหานคร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ความรู้ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความนำ

ในบทนี้ประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลักทั้งหมด 5 ส่วนอันได้แก่ เวลาการเดินทาง รถตรวจวัดค่าการจราจร การระบุตำแหน่งรถที่ได้รับเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสลงบนแผนที่โครงข่ายถนน ความรู้พื้นฐานของการเดินทางด้วยรถแท็กซี่ จำนวนรถตรวจวัดค่าการจราจรที่เพียงพอต่อการเก็บข้อมูลในโครงข่ายถนน และความสามารถในการรับสัญญาณได้ของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส แต่ละส่วนประกอบมีความสำคัญดังนี้

1. เวลาการเดินทาง

เวลาการเดินทางอธิบายวิธีการเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางในแต่ละประเภท และ อธิบายสาเหตุที่เลือกใช้รถตรวจวัดค่าการจราจรในการเก็บข้อมูลเวลาการเดินทาง

2. รถตรวจวัดค่าการจราจร

ส่วนประกอบนี้ทำให้ทราบนิยามของระบบรถตรวจวัดค่าการจราจรการนำมาใช้ประโยชน์ ข้อดีข้อเสีย และประเภทของระบบรถตรวจวัดค่าการจราจรซึ่งหนึ่งในนั้นคือประเภทที่ใช้ระบบจีพีเอส รวมทั้งแสดงข้อดีข้อเสียของรถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทที่ใช้ระบบจีพีเอส และยกตัวอย่างการนำมาใช้งานจริงและงานวิจัยเพื่อทดสอบการนำมาใช้งานจริง

3. การระบุตำแหน่งรถที่ได้รับเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสลงบนแผนที่โครงข่ายถนน

เนื่องจากข้อมูลตำแหน่งที่ได้รับจากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสมีความคลาดเคลื่อนและแผนที่ถนนไม่ละเอียดพอ ดังนั้นจึงต้องมีการระบุตำแหน่งรถที่ได้รับลงบนแผนที่โครงข่ายถนน

4. ความรู้พื้นฐานของการเดินทางด้วยรถแท็กซี่

การให้บริการของคนขับรถแท็กซี่เป็นการให้บริการแบบกึ่งมวลชน(Paratransit) ลักษณะการให้บริการของคนขับรถแท็กซี่ ลักษณะของผู้โดยสารและจุดประสงค์ของการเดินทางของคนเมื่อเลือกใช้บริการ ตัวอย่างเช่น คนที่อาศัยในประเทศสหรัฐอเมริกา รวมทั้งลักษณะทั่วไปของคนขับรถแท็กซี่ในกรุงเทพมหานคร

5. จำนวนรถตรวจวัดค่าการจราจรที่เพียงพอต่อการเก็บข้อมูลในโครงข่ายถนน

เนื่องจากรถเพียงหนึ่งคันไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ทุกช่วงถนนในพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงต้องคำนวณหาจำนวนรถที่เพียงพอต่อการเก็บข้อมูลทุกช่วงถนนในพื้นที่ที่สนใจ

6. ความสามารถในการรับสัญญาณได้ของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

หากนำเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสมาเก็บข้อมูลในเขตเมืองอาจพบว่าในบางบริเวณไม่สามารถแสดงตำแหน่งรถได้หรือตำแหน่งที่ได้รับมีความคลาดเคลื่อนมาก ดังนั้นควรมีการศึกษาหาความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอสในแต่ละบริเวณ

2.2 เวลาการเดินทาง

เวลาการเดินทาง (Travel time) คือ เวลาที่รถแล่นผ่านช่วงถนน ซึ่งมีค่าเท่ากับผลต่างระหว่างเวลาที่รถแล่นผ่านจุดเริ่มต้นของช่วงถนนกับเวลาที่รถแล่นผ่านจุดปลายของช่วงถนน เวลาการเดินทางและความล่าช้าสามารถนำไปใช้ในงานวางแผน งานวิเคราะห์ รวมทั้ง งานจัดการระบบจราจรและการเดินทางบนทางหลวง ในปัจจุบันมีการนำข้อมูลเวลาการเดินทางและความล่าช้ามาประยุกต์มาก อันได้แก่

1. ประเมินประสิทธิภาพการให้บริการของเส้นทางเดินทางเมื่อเปรียบเทียบกับความสามารถในการรองรับการจราจรของช่วงถนน (Capacity analysis) ด้วยค่าดัชนีสภาพการติดขัดของการจราจร (Congestion index)
2. เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ความจุของถนนหรือความสามารถในการรองรับการจราจรของช่วงถนน
3. ระบุตำแหน่งที่มีปัญหาหรือรบกวนการจราจรด้วยความล่าช้า
4. ประเมินการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการพัฒนาและการปรับปรุงระบบการจัดการจราจร
5. เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การวางแผนการขนส่ง (Transportation planning) แบบจำลองการเลือกเส้นทางเดินทาง (Trip assignment model) และแบบจำลองการเปลี่ยนเส้นทางเดินทาง (Route-diversion model)
6. เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เพื่อประเมินทางเลือกของโครงการ
7. สร้างแผนที่แสดงเส้นระดับชั้นเวลาการเดินทาง (Travel-time contour map)

2.2.1 วิธีการเก็บข้อมูลเวลาการเดินทาง

การเก็บข้อมูลการเดินทางสามารถทำได้ 8 วิธี ได้แก่ ผู้สังเกตเคลื่อนที่ การบันทึกแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ การติดตามระยะไกล (Remote tracking) รถตรวจวัดค่าการจราจร การประมาณนอกเขต (Extrapolation method) การตรวจหาสัญญาณจากรถที่ตรงกัน (Vehicle signature matching) การตรวจหาสัญญาณจากกลุ่มรถที่ตรงกัน (Platoon matching) และการสำรวจจากภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial survey)

วิธีผู้สังเกตเคลื่อนที่ การบันทึกแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ การติดตามระยะไกล และ รถตรวจวัดค่าการจราจรจะเก็บข้อมูลเวลาที่รถแล่นผ่านจุดเริ่มต้นและจุดปลายของช่วงถนน ส่วนวิธีการประมาณนอกเขต การตรวจหาสัญญาณจากรถที่ตรงกัน และ การตรวจหาสัญญาณจากกลุ่มรถที่ตรงกัน จะเก็บข้อมูลที่รับจากอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูล (Detector) ในขณะที่รถแล่นผ่านแล้ว นำข้อมูลดังกล่าวไปประมวลผลเพื่อประมาณหรือเก็บรวบรวมเวลาการเดินทาง การสำรวจจากภาพ ถ่ายทางอากาศจะเก็บรวบรวมเวลาการเดินทางโดยนำภาพถ่ายทางอากาศมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาภาพรถที่เหมือนกัน (Image matching) และสอดคล้องกันแล้วจึงคิดเวลาการเดินทางที่ได้จากรถ

2.2.1.1 ผู้สังเกตเคลื่อนที่

วิธีนี้ผู้สำรวจจะขับรถไปตามเส้นทางที่ต้องการเพื่อบันทึกข้อมูลเวลาขณะผ่านจุดต่างๆ บนเส้นทางที่กำหนดไว้ ข้อดีประการหนึ่งของวิธีนี้คือสามารถระบุตำแหน่งบนถนนที่ทำให้จราจรติดขัดหรือรบกวนกระแสจราจรและสาเหตุที่เกิดขึ้นได้ ในกรณีที่เก็บข้อมูลเพียงครั้งเดียวจะได้รับข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการขับรถในกระแสจราจรของผู้ขับขี่แต่ละคนอาจมีลักษณะที่แตกต่างกัน วิธีหนึ่งที่สามารถแก้ไขได้คือการเก็บข้อมูลการเดินทางอย่างน้อย 15 ครั้งในหนึ่งช่วงสายทางซึ่งจะต้องเปลี่ยนคนขับรถทุกครั้งที่ได้รับข้อมูลเพื่อให้พฤติกรรมขับรถที่หลากหลาย อย่างไรก็ตามการเก็บข้อมูลดังกล่าวทำได้ยากในทางปฏิบัติ วิธีลดความคลาดเคลื่อนอื่นๆ ที่สามารถทำได้ ได้แก่

- 1 Floating Car วิธีนี้ผู้สำรวจจะทำการขับรถโดยจะต้องแข่งรถคันอื่นให้เท่ากับจำนวนรถที่แข่งรถที่ทำการสำรวจไป
- 2 Average Car วิธีนี้จะคล้ายกับวิธีแรกแต่ผู้สำรวจไม่จำเป็นต้องขับรถแข่งรถคันอื่น ให้เท่ากับจำนวนรถที่แข่งรถที่ทำการสำรวจทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้สำรวจเองเพราะหากรถที่แข่งผ่านไปนั้นมีความเร็วสูงมาก การที่ผู้สำรวจจะแข่งรถคันดังกล่าวอาจเกิดอันตรายขึ้นได้ อย่างไรก็ตามคนขับต้องพยายามขับรถให้มีความเร็วเท่ากับความเร็วของรถส่วนใหญ่ที่แล่นในกระแสจราจร

สิ่งหนึ่งที่ควรระวังในการเก็บข้อมูลคือต้องพิจารณาว่ารถที่ถูกแข่งเป็นรถที่วิ่งในกระแสจราจรที่กำลังเก็บข้อมูลหรือหยุดรถในแถวคอยเพื่อวิ่งออกจากเส้นทางที่กำลังเก็บข้อมูล

อุปกรณ์หรือลักษณะการเก็บข้อมูลมี 3 ประเภท อันได้แก่

- 1 การบันทึกด้วยมือ (Manual) ผู้โดยสารจดบันทึกเวลาที่รถแล่นผ่านจุดต่างๆที่กำหนดไว้ อุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลได้แก่ นาฬิกาจับเวลาและตารางบันทึกข้อมูล ข้อผิดพลาดที่มักเกิดขึ้นคือตำแหน่งที่จดทะเบียนไม่ใช่ตำแหน่งที่รถแล่นผ่าน และความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับขึ้นอยู่กับทักษะความชำนาญของคนบันทึกข้อมูล

- 2 อุปกรณ์วัดระยะทางการเคลื่อนที่จากรถ (Distance Measuring Instrument: DMI) อุปกรณ์ประเภทนี้จะเก็บสัญญาณรูปคลื่น (Pulse signal) จากอุปกรณ์ส่งสัญญาณ (Transmission) ของรถเป็นผลให้สามารถคำนวณระยะทางและความเร็วการเคลื่อนที่ได้ หลังจากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อเก็บข้อมูล สิ่งหนึ่งที่ควรระวังคือ ความดันของลมในยางต้องคงที่ตลอด เนื่องจากขนาดยางและความดันลมในยางมีผลต่อ ค่าความเร็วและระยะทางที่ได้รับ
- 3 เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส (GPS receiver) เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับจากระบบจีพีเอสคือ ตำแหน่งดังนั้นจึงสามารถหาเวลาที่รถแล่นผ่านจุดต่างๆ ได้ สิ่งหนึ่งที่ควรระวังคือใน บริเวณที่มีตึกอาคารสูงสัญญาณจีพีเอสอาจจะถูกบดบังจนไม่สามารถหาตำแหน่งของรถ และเวลาที่รถแล่นผ่านจุดต่างๆ ได้

2.2.1.2 การบันทึกแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์

วิธีนี้ทำโดยการตั้งจุดสำรวจ 2 จุด ในแต่ละจุดผู้สำรวจจะจดบันทึกทะเบียนรถ และเวลาที่รถแล่นผ่าน หลังจากเก็บข้อมูลเสร็จจึงนำข้อมูลจากจุดสำรวจทั้ง 2 มาพิจารณาว่ามี เลขทะเบียนหมายเลขใดที่ซ้ำกันบ้าง เมื่อพบทะเบียนที่มีหมายเลขซ้ำกันแล้วจะทราบเวลาที่ รถคันดังกล่าวแล่นผ่านจุดทั้งสอง และคำนวณหาเวลาการเดินทางได้ อุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลมี 3 ชนิด ได้แก่

- 1 นาฬิกาและตารางบันทึกข้อมูล ในกรณีที่บันทึกข้อมูลทั้งหมดของทะเบียนรถนั้นคนเก็บ ข้อมูลหนึ่งคนสามารถจดบันทึกได้ประมาณ 300 คันต่อชั่วโมง หากบันทึกเพียงเลข 3 ตัวสุดท้ายของเลขทะเบียนรถ (Partial record) แล้วคนเก็บข้อมูลหนึ่งคนสามารถจด บันทึกได้ประมาณ 400 คันต่อชั่วโมง อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมักนำเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ พกพามาใช้บันทึกข้อมูล สาเหตุที่นำมาใช้เนื่องจากไม่จำเป็นต้องถอดข้อมูลลงในเครื่อง คอมพิวเตอร์อีกครั้งซึ่งต่างกับการใช้นาฬิกาและตารางบันทึกข้อมูล ในขณะที่เก็บข้อมูล บันทึกเพียงเลขทะเบียนรถเท่านั้น เมื่อบันทึกเลขทะเบียนรถแล้วโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะบันทึกเวลาเอง มีการประดิษฐ์แป้นพิมพ์ใหม่ให้มีขนาดเล็กจนสามารถใช้มือถือไว้ได้ โดยแป้นพิมพ์ดังกล่าวจะมีสายพ่วงกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ความเร็วสูงสุดที่สามารถ บันทึกข้อมูลได้ประมาณ 400 คันต่อชั่วโมง
- 2 เทปบันทึกเสียง ในกรณีที่พูดเวลาและเลขทะเบียนรถเพียงเลข 3 ตัวสุดท้ายนั้นคนเก็บ ข้อมูล 1 คนสามารถบันทึกได้ทั้งหมด 500 คันต่อชั่วโมง ข้อมูลในม้วนเทปจะถูกนำเข้าไป ในเครื่องคอมพิวเตอร์โดยตรงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ต่อมามีการพัฒนาโปรแกรม ทำให้คนบันทึกข้อมูลพูดเพียงเวลาที่เริ่มบันทึกเทป เวลาที่หยุดบันทึกเทป และเลข 3 ตัว สุดท้ายของทะเบียนรถ โดยไม่ต้องพูดเวลาที่รถแต่ละคันผ่าน เนื่องจากโปรแกรมสามารถ

คำนวณเวลาที่รถแล่นผ่านจากเวลาที่ไดยินเสียงบันทึกทะเบียนรถแต่ละคันได้ เป็นผลให้ความเร็วในการบันทึกข้อมูลต่อคนเท่ากับ 800 คันต่อชั่วโมง

- 3 กล้องถ่ายวิดีโอ ข้อจำกัดหนึ่งของอุปกรณ์ประเภทนี้คือสถานที่ติดตั้งกล้องเนื่องจากในเขตเมืองหาสถานที่ติดตั้งกล้องยาก การถอดข้อมูลมี 2 วิธีคือการถอดข้อมูลด้วยคนและการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ข้อมูลที่ได้รับจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความถูกต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 90 – 95

สิ่งที่ควรระวังในการเก็บข้อมูลด้วยวิธีนี้คือปริมาณข้อมูลที่ได้จะขึ้นอยู่กับจำนวนรถที่แล่นผ่านทั้งสองจุดเปรียบเทียบกับจำนวนรถที่แล่นผ่านเพียงจุดใดจุดหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นจุดเริ่มต้นช่วงถนนหรือจุดปลายของช่วงถนน

2.2.1.3 การติดตามระยะไกล

วิธีนี้เป็นการสังเกตจากจุดที่สามารถมองเห็นจุดเริ่มต้นและจุดปลายของช่วงถนน เวลาการเดินทางเก็บด้วยนาฬิกาจับเวลาหรือการบันทึกภาพด้วยกล้องวิดีโอ ถึงแม้ว่าค่าใช้จ่ายสำหรับการถอดข้อมูลจากภาพที่บันทึกจากม้วนวิดีโอเพื่อใช้ประโยชน์ค่อนข้างสูงแต่เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วจะพบว่าสิ่งที่ได้รับนั้นคุ้มค่าเนื่องจากได้รับข้อมูลจากรถทุกคันที่แล่นผ่านอันทำให้ข้อมูลไม่ผิดพลาดและถ้าสามารถบันทึกภาพได้ตลอดช่วงถนนก็สามารถเก็บสภาพจราจรหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น แถวคอย เป็นต้น สิ่งที่พึงระวังในการเก็บข้อมูลด้วยวิธีนี้คือช่วงถนนที่เหมาะสมกับการเก็บข้อมูลควรมีความยาวไม่เกิน 0.5 ไมล์ (Robertson Hummer และ Nelson, 1994: 67)

2.2.1.4 รถตรวจวัดค่าการจราจร

รถตรวจวัดค่าการจราจรเกิดจากการนำระบบขนส่งอัจฉริยะมาประยุกต์ใช้เพื่อเก็บข้อมูลแบบทันที ลักษณะการเก็บข้อมูลคล้ายกับวิธีผู้สังเกตเคลื่อนที่เพราะจะต้องขับรถเข้าไปในกระแสจราจรเพื่อเก็บข้อมูล อย่างไรก็ตามจุดประสงค์ของการขับรถจะแตกต่างกัน กล่าวคือวิธีผู้สังเกตเคลื่อนที่เป็นการขับรถเพื่อเก็บข้อมูลโดยตรงในขณะที่วิธีนี้เป็นการขับรถเพื่อเดินทางไปประกอบกิจกรรมต่างๆในแต่ละวันและข้อมูลจราจรเป็นผลพลอยได้จากการเก็บข้อมูลด้วยอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในรถโดยอัตโนมัติ

รถตรวจวัดค่าการจราจรไม่เพียงแต่สามารถเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางแบบทันทีได้แล้ว ข้อมูลสถานะการจราจรที่ได้ยังสามารถนำไปเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับระบบตรวจตราและควบคุมระบบจราจรแบบทันที ระบบตรวจตราเหตุการณ์ต่างๆ ที่ทำให้การจราจรคับคั่งแบบทันที และระบบแนะนำเส้นทาง อุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลมี 5 ชนิดได้แก่ ป้ายส่งสัญญาณข้างถนน (Signpost) อุปกรณ์ระบุลักษณะประจำรถอัตโนมัติ (Automatic Vehicle Identification: AVI) อุปกรณ์คลื่นวิทยุแนะนำเส้นทาง (Ground-based radio navigation) อุปกรณ์กำหนดตำแหน่งรถ

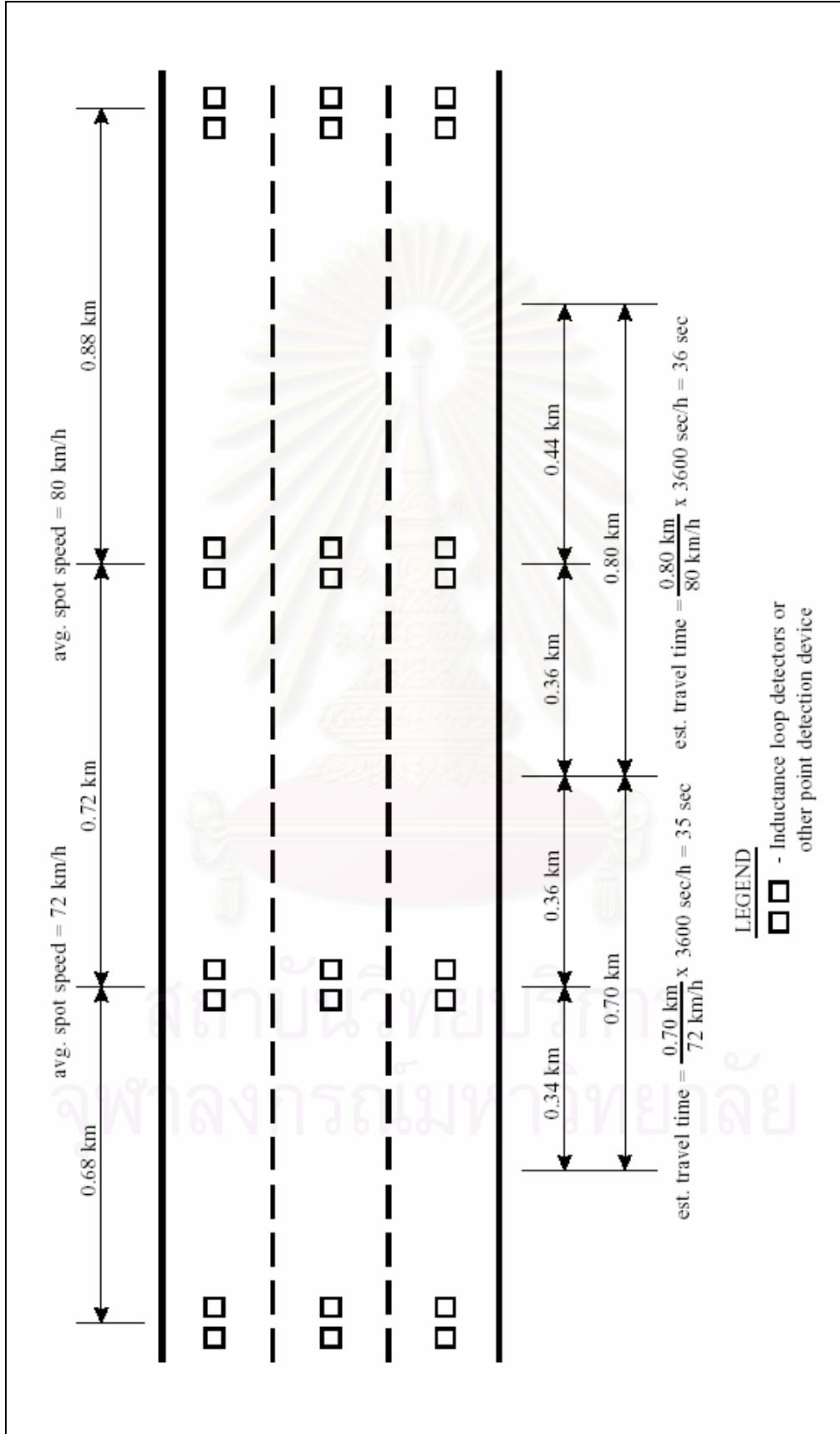
ด้วยคลื่นโทรศัพท์ (Cellular geolocation) และ เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ข้อควรระวังประการหนึ่งที่ต้องพิจารณาคือหากนำระบบนี้มาใช้คือรถตรวจวัดค่าการจราจรจะต้องมีจำนวนมากเพียงพอเพื่อให้สามารถแล่นได้ครอบคลุมพื้นที่ในช่วงเวลาที่ต้องการได้และข้อมูลเวลาการเดินทางที่ได้รับสามารถเป็นตัวแทนของเวลาการเดินทางของรถทั้งหมดได้ ในการเลือกวิธีติดตั้งอุปกรณ์ควรเลือกรถที่คนขับมีพฤติกรรมขับขี่ที่คล้ายกับคนขับรถส่วนมากและระยะทางแล่นต่อวันสูง

2.2.1.5 การประมาณนอกเขต

สมมติฐานที่ใช้สำหรับวิธีนี้คือรถแล่นด้วยความเร็วคงที่ในช่วงถนนที่สั้น ความเร็วที่ใช้คือ ความเร็วเฉพาะจุด (Spot speed) ซึ่งวัดที่จุดกึ่งกลางของช่วงถนน เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับมีความถูกต้องน้อยดังนั้นจึงนิยมใช้ข้อมูลเพื่อคาดการณ์ความต้องการในการเดินทางและตรวจตราระบบจราจร อุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลมีหลายชนิด อันได้แก่

- 1 inductance loop detector
- 2 piezoelectric sensor
- 3 active and passive infrared sensor
- 4 magnetic sensor
- 5 video tracking and tripline system
- 6 doppler microwave
- 7 passive acoustic sensor
- 8 pulse ultrasonic detector

อุปกรณ์ที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ เครื่องตรวจวัดด้วยลวดเหนี่ยวนำ (Inductance loop detector) วิธีติดตั้งอุปกรณ์เพื่อให้ได้รับความเร็ว ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง ที่ถูกต้องที่สุดคือการวางอุปกรณ์ไว้ใกล้กัน 2 ตัว อุปกรณ์ที่วางไว้ใกล้กัน 2 ตัวเพื่อวัดความเร็วเรียกว่า อุปกรณ์วัดความเร็วแบบวง (Loop trap) Woods Cronin และ Hamm (1994) ค้นพบว่า ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ทั้ง 2 ตัว (Trap length) ควรเท่ากับ 9 เมตร และความผิดพลาดของความเร็วที่ได้รับไม่เกิน 2.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นักวิจัยจากโครงการ PATH ของมหาวิทยาลัย Berkeley (2003) พบว่า หากติดตั้งอุปกรณ์ให้อยู่ในระยะดังกล่าวไม่ได้แล้วระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ทั้ง 2 ตัวควรมีค่าประมาณ 2 – 20 เมตร ความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของเส้นทาง ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ทั้ง 2 ตัว สภาพการจราจร และความถูกต้องของเครื่องมือ วิธีนี้เหมาะสำหรับการเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางบนทางด่วนแต่ไม่เหมาะกับถนนที่มีสภาพการจราจรที่ติดขัดและถนนที่มีสัญญาณไฟจราจรที่ทางแยกอื่นทำให้สภาพการเคลื่อนตัวที่จุดใดจุดหนึ่งบนถนนมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ระยะห่างระหว่างจุดที่วัดความเร็วที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 400 ถึง 800 เมตร



รูปที่ 2.1 การเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางด้วยวิธีการประมาณนอกเขต

ที่มา: Travel Time Data Collection Handbook ; 1998

รูปที่ 2.1 แสดงการคำนวณเวลาการเดินทางด้วยวิธีการประมาณนอกเขตซึ่งเริ่มจากการวัดความเร็วเฉพาะจุดด้วยอุปกรณ์วัดความเร็วแบบวง หลังจากจะประมาณเวลาการเดินทางโดยใช้สมมติฐานว่าในบริเวณรอบๆ อุปกรณ์วัดความเร็วแบบวง รถจะแล่นด้วยความเร็วคงที่ที่เท่ากับความเร็วที่วัดได้ อุปกรณ์วัดความเร็วแบบวง แล้วจึงคำนวณเวลาการเดินทาง

2.2.1.6 การตรวจหาสัญญาณจากรถที่ตรงกัน

หลักการของวิธีนี้คือการตรวจจับสัญญาณ (Signature) ขณะที่รถแล่นผ่านอุปกรณ์เก็บข้อมูล สัญญาณที่ได้รับจากรถแต่ละคันจะมีความแตกต่างกัน (Unique vehicle feature) เมื่ออุปกรณ์เก็บข้อมูลที่วางต่อเนืองกันมีข้อมูลสัญญาณที่เหมือนกันแล้วทำให้ทราบว่ามีรถคันเดียวกันแล่นผ่านอุปกรณ์เก็บข้อมูลและสามารถเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางของรถคันนั้นได้ ในปัจจุบันมีงานวิจัยเพื่อพัฒนาวิธีการเก็บข้อมูลด้วยวิธีนี้เป็นจำนวนมาก เมื่อเปรียบเทียบกับรถตรวจวัดค่าการจราจรแล้วพบว่าวิธีนี้สามารถพัฒนาเพื่อนำไปใช้งานได้จริงและมีความเป็นไปได้มากกว่า เนื่องจากวิธีการนี้ประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์เก็บข้อมูลที่ได้ติดตั้งบนถนนแล้ว ตัวอย่าง เช่น เครื่องตรวจวัดด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ เป็นต้น ในขณะที่รถตรวจวัดค่าการจราจรมีค่าลงทุนสูงและต้องมีความต้องการใช้งานที่มากกว่าในปัจจุบัน อุปกรณ์เก็บข้อมูลที่มีการนำมาศึกษาและวิจัยได้แก่

2.2.1.6.1 เครื่องตรวจวัดด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ

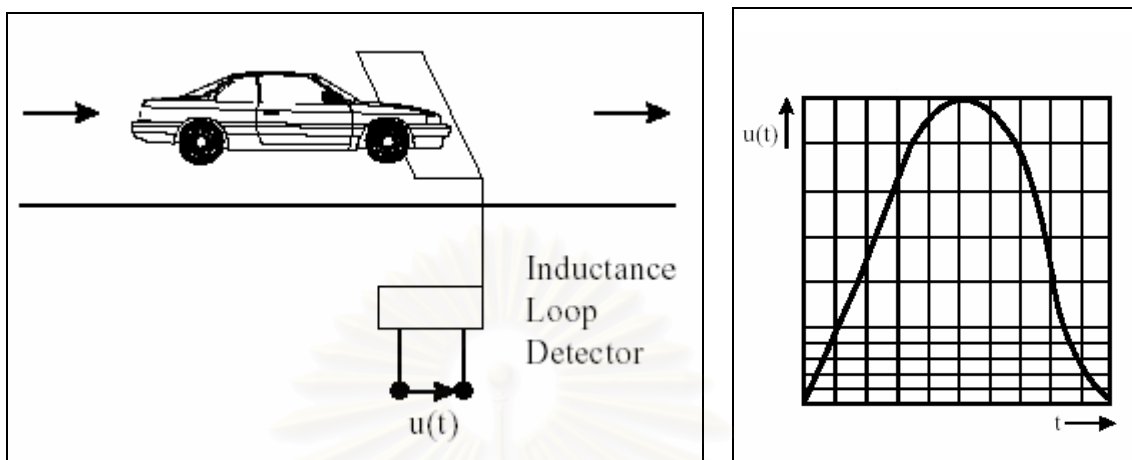
Khüne และ คนอื่นๆ (1995) ได้ทำการศึกษาเพื่อตรวจจับสัญญาณที่ได้รับจากอุปกรณ์เก็บข้อมูล พบว่ารถประเภทต่างกันให้ลักษณะของสัญญาณที่แตกต่างกัน ตัวอย่างของสัญญาณที่ตรวจจับในขณะที่รถแล่นผ่านอุปกรณ์เก็บข้อมูล แสดงในรูปที่ 2.2 การตรวจจับสัญญาณทำได้โดยการหาสหสัมพันธ์ (Correlation)

จากรูปที่ 2.3 เป็นผลที่ได้จากการหาความสอดคล้องของสัญญาณที่ได้รับจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลที่ติดตั้งอยู่ใกล้กันมากที่สุด พบว่ามีรถที่แล่นผ่านอุปกรณ์เก็บข้อมูลที่ติดตั้งอยู่ใกล้กันจำนวน 11 คัน ซึ่งแต่ละคันจะมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 120 จำนวนรถที่ตรวจจับและเก็บข้อมูลได้มีประมาณร้อยละ 10 ของรถทั้งหมดที่แล่นผ่าน อย่างไรก็ตามยังไม่มีการทดสอบเพื่อหาความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับในขณะที่น่าไปใช้งานจริง

2.2.1.6.2 เครื่องตรวจวัดด้วยเลเซอร์ (Laser sensor)

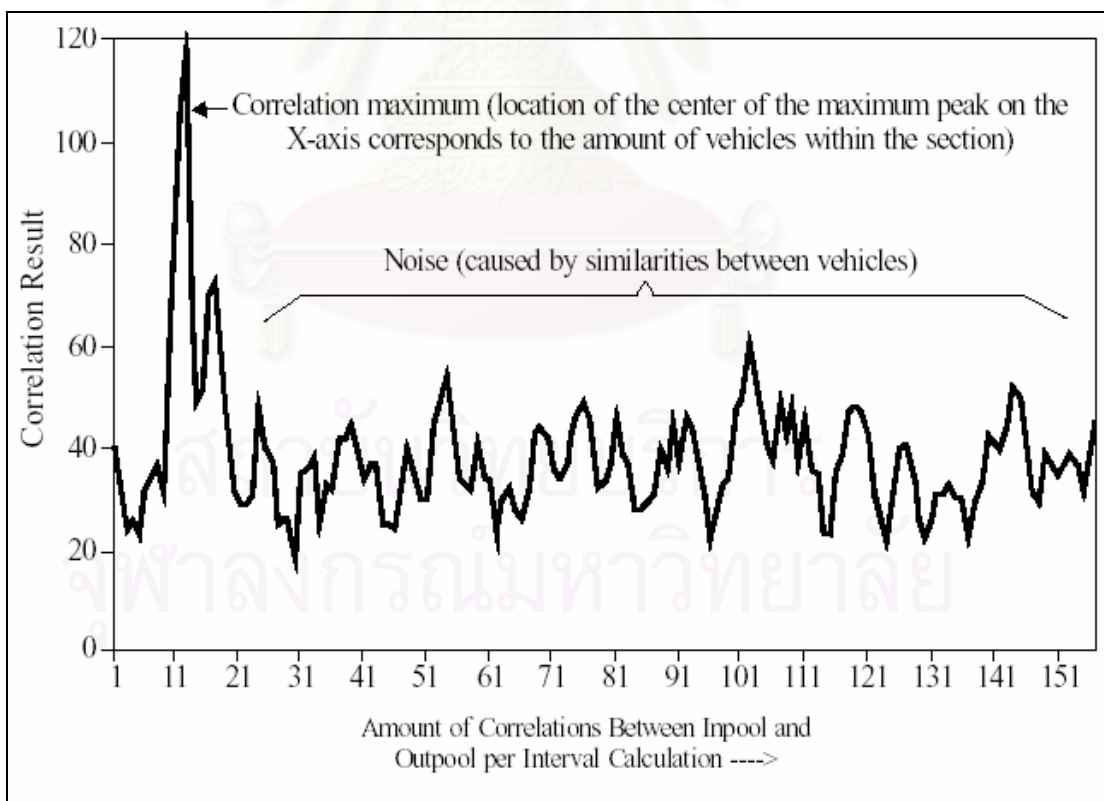
วิธีการนี้เริ่มจากการยิงแสงเลเซอร์ 2 เส้นที่ขนานกันออกไป ลำแสงทั้ง 2 เส้นอยู่ใกล้กันมาก เมื่อรถแล่นผ่านจะสามารถตรวจสอบรูปร่างภายนอกของรถในลักษณะของรถในลักษณะสามมิติและความเร็วที่รถแล่นผ่านได้ การตรวจจับรถด้วยโครงสร้างภายนอกของรถสามารถแยกแยะความแตกต่างของรถที่ไม่เหมือนกันแต่มีลักษณะคล้ายกันได้ Kreeger และ

McConnell (1996) ได้ทำการทดสอบความถูกต้องของการเก็บข้อมูลที่รัฐฟลอริดาพบว่าอุปกรณ์ตรวจหาข้อมูลได้ถูกต้อง 4987 คันจากรถทั้งหมด 5000 คัน คิดเป็น 99.7 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงของสัญญาณที่ได้จากเครื่องตรวจวัดด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ (Characteristic detuning curve)

ที่มา: Travel Time Data Collection Handbook ; 1998



รูปที่ 2.3 ผลของการหาความสอดคล้องของสัญญาณที่ได้รับจากเครื่องตรวจวัดด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ

ที่มา: Travel Time Data Collection Handbook ; 1998

2.2.1.6.3 เครื่องตรวจวัดน้ำหนักขณะเคลื่อนที่ (Weigh – in – Motion sensor: WIM sensor)

วิธีการนี้มีลักษณะการเก็บข้อมูลคล้ายกับเครื่องตรวจวัดด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ ข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์คือระยะห่างระหว่างเพลลาของรถและน้ำหนักของล้อรถ ในปัจจุบันมีการนำอุปกรณ์ประเภทนี้มาใช้เก็บข้อมูลจราจรในประเทศนอร์เวย์ อาทิเช่น ปริมาณจราจร แกวคอย ปริมาณรถที่แล่นผ่านแต่ละช่องทางจราจร องค์การ Norway Public Roads Administration (NPRA) ศึกษาเพื่อนำอุปกรณ์นี้มาใช้งานจริงโดยตรวจหาเฉพาะเวลาการเดินทางที่ได้จากรถที่มีลักษณะข้อมูลที่แตกต่างไปจากรถส่วนใหญ่ที่แล่นผ่านอันได้แก่ รถขนาดใหญ่ เช่น รถบรรทุก เป็นต้น รถที่ไม่เลือกเก็บข้อมูลคือรถส่วนบุคคลเนื่องจากในประเทศนอร์เวย์เวลาการเดินทางเก็บรวบรวมด้วยอุปกรณ์ระบุตำแหน่งรถอัตโนมัติ ดังนั้นจึงทดสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยอุปกรณ์ระบุตำแหน่งรถอัตโนมัติซึ่งมีความถูกต้องสูง ผลการทดสอบพบว่าข้อมูลที่ได้รับมีความใกล้เคียงกันทุกสภาพการจราจร

2.2.1.6.4 กล้องวิดีโอ (Video camera)

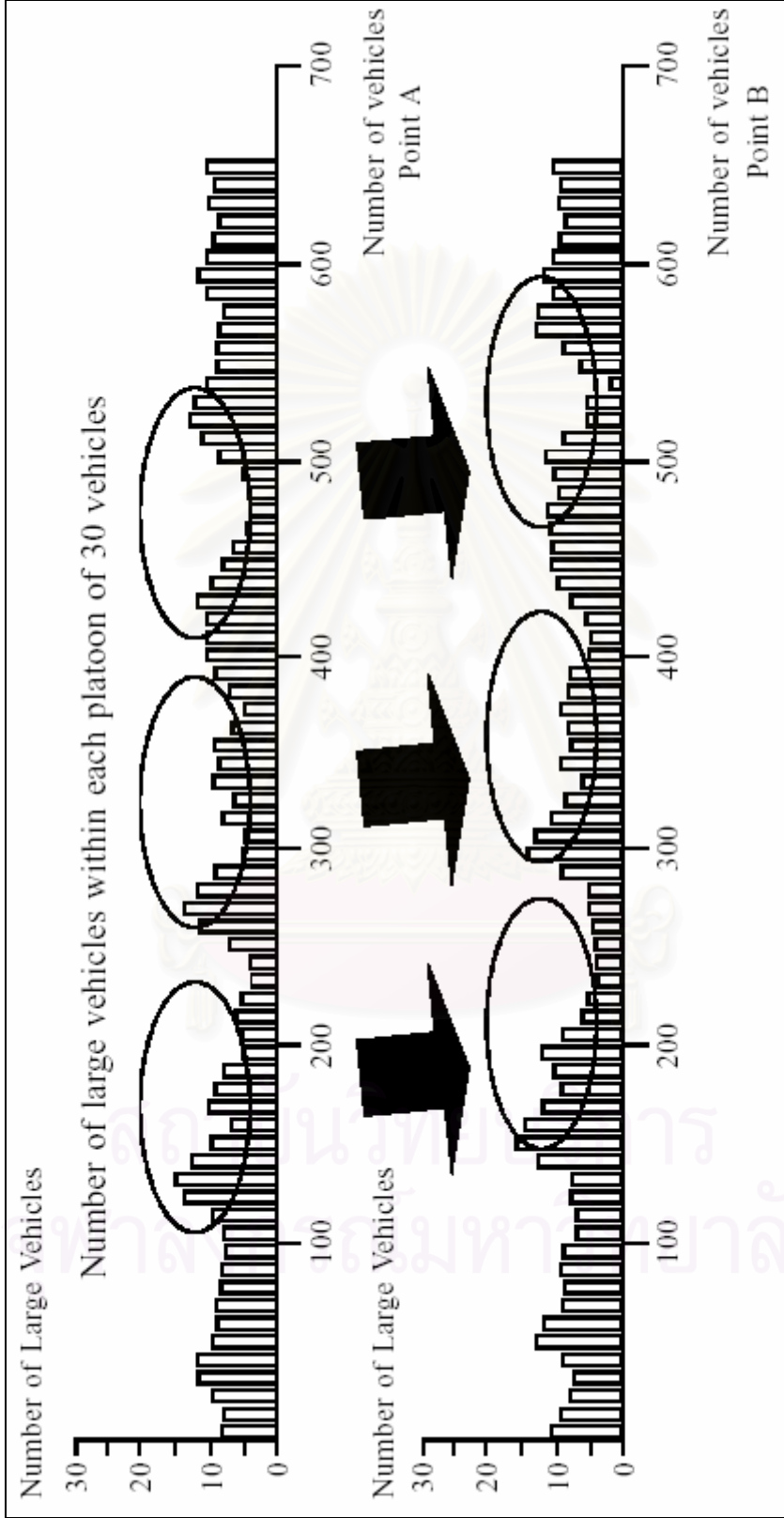
โดยส่วนมากจะใช้กล้องวิดีโอเพื่อตรวจตราสภาพการจราจร ปริมาณการจราจร ความเร็ว ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง อย่างไรก็ตามมีการวิจัยเพื่อนำภาพวิดีโอที่ได้ไปเพื่อคำนวณหาเวลาการเดินทางโดยใช้ความแตกต่างของสีรถในแต่ละคันแล้วหาข้อมูลที่ตรงกันของกล้องวิดีโอที่อยู่ติดกัน ขั้นตอนการถอดข้อมูลเริ่มจาก

1. ตรวจหาวัตถุที่มีการเคลื่อนตัวในภาพวิดีโอ
2. แบ่งวัตถุที่มีการเคลื่อนตัวออกเป็นส่วนๆ ตามสีของวัตถุ ส่วนหนึ่งจะมีเพียงสีเดียวเท่านั้น
3. ตัดวัตถุออกจากกันตามที่ทำการแบ่งไว้
4. ตรวจสอบข้อมูลจากภาพวิดีโอในกล้องที่อยู่ติดกันว่ามีภาพเหมือนกันหรือไม่ ถ้ามีภาพเหมือนกันแล้วจะสามารถคำนวณหาเวลาการเดินทางได้

จากงานวิจัยพบว่า สามารถแยกภาพของรถคันเดียวออกเป็นหลายส่วน เช่น หลังคา ฝากระโปรงหน้ารถ ฝากระโปรงหลังรถ เป็นต้น ปัญหาที่ได้รับความสนใจมากคือการถอดข้อมูลในกรณีที่ภาพวิดีโอบันทึกที่รถที่แล่นในหลายช่องทางจราจรหรือในสภาพการจราจรที่ติดขัด Massachusetts Institute of Technology และ Northeastern University ได้นำวิธีการนี้ไปใช้งานจริง

2.2.1.7 การตรวจหาสัญญาณจากกลุ่มรถที่ตรงกัน

ลักษณะการเก็บข้อมูลคล้ายกับการตรวจหาสัญญาณจากรถที่ตรงกันแต่วิธีทั้งสองก็มีความแตกต่างกัน วิธีการตรวจหาสัญญาณจากกลุ่มรถที่ตรงกันใช้ข้อมูลของกลุ่มรถที่แล่นผ่านเพื่อหาเวลาการเดินทางแต่วิธีการตรวจหาสัญญาณจากรถที่ตรงกันใช้ข้อมูลจากรถเพียง



รูปที่ 2.4 การเก็บเวลาการเดินทางด้วยวิธีการตรวจหาสัญญาณจากกลุ่มรถที่ตรงกัน

ที่มา: Travel Time Data Collection Handbook ; 1998

1 คันเพื่อหาเวลาการเดินทาง Yokota และคนอื่นๆ (1996) พัฒนาระบบการคำนวณด้วยการตรวจหาสัญญาณจากกลุ่มรถที่ตรงกันซึ่งเริ่มจากการกำหนดให้รถ 1 กลุ่มมีจำนวน 30 คันแล้วหาจำนวนรถขนาดใหญ่ที่แล่นอยู่ในกลุ่มรถ หลังจากนั้นจึงหาข้อมูลสัดส่วนของจำนวนรถขนาดใหญ่ในแต่ละกลุ่มรถ หากพบว่าข้อมูลสัดส่วนของจำนวนรถขนาดใหญ่ที่เก็บได้จากอุปกรณ์เก็บข้อมูลที่ติดตั้งใกล้กันมีค่าเท่ากันแล้วจะสามารถคำนวณเวลาการเดินทางได้

รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างการหาเวลาการเดินทางด้วยวิธีการตรวจหาสัญญาณจากกลุ่มรถที่ตรงกัน อุปกรณ์เก็บข้อมูลได้แก่ อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนถนนที่จุด A และ B ข้อมูลแกนตั้งของกราฟในรูปแสดงจำนวนของรถขนาดใหญ่ในแต่ละกลุ่มรถ ขนาดของกลุ่มรถเท่ากับ 30 คัน ข้อมูลแกนนอนของกราฟในรูปคือเวลา จากกราฟทั้งสองจะพบว่ามีส่วนของข้อมูลเหมือนกัน 3 ส่วนเป็นผลให้สามารถหาเวลาการเดินทางจากส่วนของข้อมูลแต่ละส่วนที่มีข้อมูลเหมือนกันได้

ในสภาพการจราจรที่รถเลือกความเร็วได้อย่างอิสระ (Free flow) พบว่าข้อมูลมีความผิดพลาดมากที่สุด 10 เปอร์เซ็นต์ และในสภาพการจราจรติดขัดพบว่าข้อมูลมีความผิดพลาดมากที่สุด 5 เปอร์เซ็นต์ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบความถูกต้องคืออุปกรณ์ระบุตำแหน่งรถอัตโนมัติ ความผิดพลาดในสภาพการจราจรที่รถเลือกความเร็วได้อย่างอิสระมากกว่าเนื่องจากในสภาพการจราจรที่รถเลือกความเร็วได้อย่างอิสระนั้นคนขับรถสามารถควบคุมรถได้มากกว่า อาทิเช่น สามารถแซงรถคันอื่นได้ง่ายกว่า เป็นต้น

2.2.1.8 การสำรวจจากภาพถ่ายทางอากาศ

ในปัจจุบันมีการนำวิธีนี้ไปใช้งานจริงและทดสอบเพื่อวัดปริมาณจราจรและข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง การเก็บข้อมูลด้วยวิธีนี้ทำโดยการถ่ายภาพทางอากาศ ยานพาหนะที่ใช้มีหลายประเภท เช่น เฮลิคอปเตอร์ บอลลูน ดาวเทียม เป็นต้น การเก็บรวบรวมข้อมูลทำโดยนำภาพถ่ายมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาภาพรถที่เหมือนกันและความสอดคล้องกัน ในช่วงเวลาที่ผ่านมาได้มีการศึกษาเพื่อนำวิธีการนี้ไปใช้เก็บข้อมูลความหนาแน่นจราจรและคำนวณความเร็วการเคลื่อนที่และระดับการให้บริการบนทางด่วนและถนน

2.2.2 วิธีการเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางที่เลือกใช้ในงานวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้ได้เลือกตรวจวัดค่าการจราจรในการเก็บข้อมูล เนื่องจาก

1. สามารถเก็บข้อมูลแบบทันทีได้ เป็นผลให้สามารถแสดงข้อมูลเวลาการเดินทาง และตรวจตราสภาพการจราจรได้
2. เนื่องจากทราบตำแหน่งของรถเป็นผลให้คนขับรถมีความปลอดภัยสูงขึ้น นอกจากนี้หากติดตั้งระบบตรวจสอบสภาพถนนและสภาพอากาศจะทำให้มีข้อมูลเตือนภัยคนขับหากรถแล่นผ่านสภาพถนนที่ไม่ดีนักหรือสภาพอากาศที่รบกวนการขับขี่ เช่น ฝนตกหนัก เป็นต้น

3. ค่าเก็บข้อมูลต่อหน่วยข้อมูลต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับ ผู้สังเกตเคลื่อนที่ การบันทึกแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ การติดตามระยะไกล และ การสำรวจจากภาพถ่ายทางอากาศ

ถึงแม้ว่าวิธีรถตรวจวัดค่าการจราจรจะมีข้อได้เปรียบวิธีการเก็บข้อมูลอื่น แต่เงินลงทุนสร้างระบบสูงมาก อันเป็นผลให้ไม่สามารถเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้ได้ นอกจากนี้คุณภาพของข้อมูลยังขึ้นอยู่กับจำนวนรถตรวจวัดค่าการจราจรที่แล่นอยู่ในโครงข่ายถนน ที่ผ่านมามีการนำระบบมาใช้งานจริงและมีการงานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 โครงการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรถตรวจวัดค่าการจราจร

ชื่อโครงการหรืองานวิจัย	สถานที่
1. Road Traffic Advisor Project (RTA)	อังกฤษ
2. The intelligent traffic and user-oriented technology project (INVENT)	เยอรมัน
3. London Transport Bus (LTB)	อังกฤษ
4. San Antonio VIA transit system	สหรัฐอเมริกา
5. Internet ITS project	ญี่ปุ่น
6. ADVANCE project	สหรัฐอเมริกา
7. Traffic Scan	สิงคโปร์
8. Oslo toll ring AVI system	นอร์เวย์
9. Mobile Telephone Positioning Systems (MTPS)	ออสเตรเลีย
10. Automatic Debiting Electronic Payment in Transport project (ADEPT)	อังกฤษ

2.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับรถตรวจวัดค่าการจราจร

รถตรวจวัดค่าการจราจรเกิดจากการนำระบบขนส่งอัจฉริยะมาประยุกต์ใช้เก็บข้อมูลแบบทันที การเก็บข้อมูลด้วยระบบนี้เป็นการเก็บข้อมูลโดยที่คนขับรถไม่ได้มีจุดประสงค์หลักเพื่อเก็บข้อมูลจราจร (Passive instrumented vehicle) ข้อมูลที่ได้จากรถแต่ละคันจะถูกส่งไปยังศูนย์ควบคุมเพื่อประมวลข้อมูลและแสดงข่าวสารอันเป็นประโยชน์แก่ผู้ใช้ระบบ ข้อมูลที่ได้รับจากระบบสามารถนำไปใช้ควบคุมการจราจร การตรวจหาเหตุการณ์ต่างๆ ที่ทำให้การจราจรคับคั่ง ระบบแนะนำเส้นทาง และแสดงข้อมูลสภาพจราจรผ่านอุปกรณ์ต่างๆ เช่น โทรศัพท์ วิทยุ ป้ายสลับข้อความ (Variable Message Sign: VMS) อินเทอร์เน็ต เป็นต้น

ข้อดีของการนำรถตรวจวัดค่าการจราจรประยุกต์ใช้เก็บข้อมูลการเดินทาง

1. ต้นทุนต่อหน่วยข้อมูลต่ำ เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์และศูนย์ควบคุมเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลจะเก็บได้ง่ายและราคาถูก
2. การเก็บข้อมูลเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ระบบสามารถส่งถ่ายข้อมูลได้ตลอด 24 ชั่วโมงทำให้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่รถแล่นอยู่บนถนน
3. เก็บข้อมูลได้อย่างอัตโนมัติ ทั้งนี้เป็นเพราะระบบนี้เก็บข้อมูลด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์
4. รูปแบบของข้อมูลง่ายต่อการประมวลผลและวิเคราะห์ เนื่องจากรูปแบบของข้อมูลอยู่ในระบบอิเล็กทรอนิกส์
5. ไม่ส่งผลกระทบต่อการจราจร เนื่องจากในขณะที่เก็บข้อมูลนั้นรถตรวจวัดค่าการจราจรแล่นบนถนนและลักษณะการขับรถของแต่ละคนเป็นลักษณะการขับปกติเพราะคนขับรถไม่ได้มีจุดประสงค์ของการขับรถเพื่อเก็บข้อมูลจราจร

ข้อเสียของการนำรถตรวจวัดค่าการจราจรมาประยุกต์ใช้เก็บข้อมูลการเดินทาง

1. ต้นทุนในการสร้างระบบสูง อันได้แก่ ค่าซื้ออุปกรณ์ ค่าติดตั้งอุปกรณ์ ค่าอบรมและฝึกหัดเจ้าหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบและเก็บข้อมูล
2. ระบบรถตรวจวัดค่าการจราจรสามารถทำงานได้ในพื้นที่จำกัดและข้อมูลจะเก็บได้เฉพาะในพื้นที่ที่มีการติดตั้งอุปกรณ์รับสัญญาณเพื่อเก็บข้อมูลเท่านั้น(ยกเว้นระบบรถตรวจวัดค่าการจราจรที่ใช้ ระบบจีพีเอสในการเก็บข้อมูล) ดังนั้นควรพิจารณาพื้นที่ที่ต้องการเก็บข้อมูลก่อนติดตั้งระบบ
3. ต้องการผู้ออกแบบโปรแกรมที่มีทักษะสูงเพื่องานเก็บรวบรวมข้อมูล โปรแกรมที่ใช้เพื่อรวบรวมข้อมูลค่อนข้างซับซ้อนและมีลักษณะที่แตกต่างกันไปในแต่ละระบบเนื่องจากแต่ละโปรแกรมถูกออกแบบโดยแต่ละบริษัทที่ปรึกษา
4. ส่งผลกระทบต่อความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้รถ เนื่องจากสามารถติดตามการเคลื่อนตัวของรถได้ ดังนั้นจึงทำให้คนขับรถสงสัยว่ากำลังถูกติดตามอยู่หรือไม่
5. เหมาะสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่เท่านั้น เนื่องจากเงินทุนการสร้างระบบสูงและการสร้างระบบในพื้นที่ขนาดใหญ่ทำให้เกิดความคุ้มทุนในด้านการเงิน

2.3.1 ประเภทของรถตรวจวัดค่าการจราจร

รถตรวจวัดค่าการจราจรที่ใช้ในการเก็บข้อมูลมีอยู่ 5 ประเภทซึ่งแบ่งตามประเภทอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลอันได้แก่ ป้ายส่งสัญญาณข้างถนน อุปกรณ์ระบุลักษณะประจำรถอัตโนมัติ อุปกรณ์คลื่นวิทยุแนะนำเส้นทาง อุปกรณ์กำหนดตำแหน่งรถด้วยคลื่นโทรศัพท์ และเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

2.3.1.1 ป้ายส่งสัญญาณข้างถนน มีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

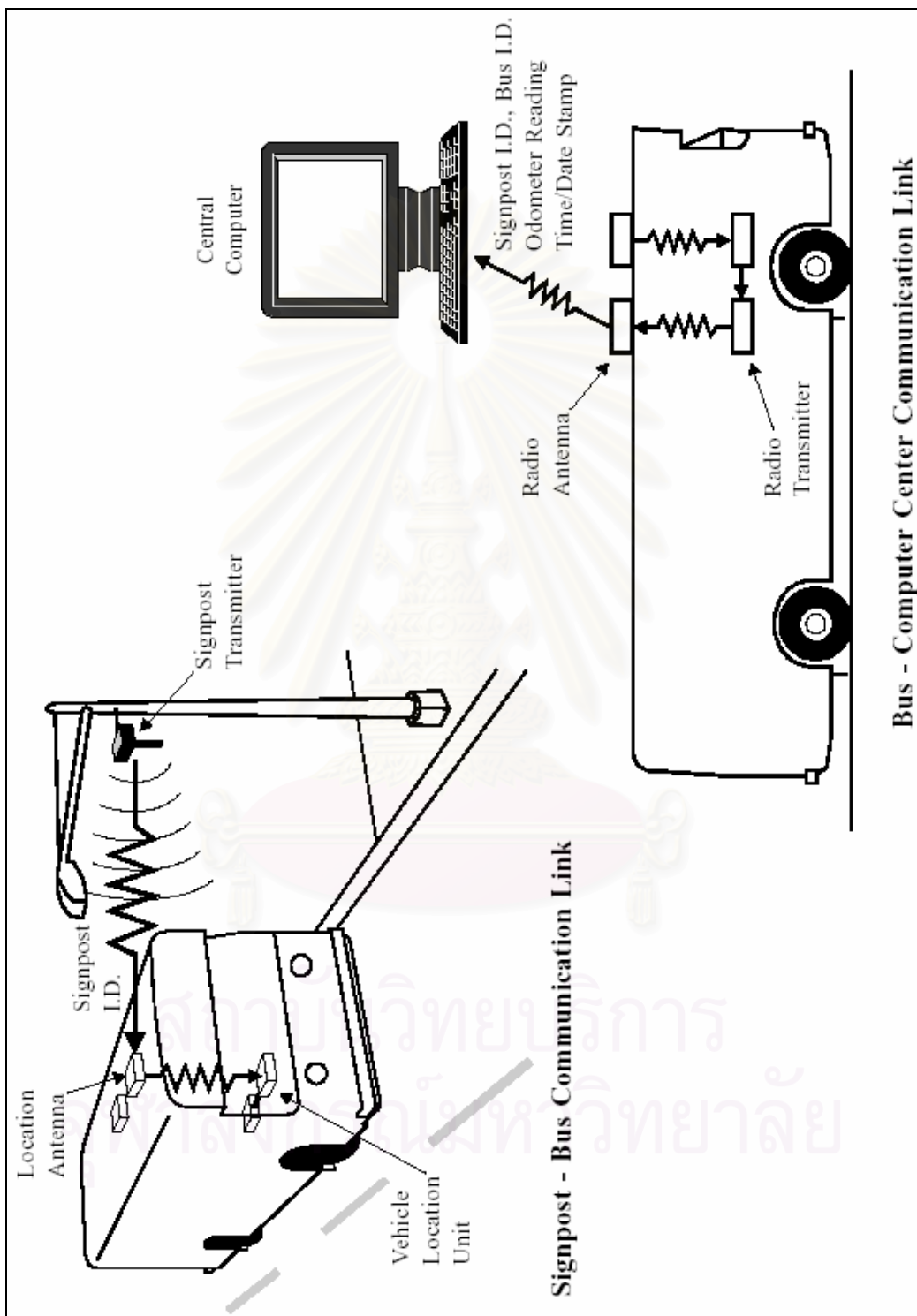
1. อุปกรณ์ส่งสัญญาณบริเวณข้างทาง
2. อุปกรณ์รับและส่งสัญญาณภายในรถ
3. อุปกรณ์วัดระยะทางการเคลื่อนตัวภายในรถ
4. อุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลภายในรถ
5. ศูนย์ควบคุม

รูปที่ 2.5 แสดงการเก็บเวลาการเดินทางด้วยรถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทที่ใช้ป้ายส่งสัญญาณข้างถนน ขั้นตอนการเก็บข้อมูลเริ่มในขณะที่ยานพาหนะเคลื่อนผ่านอุปกรณ์ส่งสัญญาณข้างทางนั้นรถจะรับสัญญาณที่ส่งมาจากอุปกรณ์ส่งสัญญาณข้างทางอันประกอบด้วยเวลาที่รถเคลื่อนผ่าน อุปกรณ์ประมวลผลภายในรถจะบันทึกระยะเวลาและระยะทางระหว่างอุปกรณ์ส่งสัญญาณข้างทาง และหมายเลขประจำตัว หลังจากนั้นจึงส่งข้อมูลที่ประมวลผลเสร็จแล้วไปยังศูนย์ควบคุม

รถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทนี้ใช้กันมากในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง เช่น การขนส่งสาธารณะ การขนส่งสินค้า เป็นต้น หน่วยงานดังกล่าวมักจะใช้เทคโนโลยีเพื่อตรวจตราและควบคุมการเดินทางของยานพาหนะอย่างอัตโนมัติ ระบบที่ใช้ตรวจตราและควบคุมการเดินทางของรถเรียกว่าอุปกรณ์ระบุตำแหน่งยานพาหนะอัตโนมัติ (Automatic Vehicle Location: AVL) ในอดีตมีการนำอุปกรณ์หลายประเภทมาใช้ระบุตำแหน่งยานพาหนะอัตโนมัติ ตัวอย่างเช่น ป้ายส่งสัญญาณข้างถนน คลื่นวิทยุแนะนำเส้นทาง เป็นต้น ถึงแม้ว่าในปัจจุบันมีการนำระบบจีพีเอสมาใช้แทนเป็นจำนวนมากแต่ยังคงมีหลายองค์กรที่ยังคงใช้ป้ายส่งสัญญาณข้างถนน ตัวอย่างเช่น San Antonio VIA transit System London Transport Bus (LTB) Seattle Metro System New Jersey Transit System เป็นต้น

2.3.1.2 อุปกรณ์ระบุลักษณะประจำรถอัตโนมัติ

ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการนำอุปกรณ์ระบุลักษณะประจำรถอัตโนมัติมาประยุกต์ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย อันได้แก่ อุปกรณ์เก็บค่าผ่านทางอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic toll collection: ETC) การตรวจตราสภาพจราจรแบบทันที การจัดการเหตุการณ์ต่างๆที่ทำให้การจราจรติดขัด และการเผยแพร่ข้อมูลสภาพจราจรให้แก่ผู้เดินทาง โดยเริ่มต้นจากการนำมาประยุกต์ใช้เก็บค่าผ่านทาง ในเมืองฮุสตันรัฐเท็กซัสมีการนำอุปกรณ์ระบุลักษณะประจำรถอัตโนมัติมาใช้เก็บค่าผ่านทาง และการตรวจตราสภาพจราจร ส่วนประกอบของอุปกรณ์ระบุลักษณะประจำรถอัตโนมัติ ได้แก่



รูปที่ 2.5 รถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทที่ใช้ป้ายส่งสัญญาณข้างถนน

ที่มา: Travel Time Data Collection Handbook ; 1998

1. เครื่องรับสัญญาณภายในรถ (Tag) ซึ่งมีหมายเลขประจำรถ
2. เครื่องรับและส่งสัญญาณข้างทาง
3. อุปกรณ์เก็บรวบรวมข้อมูลข้างทาง
4. ศูนย์ควบคุม

รูปที่ 2.6 แสดงการเก็บเวลาการเดินทางด้วยรถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทที่ใช้ อุปกรณ์ระบุลักษณะประจำรถอัตโนมัติ เริ่มจากที่เครื่องรับและส่งสัญญาณข้างทางปล่อย คลื่นวิทยุ (Radio Frequency: RF) ในขณะที่รถแล่นผ่านบริเวณคลื่นวิทยุนี้คลื่นวิทยุจะสะท้อน เครื่องรับสัญญาณภายในรถกลับไปยังเครื่องรับและส่งสัญญาณข้างทาง คลื่นวิทยุที่สะท้อนจะมี ข้อมูลเพิ่มเติมอันได้แก่ หมายเลขประจำรถ หลังจากนั้นข้อมูลอันประกอบด้วยหมายเลขประจำรถและเวลาที่รถแล่นผ่านจะถูกส่งไปยังศูนย์ควบคุมเพื่อประมวลผลและเก็บข้อมูลไว้

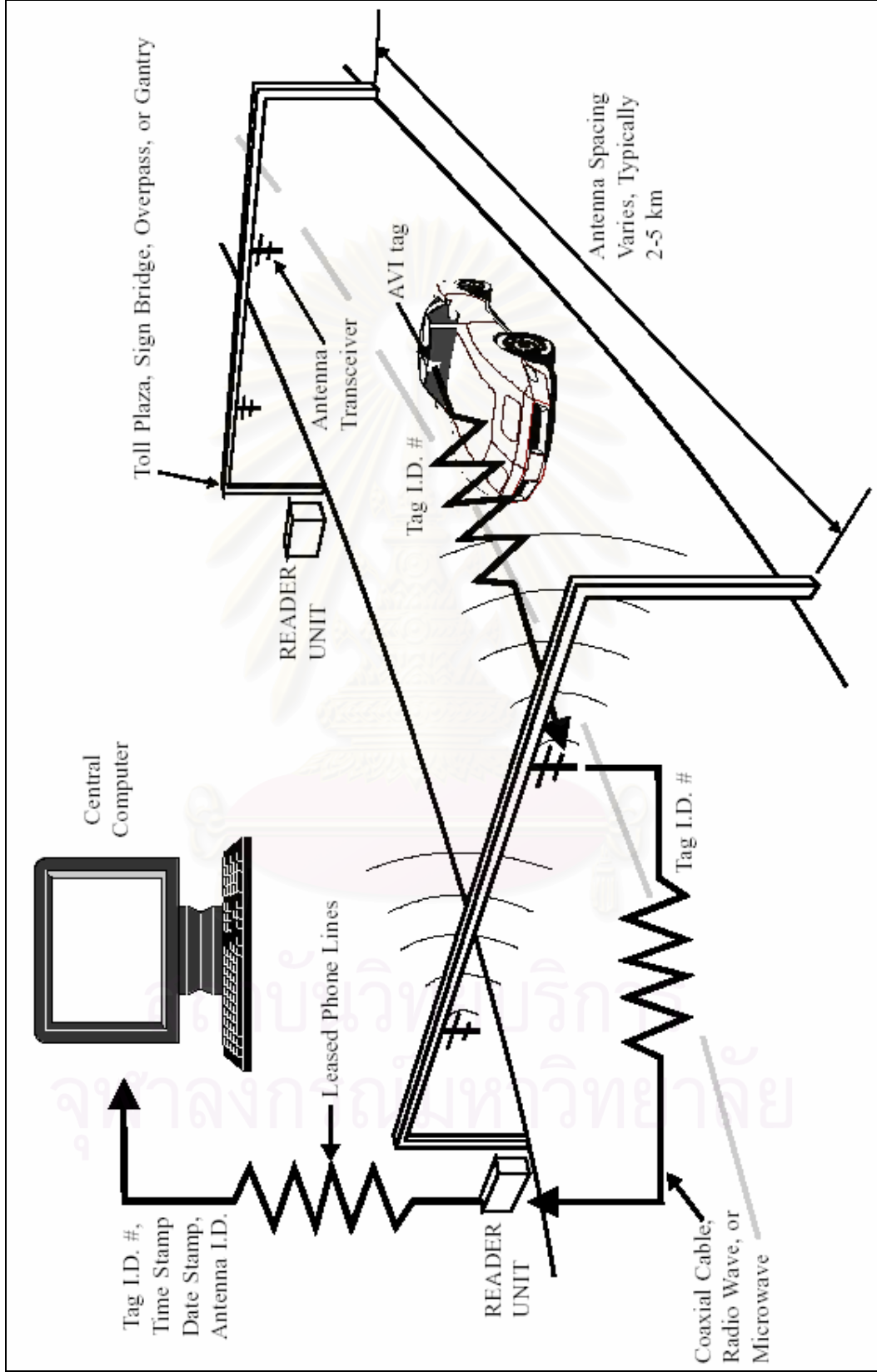
2.3.1.3 อุปกรณ์วิทยุแนะนำเส้นทาง

วิธีการหาตำแหน่งของรถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทนี้ คือการรังวัดโดย โครจข่ายสามเหลี่ยมด้วยคลื่นวิทยุ (Radio triangulation) องค์ประกอบหลักได้แก่ หอคอยรับ คลื่นวิทยุที่มีการติดตั้งในลักษณะของโครจข่าย อุปกรณ์ส่งคลื่นวิทยุภายในรถ และศูนย์ควบคุม การหาตำแหน่งรถเริ่มจากการปล่อยคลื่นวิทยุของรถไปยังหอคอยรับคลื่นวิทยุ ข้อมูลที่ส่งไปใน ประกอบด้วยหมายเลขประจำรถและเวลาที่ส่งคลื่น เนื่องจากคลื่นวิทยุเคลื่อนตัวเป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงที่ดังนั้นจะสามารถหาระยะห่างระหว่างรถกับหอคอยรับคลื่นได้ หากหอคอยที่ได้รับ คลื่นวิทยุมีจำนวนไม่น้อยกว่า 4 ต้นแล้วจะสามารถหาตำแหน่งและเวลาขณะที่รถส่งคลื่นได้ หลังจากนั้นจึงส่งข้อมูลไปยังศูนย์ควบคุม ตัวอย่างการหาตำแหน่งแสดงในรูปที่ 2.7 เมื่อทราบ ตำแหน่งของรถแล้วจะสามารถเวลาการเดินทางได้

รถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทนี้นิยมใช้ในบริษัทที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งเพื่อ ตรวจจรรถการการเดินทางของรถถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะถูกแทนที่ด้วยรถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทที่ ใช้ระบบจีพีเอสแต่ก็ยังมีบางบริษัทที่ยังให้บริการอยู่ ในเมืองขนาดใหญ่หลายเมืองในประเทศ สหรัฐอเมริกามีโครงสร้างพื้นฐานของระบบนี้อันได้แก่ ซิกาโก ดัลลาส ดิทรอยซ์ ลอสแอนเจลิส ฮุสตัน และไมอามี

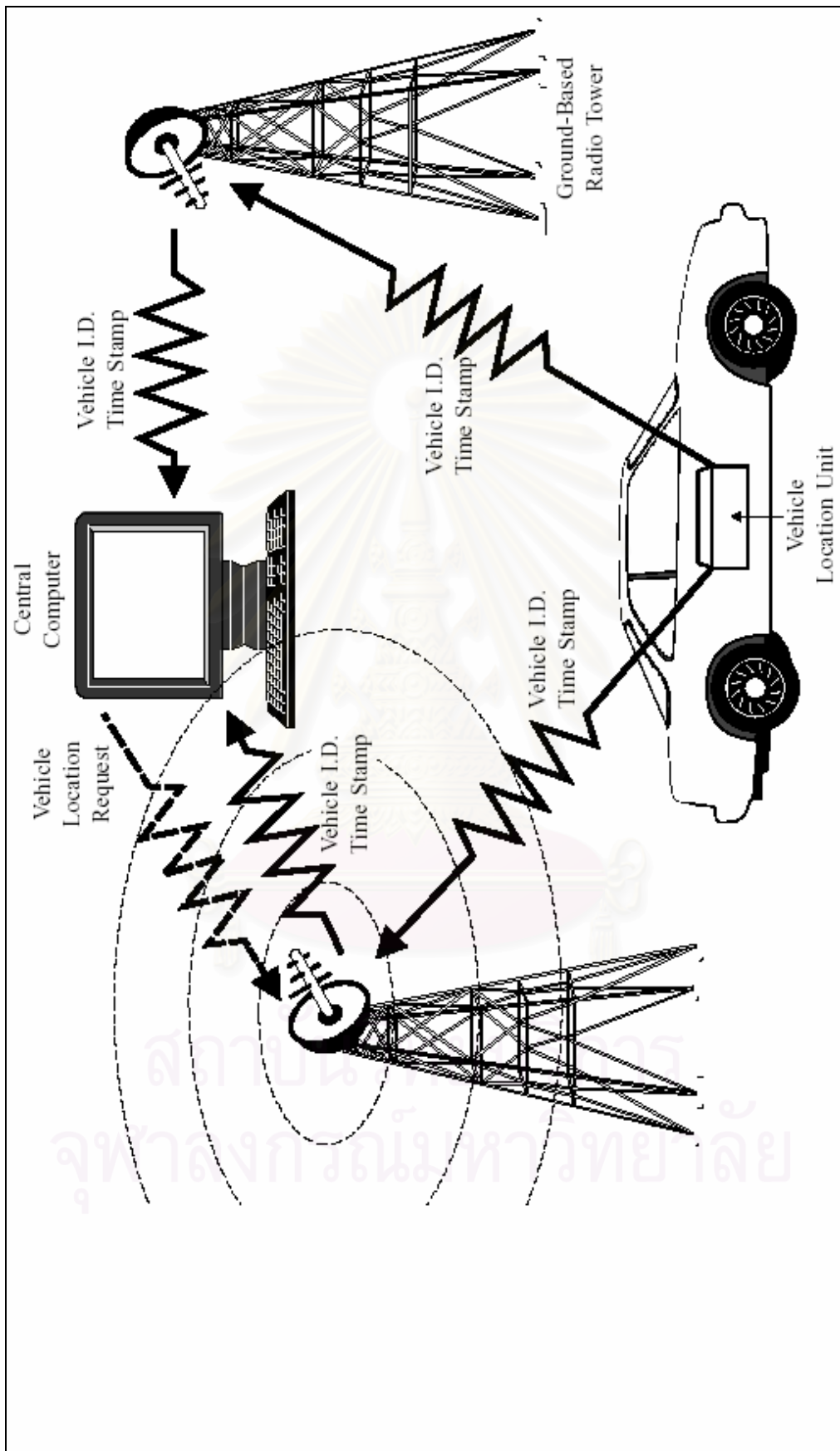
2.3.1.4 อุปกรณ์กำหนดตำแหน่งรถด้วยคลื่นโทรศัพท์

อุปกรณ์ที่ใช้เพื่อเก็บข้อมูลประกอบด้วยระบบเครือข่ายการให้บริการโทรศัพท์ อุปกรณ์หาตำแหน่งรถ โทรศัพท์ที่ติดตั้งภายในรถ และศูนย์ควบคุม ขั้นตอนการหาตำแหน่งรถ เริ่มจากการปล่อยคลื่นโทรศัพท์ของรถ หลังจากนั้นระบบจะตรวจหาคลื่นโทรศัพท์แรกที่เคลื่อนที่ มาถึงเสาสัญญาณ(Initiating call) ตำแหน่งของรถหาได้จากการหาทิศทางเคลื่อนที่ของคลื่น โทรศัพท์ที่ได้รับจากเสาสัญญาณ แล้วลากเส้นตรงซึ่งมีความชันเท่ากับทิศทางเคลื่อนที่ของ



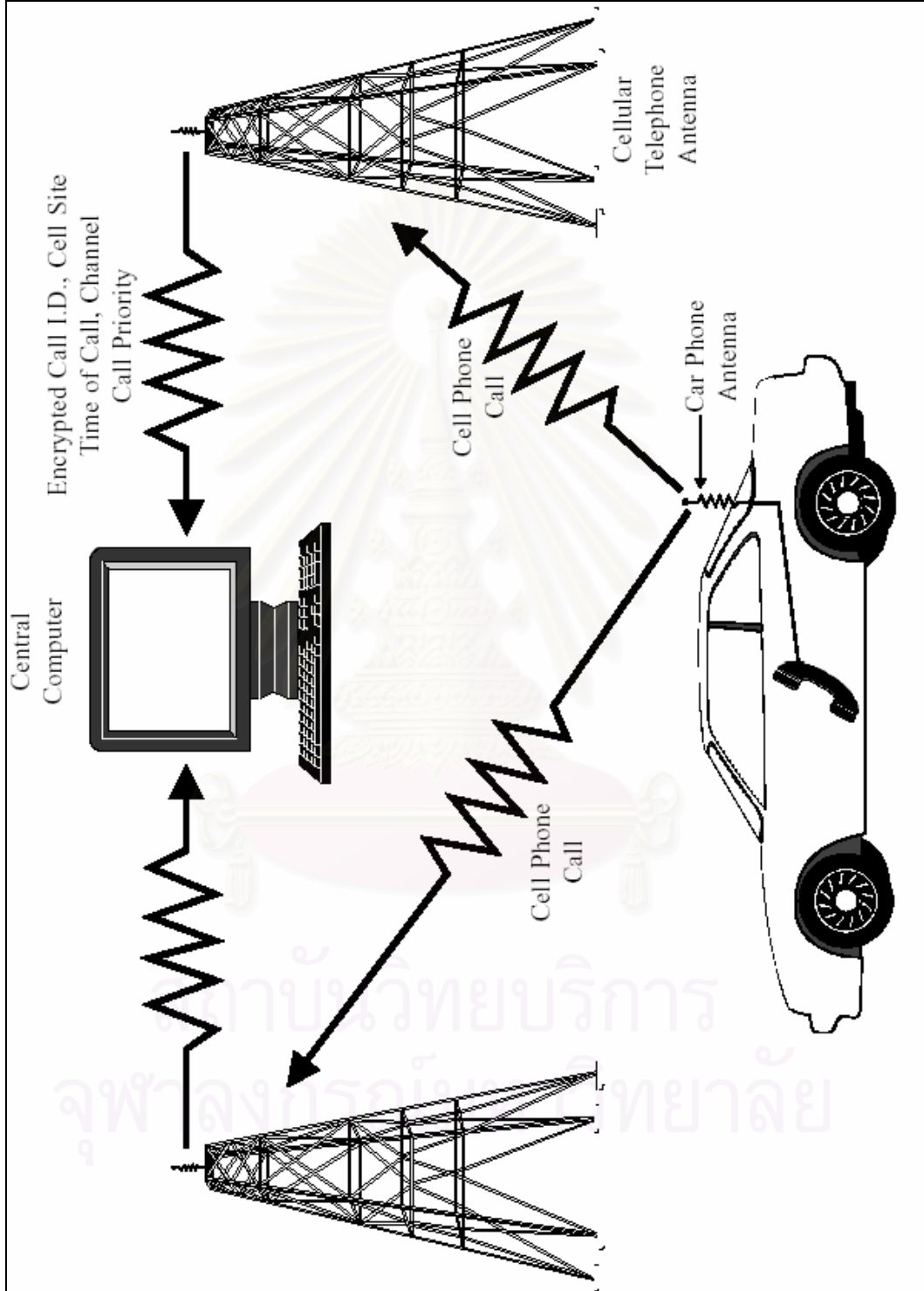
รูปที่ 2.6 รถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทที่ใช้อุปกรณ์ระบุตัวลักษณะประจำรถอัตโนมัติ

ที่มา : Travel Time Data Collection Handbook ; 1998



รูปที่ 2.7 รถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทที่ใช้อุปกรณ์วิทยุแนะนำเส้นทาง

ที่มา : Travel Time Data Collection Handbook ; 1998



รูปที่ 2.8 รถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทที่ใช้อุปกรณ์กำหนดตำแหน่งรถด้วยคลื่นโทรศัพท์

ที่มา : Travel Time Data Collection Handbook ; 1998

คลื่นที่ได้จากแต่ละเสาสัญญาณและจุดเริ่มของเส้นตรงอยู่ที่เสาสัญญาณแต่ละเสา จุดตัดของเส้นตรงคือตำแหน่งของรถ เวลาที่รถแล่นผ่านหาได้จากคลื่นสัญญาณที่เคลื่อนที่ไปเสาสัญญาณที่ใกล้ที่สุดด้วย เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ถึงเสาสัญญาณ ระยะห่างระหว่างรถกับเสาสัญญาณ และความเร็วของคลื่นโทรศัพท์ ตัวอย่างการหาตำแหน่งแสดงในรูปที่ 2.8 เมื่อทราบตำแหน่งของรถแล้วจะสามารถเวลาการเดินทางได้

2.3.1.5 เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

อุปกรณ์ที่ใช้ได้แก่ เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสกับอุปกรณ์รับและส่งข้อมูลภายในรถ และศูนย์ควบคุม ข้อมูลตำแหน่งที่ได้รับจะถูกส่งไปยังศูนย์ควบคุมเพื่อแสดงตำแหน่งของรถแบบทันที ข้อมูลเวลาการเดินทางสามารถหาได้จากข้อมูลที่เก็บมาได้ ในปัจจุบันมีการนำระบบจีพีเอสไปใช้ประยุกต์ใช้ระบุตำแหน่งยานพาหนะอัตโนมัติอย่างแพร่หลายเพื่อตรวจตราและควบคุมการเดินทางของรถแบบทันทีกาล เช่น รถตำรวจ รถดับเพลิง รถพยาบาล รถเช่า รถขนส่งสินค้า รถโดยสารประจำทาง รถแท็กซี่ เป็นต้น ในกรณีของรถตำรวจ รถดับเพลิงและรถพยาบาลนั้นศูนย์ควบคุมจะสั่งการและมอบหมายงานให้กับรถคันที่อยู่ใกล้จุดเกิดเหตุมากที่สุด ในกรณีของรถโดยสารประจำทางนั้นผู้โดยสารที่กำลังรอรถจะทราบตำแหน่งของรถโดยสารและเวลาโดยประมาณที่รถจะเดินทางมาถึง

2.3.2 รถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทที่ใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

เมื่อใช้รถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทที่ใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส มีสิ่งหนึ่งที่พึงระวังคือการนำมาใช้ในเมืองโดยในบริเวณที่ตึกอาคารสูง ต้นไม้ หรือสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ ที่อาจบดบังสัญญาณจีพีเอสที่เคลื่อนที่มาจากดาวเทียมอันเป็นผลให้ไม่สามารถหาตำแหน่งรถหรือได้รับข้อมูลที่มีความผิดพลาด ในการออกแบบควรรวมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographical Information System: GIS) เข้าไปด้วยเพื่อให้ประมวลข้อมูลตำแหน่งของรถและแสดงข้อมูลการเดินทางแก่ผู้ใช้ระบบ

อุปกรณ์ที่รับและส่งข้อมูลระหว่างรถกับศูนย์ควบคุมก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการพิจารณาซึ่งควรออกแบบระบบให้สามารถรับและส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราการรับส่งข้อมูลที่ต้องการ อุปกรณ์ที่ใช้กันในปัจจุบันมีหลายประเภท ตัวอย่างเช่น วิทยุ โทรศัพท์ ดาวเทียม เป็นต้น วิทยุเป็นอุปกรณ์ที่นิยมนำไปใช้มากที่สุด ปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาหากเลือกใช้วิทยุคือการเข้าช่องสัญญาณความถี่วิทยุในเมืองขนาดใหญ่ค่อนข้างยากเพราะจำนวนช่องสัญญาณวิทยุมีจำกัด นอกจากนี้ยังมีอีกปัจจัยหนึ่งที่ต้องพิจารณาคือพื้นที่ให้บริการ ถ้าพื้นที่ให้บริการมีขนาดใหญ่แล้วเสาสัญญาณจะต้องมีจำนวนมากด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับรถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทอื่นพบว่าจีพีเอสดีและข้อเสียดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อเสียของรถตรวจวัดค่าการจราจรที่ใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส
เมื่อเปรียบเทียบกับรถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทอื่น
ที่มา : Travel Time Data Collection Handbook; 1998

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ค่าดำเนินการต่ำกว่า (หลังจากที่ติดตั้งระบบเรียบร้อยแล้ว)	1. ส่งผลกระทบต่อความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้รถ
2. สามารถให้ข้อมูลที่มีรายละเอียดได้ตลอดเวลา	2. สัญญาณอาจจะขาดหายในบางบริเวณ เช่น บริเวณตึกอาคารสูง ต้นไม้ ที่จอดรถ อุโมงค์ เป็นต้น
3. สามารถหาซื้ออุปกรณ์ได้ง่าย	3. พฤติกรรมของคนขับแต่ละคนไม่เหมือนกัน
4. เก็บรวบรวมข้อมูลโดยอัตโนมัติ	4. ค่าติดตั้งสูงกว่า

โครงการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรถตรวจวัดค่าการจราจรประเภทที่ใช้ระบบจีพีเอสมีจำนวนมาก อย่างไรก็ตามได้ยกมาเพียงบางตัวอย่างเพื่อให้สามารถเข้าใจระบบนี้ได้มากขึ้น ตัวอย่างของโครงการและงานวิจัยเหล่านี้ได้แก่

2.3.2.1 โครงการ Internet ITS

โครงการนี้เริ่มตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2544 โดยได้รับการสนับสนุนทางการเงินจาก Japan's Ministry of Economy Trade and Industry หน่วยงานที่ร่วมโครงการได้แก่ Keio Research Institute at SFC (Faculty of Environmental Information Keio University) บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ จำกัด บริษัท เด็นโซ่ จำกัด และ บริษัท เอ็นอีซี จำกัด ประธานของโครงการคือ ศาสตราจารย์ Jun Murai ซึ่งเป็นอาจารย์จากมหาวิทยาลัย Keio

โครงการ Internet ITS มีจุดประสงค์เพื่อเปิดโอกาสทางด้านธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับระบบขนส่งอัจฉริยะให้แก่บริษัทหรือองค์กรในภาคอุตสาหกรรมโดยการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการรับและส่งข้อมูลให้มีความน่าเชื่อถือและมีราคาไม่แพงอันเป็นผลให้เงินลงทุนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานดังกล่าวไม่สูงนัก รวมทั้งส่งเสริมให้เกิดความร่วมมือระหว่างธุรกิจรถยนต์ ธุรกิจการขนส่ง และธุรกิจเทคโนโลยีสารสนเทศ

งานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาไปแล้วได้แก่ งานพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสำหรับรับและส่งข้อมูล การประเมินระบบเมื่อนำไปใช้งานจริงและการพัฒนารถต้นแบบสำหรับโครงการในอนาคต โครงสร้างพื้นฐานได้พัฒนาระบบการรับส่งข้อมูลระหว่างรถและศูนย์ควบคุมให้อยู่บนพื้นฐานของ Internet Protocol Version 6 (IPv6) ซึ่งพัฒนาเพื่อมาแทน IPv4 ที่ใช้กันในปัจจุบัน จุดเด่นของ IPv6 คือ การรับส่งข้อมูลด้วยอินเทอร์เน็ตซึ่งแทบจะไม่มีข้อจำกัดของช่องสัญญาณ

การให้บริการที่มีคุณภาพ การรักษาความปลอดภัยให้กับผู้ใช้ระบบ และ การใช้อินเทอร์เน็ตบนรถ ในขณะที่รถกำลังเคลื่อนที่โดยไม่มีปัญหาติดขัดเลย หลังจากนั้นจึงพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานให้สามารถรองรับการสื่อสารด้วย IPv6 และติดตั้งอุปกรณ์ในบริเวณที่ทำการประเมินระบบเมื่อนำไปใช้งานจริงและการพัฒนารถต้นแบบสำหรับโครงการในอนาคต

การนำระบบไปใช้งานจริงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบและความสามารถในการให้บริการ สถานที่ทำการศึกษาได้แก่ เมืองนาโกย่าและกรุงโตเกียว ลักษณะการนำไปใช้งานในเมืองนาโกย่าคือการประยุกต์ใช้ระบบกับรถแท็กซี่อันประกอบด้วยบริการข้อมูลให้กับบริษัทแท็กซี่เพื่อตรวจสอบการจ่ายค่าโดยสาร ทราบข้อมูลสภาพจราจรและข้อมูลสภาพอากาศ ส่งรถแท็กซี่ไปรับผู้โดยสารที่เรียกใช้บริการและเลือกบริเวณค้นหาผู้โดยสารให้คนขับรถแท็กซี่แต่ละคันจะติดตั้งอุปกรณ์เพื่อให้เป็นรถตรวจวัดค่าการจราจรเพื่อให้ข้อมูลการเดินทางแก่ผู้โดยสารและแนะนำเส้นทางการเดินทางให้กับคนขับ รถแท็กซี่ติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมด 1,570 คัน ระยะเวลาศึกษาประมาณ 3 เดือน จากการศึกษาพบว่าการให้บริการมีประสิทธิภาพสะดวกต่อการใช้งาน

ลักษณะการใช้งานในกรุงโตเกียวคือการให้บริการกับคนขับรถส่วนบุคคล ข้อมูลที่ให้บริการได้แก่ ที่ตั้งของสถานที่ให้บริการต่างๆ เช่น ปั้มน้ำมันและสถานบริการดูแลรักษารถ สถานที่จอดรถ ร้านอาหารและภัตตาคาร สถานที่ท่องเที่ยวและสถานบันเทิง เป็นต้น และการคิดค่าบริการในการจอดรถ รถส่วนบุคคลที่ติดตั้งอุปกรณ์ให้รถเป็นรถตรวจวัดค่าการจราจรมีจำนวน 70 คัน ระยะเวลาศึกษาประมาณ 3 เดือน จากการศึกษาพบว่าการให้ข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ต่างๆ ประสบความสำเร็จ

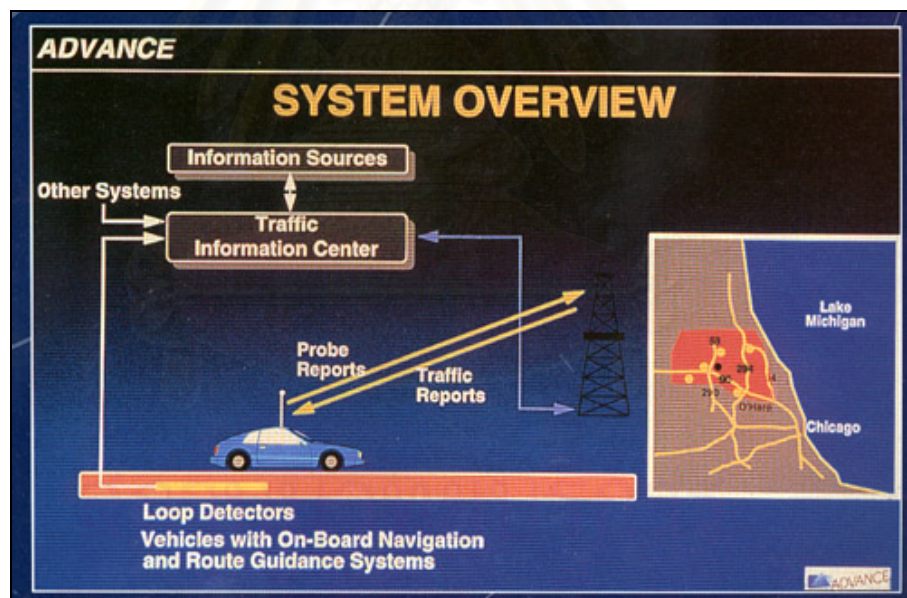
รถต้นแบบในอนาคตประกอบด้วยบริการต่างๆ อาทิเช่น การรักษาความปลอดภัยในการขับขี่ การรับส่งข้อมูลทั้งภาพและเสียง (Multimedia communication) การประเมินสภาพร่างกายของคนขับ ข้อมูลสภาพจราจร ข้อมูลสภาพอากาศ ที่ตั้งของสถานที่ให้บริการต่างๆ เป็นต้น

2.3.2.2 โครงการ ADVANCE

โครงการนี้เป็นโครงการพัฒนาระบบให้ข้อมูลสภาพจราจรและแนะนำเส้นทางให้กับคนที่กำลังขับ คำว่า ADVANCE ย่อมาจาก Advanced Driver and Vehicle Advisory Navigation Concept โครงการเริ่มต้นเมื่อวันที่ 9 กรกฎาคม พ.ศ. 2534 องค์การที่ร่วมศึกษาได้แก่ Federal Highway Administration (FHWA) Motorola Inc. Illinois Department of Transportation (IDOT) American Automobile Association (AAA) Illinois Universities Transportation Research Consortium (Northwestern University and the University of Illinois at Chicago) และ Argonne National Laboratory พื้นที่ศึกษาของโครงการมีขนาด 300

ตารางไมล์ซึ่งอยู่ในบริเวณชานเมืองทางทิศเหนือของรัฐชิคาโกและเขตการปกครองจำนวน 40 เขต ในบริเวณชานเมืองทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ประชากรในพื้นที่ศึกษามีประมาณ 750,000 คน โครงการนี้มีจุดประสงค์เพื่อ

1. ให้ข้อมูลจราจรแบบทันกาลซึ่งช่วยผู้เดินทางตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางเส้นทาง และเวลาเริ่มต้นการเดินทาง
2. ติดตั้งระบบแนะนำเส้นทางให้แก่ผู้เดินทาง โดยที่ระบบดังกล่าวดำเนินการโดย IDOT
3. ประเมินสภาพการติดขัดจราจรที่ลดลงอันเนื่องมาจากการได้รับข้อมูลจราจรและการใช้ระบบแนะนำเส้นทาง
4. ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของรถตรวจวัดค่าการจราจรและวิเคราะห์พฤติกรรมการเดินทางและความเข้าใจของผู้เดินทางที่มีต่อระบบ
5. หาแนวทางและต้นทุนที่นำไปสู่การพัฒนาและการจ้างงานเมื่อนาระบบขนส่งอัจฉริยะมาดำเนินการจริง
6. กระตุ้นให้เกิดการลงทุนและการจ้างงานในธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับระบบขนส่งอัจฉริยะ



รูปที่ 2.9 องค์ประกอบหลักในโครงการ ADVANCE

ที่มา : <http://www.path.berkeley.edu/itsdecision> ;2002

โครงการมีส่วนประกอบหลักอยู่ 4 ส่วนได้แก่

1. ศูนย์ควบคุมและให้ข้อมูลจราจร (Traffic Information Center: TIC)
2. กระบวนการประมวลผลข้อมูลจราจร (Traffic Related Functions: TRF)
3. ระบบรับและส่งข้อมูล (Communications Subsystem: COM)

4. ระบบแสดงผลและระบบแนะนำเส้นทาง (Mobile Navigation Assistant: MNA)

อุปกรณ์ที่ติดตั้งในรถแต่ละคันได้แก่เครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งมีข้อมูลแผนที่ เครื่องรับและส่งข้อมูลแบบเคลื่อนที่วิทยุ เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส และ อุปกรณ์บอกตำแหน่งด้วยการเคลื่อนที่ของรถ (Dead Reckoning: DR) รถแต่ละคันคำนวณเวลาการเดินทางของแต่ละช่วงถนนเองแล้วจึงส่งข้อมูลเวลาการเดินทางไปยังศูนย์ควบคุม คนขับจะได้รับข้อมูลสภาพจราจรและข้อมูลแนะนำเส้นทางแบบทันกาล

โครงการนี้แบ่งงานศึกษาออกเป็น 2 ขั้นตอนได้แก่ การพัฒนาและประเมินผลการใช้งานจริง ขั้นตอนการพัฒนาเริ่มตั้งแต่ เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2534 ถึง เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2538 ขั้นตอนการประเมินผลเริ่มเมื่อทำการศึกษาในขั้นตอนแรกเสร็จ ระยะเวลาศึกษาในขั้นตอนที่ 2 เท่ากับ 2 สัปดาห์ รถที่ติดตั้งอุปกรณ์มีจำนวน 80 คัน จากการศึกษาพบว่าข้อมูลสภาพจราจรที่ได้จากรถจำนวน 80 คันไม่เพียงพอต่อการสร้างระบบแนะนำเส้นทางและคนขับไม่มีเวลาที่จะใช้ระบบ ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการคือ

1. ต้องปรับปรุงระบบให้มีความทันสมัยอยู่เสมอและปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับลักษณะการใช้งานของผู้ใช้ระบบ
2. การรายงานการติดขัดจราจรในบริเวณหรือเวลาที่ไม่ค่อยเกิดขึ้นมีความน่าสนใจมากกว่าการรายงานการติดขัดจราจรในบริเวณหรือเวลาที่มักเกิดขึ้นเป็นประจำเพราะผู้ใช้สามารถทนต่อการติดขัดจราจรที่เกิดขึ้นเป็นประจำได้มากกว่า
3. ข้อมูลจราจรแบบทันกาลน่าสนใจกว่าข้อมูลการวางแผนเส้นทาง
4. รถตรวจวัดค่าการจราจรคือปัจจัยสำคัญที่ทำให้ระบบประสบความสำเร็จ
5. ระบบให้ข่าวสารกับระบบจัดการจราจรควรทำงานร่วมกัน
6. ถ้ามีข้อมูลการจัดตั้งหระสัญญาณไฟจราจรแล้วสามารถปรับปรุงระบบแนะนำเส้นทางให้ดีขึ้นได้
7. ระบบสามารถใช้บอกเหตุการณ์ต่างๆ ที่ทำให้การจราจรคับคั่ง

2.3.2.3 โครงการ TrafficScan

Land and Transport Authority (LTA) ของประเทศสิงคโปร์เริ่มโครงการ TrafficScan ซึ่งเป็นระบบที่ติดตามและเผยแพร่สภาพจราจร รถตรวจวัดค่าการจราจรที่ใช้คือรถแท็กซี่จำนวน 7500 คันซึ่งใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสในการเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของรถแต่ละคัน ข้อมูลตำแหน่งและความเร็วในการเคลื่อนที่จะส่งไปยังศูนย์ควบคุมด้วยดาวเทียม ข้อมูลสภาพจราจรเผยแพร่ผ่านทางอินเทอร์เน็ต วิทยุ โทรทัศน์ และการสอบถามผ่านทางโทรศัพท์ซึ่งระบบจะปรับข้อมูลให้ตรงกับสภาพจราจรจริงทุกๆ 5 นาที โครงการนี้มีปัญหาบางประการ เช่น

ความเร็วในการส่งข้อมูลของอินเทอร์เน็ตน้อย ระบบไม่สามารถระบุได้ว่ารถคันที่เสียหรือจอด
อย่างไรก็ตามโครงการดังกล่าวได้รับการตอบรับเป็นอย่างดี

2.3.2.4 โครงการ MoTiV

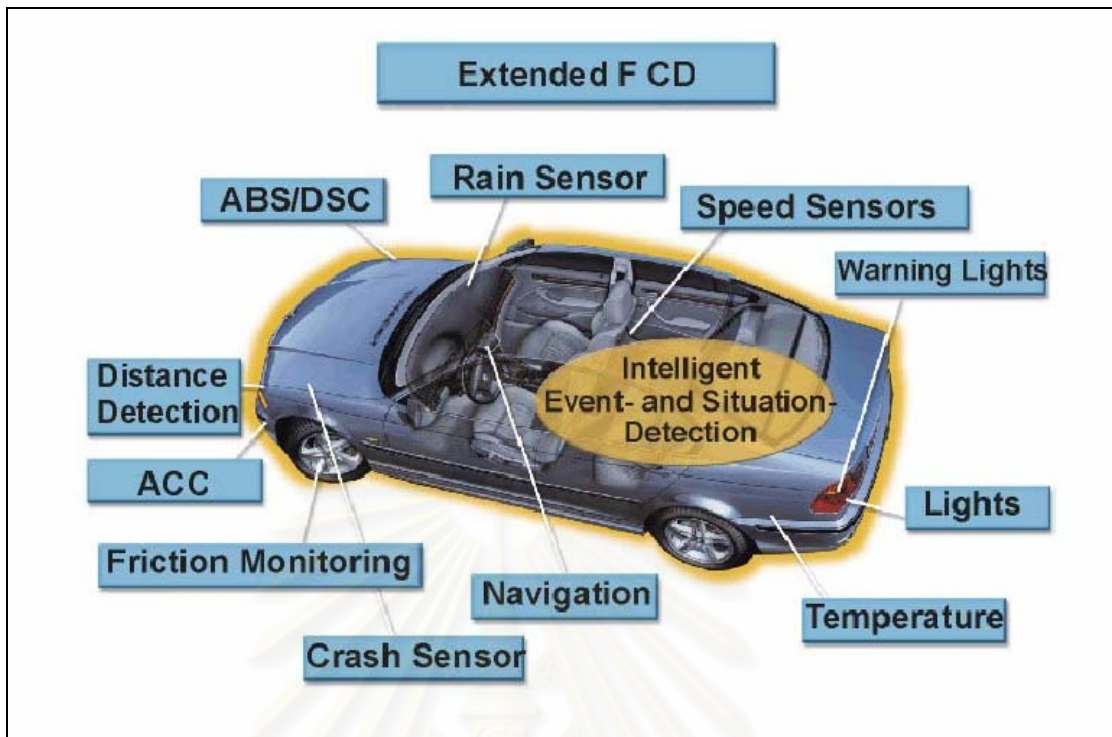
โครงการนี้เป็นโครงการวิจัยที่ได้รับความร่วมมือจากบริษัทผลิตรถยนต์และบริษัท
จำหน่ายรถยนต์ในประเทศเยอรมัน อาทิเช่น บริษัท บีเอ็มดับเบิลยู จำกัด คำว่า MoTiV ย่อมา
จากคำว่า Mobility and Transport in Intermodal Traffic โครงการนี้เริ่มตั้งแต่ พ.ศ. 2539 ถึง
พ.ศ. 2543 จุดประสงค์ของโครงการคือการหาวิธีที่ทำให้ข้อมูลอันได้แก่ Floating Car Data
(FCD) และ Extended Floating Car Data (XFCD) รวมเข้ากับระบบจัดการจราจรและระบบ
เผยแพร่สภาพจราจรได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ รวมทั้งอัตราส่วนของรถที่ติดตั้งอุปกรณ์
เก็บข้อมูลต่อรถที่แล่นในพื้นที่บริการทั้งหมดเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือและครอบคลุมพื้นที่
ให้บริการ

ข้อมูล FCD เป็นข้อมูลที่แสดงสภาพการจราจร เนื่องจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลคือ
เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ดังนั้นข้อมูลที่ได้รับคือตำแหน่ง ความเร็ว และเวลา เมื่อได้รับข้อมูล
แล้วเครื่องรับส่งข้อมูลจะคำนวณข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น เวลาการเดินทางและความเร็ว
เฉลี่ย (Space mean speed) ของช่วงถนน เป็นต้น ในเวลาเดียวกันก็มีการคำนวณเพื่อ
ตรวจสอบว่าในขณะนั้นรถอยู่ในสภาพจราจรที่ติดขัดหรือไม่ อุปกรณ์ที่ติดตั้งในรถจะประมวลผล
โดยอัตโนมัติ

ข้อมูล XFCD เป็นข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจตราการทำงานหรือสภาพแวดล้อม
ของรถ (Sensor) หรือสวิตช์ภายในรถซึ่งรูปแบบของข้อมูลอยู่ในลักษณะของตัวเลข ข้อมูลนี้ทำ
ให้ทราบถึงสภาพแวดล้อมที่อยู่ใกล้รถ เช่น สภาพพื้นถนน สภาพอากาศ เป็นต้น การประมวลผล
ข้อมูลนี้จะคล้ายคลึงกับการประมวลผลข้อมูล FCD คือทำการประมวลผลภายในรถให้เสร็จก่อน
แล้วจึงส่งไปยังศูนย์ควบคุม แหล่งข้อมูลที่ให้ข้อมูล XFCD ได้แก่

1. อุปกรณ์ตรวจตราการทำงานของที่ปิดน้ำฝน
2. เครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายนอก
3. ระบบเบรกและระบบไฟตัดหมอก
4. ระบบเตือนอันตราย (Hazard warning flasher)
5. อุปกรณ์ตรวจตราการทำงานของระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของรถ
6. ระบบช่วยเหลือคนขับ (Driver assistance system)

ระบบที่ใช้รับส่งข้อมูลคือระบบโทรศัพท์ (GSM) เนื่องจากต้องการให้ระบบรับส่งข้อมูล
ได้อย่างคุ้มค่าดังนั้นจึงเลือกข้อมูลที่จำเป็นต่อผู้ใช้ระบบ อันได้แก่ สภาพการจราจร สภาพพื้นผิว
ถนน และสภาพอากาศ



รูปที่ 2.10 แหล่งข้อมูลจากรถยนต์ที่ให้ข้อมูล XFC

ที่มา : Huber Lädke และ Ogger ; 1999

2.4 กระบวนการระบุตำแหน่งรถลงบนแผนที่โครงข่ายถนน

พิกัดตำแหน่งและความเร็วในการเคลื่อนที่ ณ เวลาใดเวลาหนึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ได้รับจากระบบจีพีเอสเป็นผลให้ทราบข้อมูลการเดินทางของรถตรวจวัดค่าการจราจรอันได้แก่ เส้นทาง การเดินทาง ระยะทาง เวลาการเดินทาง อย่างไรก็ตามข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่ได้รับมีความถูกต้องและความแม่นยำไม่เพียงพอต่อการแสดงการเดินทาง ดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการระบุตำแหน่งรถลงบนแผนที่โครงข่ายถนน (Map matching) Yim และ Cayford (2001) แสดงกระบวนการระบุตำแหน่งโดยระบุว่า ข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่ได้รับมีความคลาดเคลื่อน หากช่วงถนนใดที่มีระยะห่างในแนวตั้งฉาก (Perpendicular distance) ระหว่างช่วงถนนกับพิกัดตำแหน่งน้อยกว่าความคลาดเคลื่อนของพิกัดตำแหน่งแล้วจะพบว่ามีโอกาสที่รถเคลื่อนที่ผ่านช่วงถนนนั้น ในบางครั้งมีโอกาสที่รถเคลื่อนที่ผ่านเพียงช่วงถนนเดียวแต่ในบางครั้งมีโอกาสที่รถเคลื่อนที่ผ่านหลายช่วงถนนในเวลาเดียวกัน Yim และ Cayford ยังอธิบายเพิ่มเติมว่าจุดข้อมูลเพียงจุดเดียวไม่สามารถอธิบายการเคลื่อนตัวของรถได้จะต้องใช้จุดข้อมูลหลายจุดข้อมูลเพื่อแสดงช่วงถนนที่ถูกต้องที่รถแล่นผ่าน เมื่อได้เส้นทางการเคลื่อนที่แล้วก็จะสามารถหาเวลาที่ผ่านจุดปลายของช่วงถนนได้ (Passage time) อันทำให้ทราบถึงเวลาการเดินทางบนช่วงถนนได้ อย่างไรก็ตามใน

บางครั้งอาจจะไม่พบเส้นทางการเคลื่อนที่ก็เป็นได้เนื่องจากบริเวณที่รถเคลื่อนที่ผ่านเป็นบริเวณที่
 อับสัญญาณจีพีเอส ข้อมูลโครงข่ายถนนประกอบด้วยการเชื่อมต่อกันของช่วงถนน ลำดับ
 ความสำคัญของถนน และทิศทางที่รถสามารถเคลื่อนตัวผ่านได้ของแต่ละช่วงถนน

Quddus และ คนอื่นๆ (2003) อธิบายว่า การระบุตำแหน่งด้วยจีพีเอสควรมีอุปกรณ์บอก
 ตำแหน่งด้วยการเคลื่อนที่ของรถ และ Extended Kalman Filter (EKF) เพื่อช่วยให้ระบุตำแหน่งได้
 ดีขึ้น เงื่อนไขในการพิจารณาว่ารถเคลื่อนที่บนช่วงถนนใดคือ ทิศทางการเคลื่อนตัวและ
 ระยะห่างระหว่างรถและช่วงถนนอันได้แก่ ระยะห่างในแนวตั้งฉากระหว่างช่วงถนนกับตำแหน่ง
 ของรถ และขนาดมุมระหว่างแนวช่วงถนนกับเส้นตรงที่ลากผ่านตำแหน่งรถและตำแหน่งของจุด
 กึ่งกลางทางแยก จุดด้อยของกระบวนการระบุตำแหน่งในอดีตคือไม่พิจารณาทิศทางการเคลื่อน
 ตัวของรถ ไม่สามารถระบุได้ว่ารถกำลังแล่นหรือรถหยุด ซึ่งปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการ
 ทำงานร่วมกันระหว่างจีพีเอส และ อุปกรณ์บอกตำแหน่งด้วยการเคลื่อนที่ของรถ

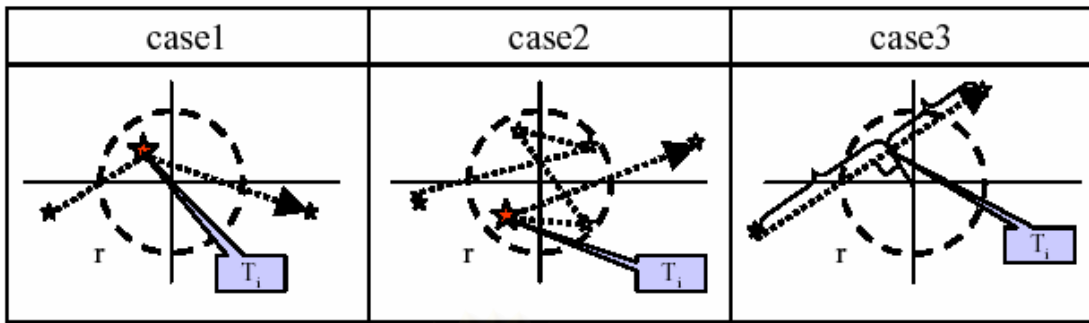
Sugino และ คนอื่นๆ (2001) แสดงกระบวนการหาเวลาที่ผ่านจุดปลายของช่วงถนนโดย
 พิจารณาขณะที่รถแล่นผ่านจุดปลายช่วงถนน แล้วหาระยะทางระหว่างตำแหน่งข้อมูลกับตำแหน่ง
 ทางแยก หลังจากนั้นจึงนับจำนวนจุดที่มีระยะทางน้อยกว่าความคลาดเคลื่อนของพิกัดตำแหน่งที่
 ทางแยก ผลลัพธ์ที่ได้รับมีทั้งหมด 3 กรณีได้แก่

1. ถ้ามีจุดข้อมูลเพียง 1 จุดแล้วเวลาที่รถแล่นผ่านทางแยกจะเท่ากับเวลาของจุดข้อมูลนั้น
2. ถ้ามีจำนวนจุดมากกว่า 1 จุดแล้วเวลาที่รถแล่นผ่านทางแยกจะเท่ากับเวลาของจุดสุดท้าย
 ที่มีระยะทางน้อยกว่าความคลาดเคลื่อนของพิกัดตำแหน่งที่ทางแยก
3. หากไม่มีจุดใดที่มีระยะทางน้อยกว่าความคลาดเคลื่อนของพิกัดตำแหน่งทางแยกให้
 ลากเส้นระหว่างจุดที่รถจะมาถึงทางแยกกับจุดที่รถแล่นผ่านทางแยกแล้วลากเส้นตั้งฉาก
 จากทางแยกถึงเส้นตรงเส้นแรก หลังจากนั้นจึงหาเวลาที่รถผ่านโดยการเทียบ
 บัญญัติไตรยางศ์ด้วยระยะทางจากจุดที่จะมาถึงทางแยกกับจุดที่เส้นตรงตัดกันและระยะ
 จากที่จุดที่รถจะมาถึงทางแยกกับจุดที่รถแล่นผ่านทางแยก

2.5 ความรู้พื้นฐานของการเดินทางด้วยรถแท็กซี่

การให้บริการของคนขับรถแท็กซี่เป็นการให้บริการแบบกึ่งมวลชนซึ่งเป็นการให้บริการกับ
 คนทั่วไปที่ต้องการเดินทาง แต่จะสามารถเลือกเส้นทางการเดินทางได้

ในปี ค.ศ. 1995 การเดินทางด้วยรถแท็กซี่ถือว่าเป็นรูปแบบการเดินทางที่มีความสำคัญ
 มากในประเทศสหรัฐอเมริกา ในบางพื้นที่พบว่า การเดินทางด้วยรถแท็กซี่เป็นการเดินทางรูปแบบ
 เดียวที่สามารถใช้ได้ ในชุมชนจำนวน 3000 กว่าแห่งคนเดินทางด้วยรถแท็กซี่แต่ในชุมชนประมาณ



รูปที่ 2.11 การหาเวลาที่ผ่านจุดปลายถนน

ที่มา : Sugino และ คนอื่นๆ; 2001

1000 แห่งคนเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะ เมื่อเปรียบเทียบกับการเดินทางด้วยการขนส่งสาธารณะพบว่าค่าโดยสารแพงกว่า การบริการด้วยรถแท็กซี่ไม่มีประสิทธิภาพเนื่องจากไม่มีผู้โดยสารทุกช่วงเวลาที่ยอดรถแท็กซี่บริการและดำเนินการโดยภาคเอกชนทั้งหมด การให้บริการของรถแท็กซี่ในเมืองนิวยอร์กซิตีและ วอชิงตันดีซี มีมาตรฐานสูงดังนั้นจึงได้รับความนิยมใช้บริการจากผู้คนทุกระดับ อย่างไรก็ตามผู้โดยสารที่มักใช้บริการในเมืองอื่นประกอบด้วย คนที่มีรายได้น้อย คนสูงอายุ รวมทั้งนักธุรกิจและนักท่องเที่ยวจากต่างประเทศ จุดมุ่งหมายของการเดินทางมักไม่ได้เกิดจากความต้องการไปทำงานแต่มักจะเกิดการดำเนินงานและติดต่อธุรกิจส่วนบุคคล หรือ พบปะสังสรรค์ในงานสังคม หรือ ซื้อของที่ห้างสรรพสินค้า ความต้องการใช้บริการไม่ได้อยู่ในช่วงเวลาเร่งด่วนแต่อยู่ช่วงเวลาบ่าย วิธีการเรียกใช้บริการมี 3 วิธี ได้แก่

1. การเรียกใช้บริการด้วยโทรศัพท์ เริ่มจากผู้โดยสารโทรศัพท์แจ้งความต้องการใช้บริการกับศูนย์วิทยุ หลังจากนั้นศูนย์วิทยุจะสั่งให้รถแท็กซี่ไปรับผู้โดยสาร วิธีการนี้เหมาะกับเมืองหรือชุมชนขนาดเล็ก แต่ไม่เหมาะกับเมืองขนาดใหญ่
2. การเรียกใช้บริการบริเวณทางเท้าในขณะที่รถแท็กซี่แล่นผ่าน ผู้โดยสารต้องพยายามมองหารถแท็กซี่ที่ไม่มีผู้โดยสารในขณะที่คนขับรถแท็กซี่ที่ไม่มีผู้โดยสารก็พยายามมองหาผู้โดยสารที่ยืนบริเวณทางเท้าเช่นเดียวกัน ในเมืองแมนฮัตตันนั้นระยะทางที่ใช้ในการค้นหาผู้โดยสารประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ของระยะทางทั้งหมดที่รถแล่นได้ วิธีนี้เหมาะกับเมืองขนาดใหญ่ เช่น เมืองนิวยอร์กซิตี
3. รถแท็กซี่จอดรอผู้โดยสารในบริเวณที่มีผู้โดยสารจำนวนมาก ในหลายเมืองพยายามที่ทำให้รถแท็กซี่ไปจอดรอผู้โดยสารตามบริเวณต่างๆ เช่น โรงแรม โรงหนัง สนามบิน สถานีขนส่งขนาดใหญ่ เป็นต้น จุดประสงค์ที่ต้องการคือลดการแล่นของรถแท็กซี่ อย่างไรก็ตาม

ตามพบว่า ผู้โดยสารไม่ได้รับความสะดวกจากวิธีการนี้โดยเฉพาะคนที่มาจากท้องที่อื่น เนื่องจากพวกเขาไม่ทราบจุดเรียกใช้บริการ ดังนั้นคนขับรถแท็กซี่บางคนจึงไม่ค้นหาผู้โดยสารด้วยวิธีนี้

ในอดีตผู้ให้บริการอยู่ในรูปแบบของบริษัท คนขับรถแท็กซี่ที่เป็นพนักงาน รายได้ของพนักงานอยู่ในช่วงร้อยละ 43 – 50 ของค่าโดยสารทั้งหมดของแต่ละคน ในปัจจุบันคนขับรถแท็กซี่เป็นเจ้าของหรือเช่ารถซึ่งพวกเขายังสามารถใช้บริการจากศูนย์วิทยุได้เช่นเดิม สาเหตุหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงคือการดำเนินการในรูปแบบของบริษัทต้องเสียภาษีและค่าธรรมเนียมในการรักษาความปลอดภัยของส่วนรวม เวลาการทำงานของคนขับรถแท็กซี่โดยเฉลี่ยเท่ากับ 12 ชม. ต่อวันและทำงาน 6 วันต่อสัปดาห์

อรรถพร สุริยเลิศ (2539) ศึกษาพฤติกรรมของคนขับแท็กซี่กับปัญหาจราจรในกรุงเทพมหานคร วิธีการสุ่มตัวอย่างที่เลือกใช้คือวิธีการสุ่มตัวอย่างตามประสงค์ หรือแบบเจาะจงเฉพาะกลุ่ม(Purpose sample) สาเหตุที่ใช้วิธีดังกล่าวเนื่องจากงบประมาณและเวลาที่มีจำกัด ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 120 คนภายใต้เงื่อนไขของการสุ่มตัวอย่างนี้คือ

1. เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าผู้ขับรถแท็กซี่ส่วนใหญ่มีฐานะยากจนและเป็นผู้เช่ารถจากสหกรณ์แท็กซี่ ดังนั้นประชากรตัวอย่างที่ศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งไปที่ผู้ขับรถแท็กซี่ที่เช่ารถมาขับซึ่งเป็นส่วนใหญ่และผู้ขับที่เป็นเจ้าของรถเป็นบางส่วน
2. ขั้นตอนของการสุ่มตัวอย่าง ได้แบ่งกลุ่มอายุของประชากรออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ กลุ่มที่มีอายุต่ำกว่า 30 ปี กลุ่มที่มีอายุตั้งแต่ 30 ปีถึง 45 ปี และกลุ่มที่มีอายุ 46 ปีขึ้นไป โดยสุ่มมากลุ่มละเท่าๆกัน ทั้งนี้เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างมีอายุโดยเฉลี่ยตรงต่อความเป็นจริงมากที่สุด การวางแผนสุ่มตัวอย่างตามวิธีการนี้เป็นการหลีกเลี่ยงมิให้กลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการสำรวจ มีอายุตกอยู่ในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งมากเกินไป
3. เป็นที่ทราบกันดีว่า กลุ่มผู้ขับรถแท็กซี่ มีช่วงเวลาขับทั้งเวลากลางวันและกลางคืน ทั้งนี้จำนวนที่ขับในเวลากลางวันมากกว่ากลางคืน ดังนั้นการวางแผนด้านเวลาในการเก็บข้อมูลจึงถูกกำหนดขึ้น โดยแบ่งให้เป็นเวลากลางวันร้อยละ 70 ของกลุ่มตัวอย่าง ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 30 เป็นกลุ่มตัวอย่าง ที่เก็บในตอนกลางคืน
4. การสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยเก็บข้อมูลจากคนขับรถคันใดก็ได้

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลลักษณะทั่วไปของคนขับรถแท็กซี่ที่ศึกษา

ที่มา : อรรถพร สุริยเลิศ; 2539

ประเภทของข้อมูล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ลักษณะการประกอบอาชีพ		
1. อาชีพหลัก	93	77.50
2. อาชีพรอง	27	22.50
อายุ		
1. 18 -30 ปี	41	34.20
2. 30 – 45 ปี	59	49.20
3. 46 ปี ขึ้นไป	20	16.60
ภูมิลำเนา		
1. ภาคกลาง	8	6.70
2. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	104	86.70
3. ภาคเหนือ	2	1.70
4. ภาคใต้	2	1.70
5. กรุงเทพมหานคร	4	3.40
ระดับการศึกษา		
1. ต่ำกว่าประถมศึกษา	16	13.30
2. ประถมศึกษา	58	48.30
3. มัธยมศึกษา	27	22.60
4. สูงกว่ามัธยมศึกษา	19	15.80
รายได้ (บาท / เดือน)		
1. 1,000 – 3,000	18	15.00
2. 3,001 – 5,000	43	35.80
3. 5,001 – 7,000	30	25.00
4. มากกว่า 7,000	29	24.50
ค่าเช่ารถ (บาท / วัน)		
1. ไม่เกิน 400 บาท	31	25.80
2. 401 – 500 บาท	69	57.50
3. 501 บาทขึ้นไป	20	16.70

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลลักษณะทั่วไปของคนขับรถแท็กซี่ที่ศึกษา

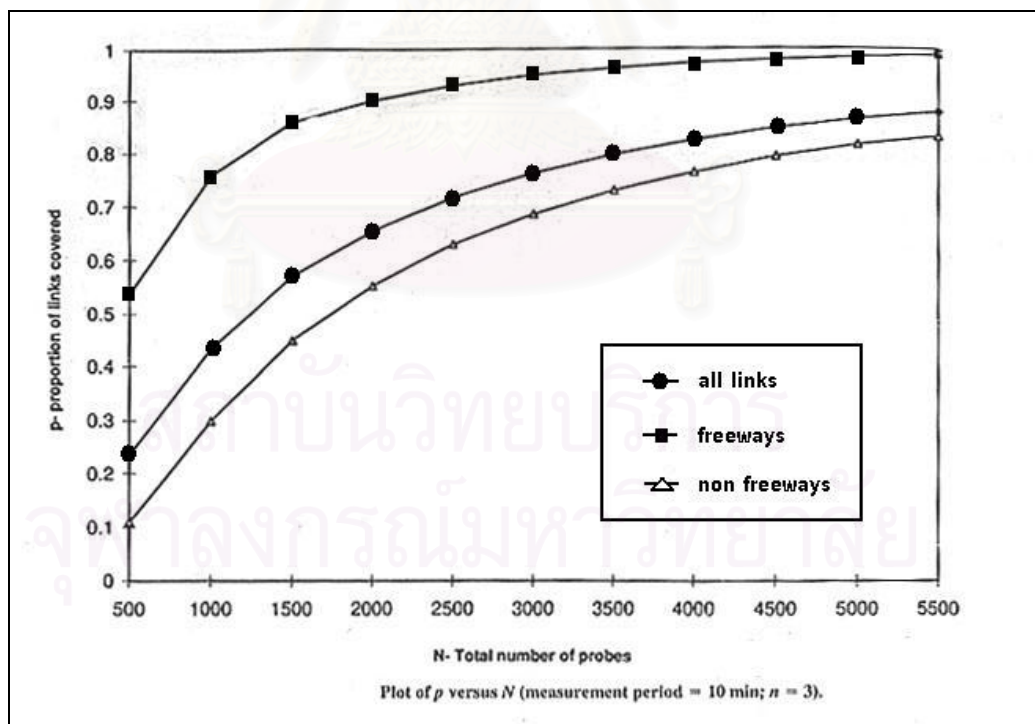
ที่มา : อรรถพร สุริยเลิศ; 2539

ประเภทของข้อมูล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ค่าเติมน้ำมันหรือแก๊ส		
1. ไม่เกิน 300 บาท	58	48.30
2. 301 – 400 บาท	20	16.70
3. 401 – 500 บาท	28	23.30
ระยะเวลาในการขับรถแท็กซี่		
1. ต่ำกว่า 1 ปี	7	5.80
2. 1 - 4 ปี	48	40.00
3. 4 – 7 ปี	25	20.80
4. 7 – 11 ปี	17	14.20
5. 11 ปี ขึ้นไป	23	19.20
ระยะเวลาในการได้รับใบอนุญาต		
1. ต่ำกว่า 1 ปี	2	1.70
2. 1 – 4 ปี	22	18.30
3. 4 – 7 ปี	33	27.50
4. 7 ปี ขึ้นไป	63	52.50
จำนวนชั่วโมงในการขับรถ ต่อ วัน		
1. ต่ำกว่า 4 ชม.	21	17.50
2. 4 – 8 ชม.	65	54.20
3. 8 – 12 ชม.	24	20.00
4. มากกว่า 12 ชม.	10	8.30

2.6 จำนวนรถตรวจวัดค่าการจราจรที่เพียงพอต่อการเก็บเวลาการเดินทางในโครงข่ายถนน

Srinivason และ Jovanis (1996) แสดงกระบวนการคำนวณเพื่อหาจำนวนรถตรวจวัดค่าการจราจรที่เพียงพอต่อการเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางในโครงข่ายถนนในพื้นที่ศึกษา ค่าครอบคลุมพื้นที่ (Area coverage) มีค่าเท่ากับจำนวนช่วงถนนที่เก็บเวลาการเดินทางได้ต่อจำนวนช่วงถนนทั้งหมดในพื้นที่ ค่าครอบคลุมพื้นที่คำนวณได้จากเส้นทางประเภทใดประเภทหนึ่ง

ซึ่งถ้าโครงข่ายถนนประกอบด้วยเส้นทาง 4 ประเภทได้แก่ ทางด่วน ถนนสายหลัก ทางลัด ซอย แล้วค่าครอบคลุมพื้นที่จะมีทั้งหมด 4 ค่า สิ่งที่ต้องพิจารณาคือลักษณะการกระจายตัวของความยาวของการเดินทาง ลักษณะการวางตัวและการเชื่อมต่อของเส้นทางประเภทเดียวกันและประเภทต่างกัน ความเร็วที่รถแล่นบนเส้นทางแต่ละประเภท รวมทั้ง จุดเริ่มต้น จุดหมายปลายทาง และเวลาเริ่มต้นเดินทาง กระบวนการที่ใช้ในการหาเส้นทางที่รถแล่นผ่านคือการหาการเลือกเส้นทางเดินทางด้วยความน่าจะเป็นหรือการหาการเลือกเส้นทางเดินทางแบบพลวัต ขั้นตอนการคำนวณเริ่มจากการหาเส้นทางจากแบบจำลองหาเส้นทางการเดินทาง หลังจากนั้นจึงจำลองเหตุการณ์จริงด้วยการสุ่มจุดเริ่มต้น จุดหมายปลายทางและเวลาเริ่มต้นการเดินทางของแต่ละการเดินทาง ในบางสถานที่จะมีโอกาสเป็นจุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทางมากกว่าและจะมีโอกาสเริ่มเดินทางในแต่ละช่วงเวลาแตกต่างกัน ดังนั้นแต่ละจุดเริ่มต้น จุดหมายปลายทางและเวลาเริ่มต้นการเดินทางจะมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดการเดินทางไม่เท่ากัน เมื่อสุ่มการเดินทางจนได้จำนวนการเดินทางที่ต้องการแล้วจึงนำข้อมูลการเดินทางไปวิเคราะห์ด้วยเส้นทางการเดินทาง ผลลัพธ์ที่ได้คือจำนวนครั้งที่รถแล่นผ่านช่วงถนนต่างๆ บนโครงข่ายถนน โครงข่ายถนนที่เลือกศึกษาคือโครงข่ายถนนในเมืองซาคราเมนโต้ โครงข่ายถนนนี้ครอบคลุมพื้นที่ 170 ตารางไมล์



รูปที่ 2.12 สัดส่วนของช่วงถนนที่เก็บเวลาการเดินทางได้จากการศึกษาในเมืองซาคราเมนโต้ ประเทศสหรัฐอเมริกา

ที่มา : Srinivason และ Jovanis; 1996

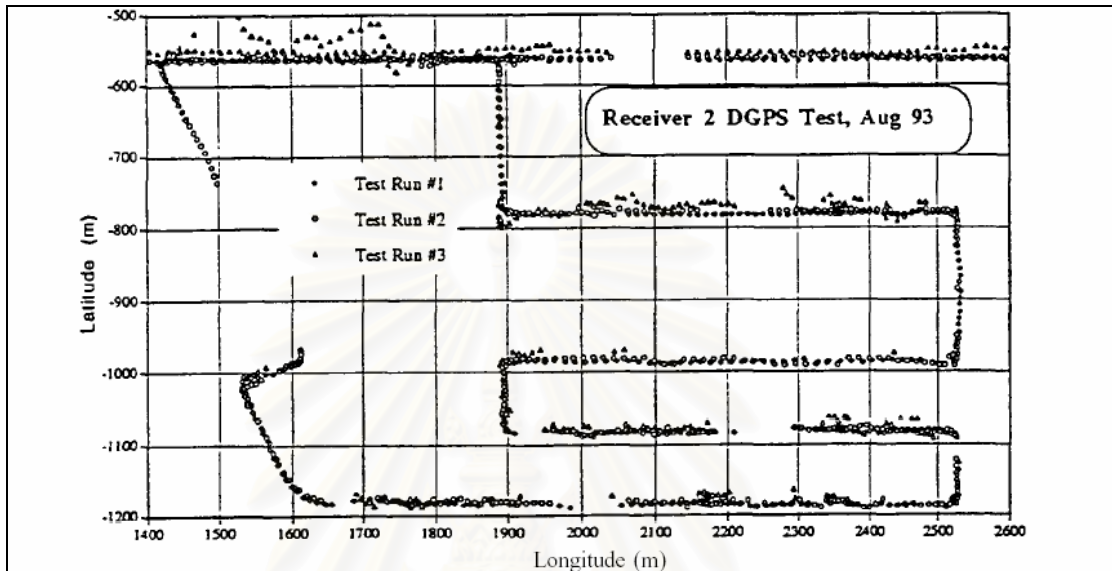
ประกอบด้วย ทางด่วน 73 ช่วงถนนและถนนสายหลัก 175 ช่วงถนน จากรูปที่ 2.12 เมื่อเปรียบเทียบทางด่วนและถนนสายหลักพบว่า ค่าครอบคลุมพื้นที่ของทางด่วนเพิ่มขึ้นด้วยอัตราสูง ในขณะที่จำนวนรถตรวจวัดค่าการจราจรยังไม่มากนัก และค่าครอบคลุมพื้นที่เพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่ต่ำลงในขณะที่จำนวนรถตรวจวัดค่าการจราจรเริ่มมีค่ามาก ในขณะที่ค่าครอบคลุมพื้นที่ของถนนสายหลักเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่น้อยกว่าค่าของทางด่วนในขณะที่จำนวนรถตรวจวัดค่าการจราจรยังไม่มากนัก แต่ค่าครอบคลุมพื้นที่ของถนนสายหลักเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่มากกว่าค่าของทางด่วนในขณะที่จำนวนรถตรวจวัดค่าการจราจรมีค่ามาก เส้นทางที่มีความเร็วในการเคลื่อนที่สูงจะมีค่าครอบคลุมพื้นที่มากกว่าเส้นทางที่มีความเร็วในการเคลื่อนที่ต่ำ ช่วงเวลาเร่งด่วน(Peak hour) จะมีค่าครอบคลุมพื้นที่น้อยกว่าช่วงเวลาปกติ (Off peak) ในช่วงเวลาที่ไม่ใช่ช่วงเวลาเร่งด่วนควรมีอุปกรณ์ประเภทอื่นที่ช่วยรถตรวจวัดค่าการจราจรในการเก็บเวลาการเดินทาง เนื่องจากการเก็บเวลาการเดินทางของถนนสายรองและซอยต้องมีจำนวนมากกว่าการเก็บเวลาการเดินทางของทางด่วนและถนนสายหลัก ดังนั้นการใช้รถตรวจวัดค่าการจราจรเพียงอย่างเดียวจึงไม่สามารถเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางของถนนสายรองและซอยได้อย่างทั่วถึง นอกจากนี้การศึกษายังได้เสนอแนะว่าหากจำนวนคนขับรถที่ทราบข้อมูลสภาพการจราจรมากขึ้นทำให้ระบบเผยแพร่ข้อมูลจราจรแบบทันทีมีประสิทธิภาพลดลง

2.7 ความสามารถในการรับสัญญาณได้ของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส

หากนำระบบจีพีเอสมาใช้ในเขตเมืองในบางครั้งจะพบว่าพิกัดตำแหน่งที่ได้จะมีความคลาดเคลื่อนมากขึ้น Este Taylor และ Zito (1995) ได้กล่าวว่าจุดด้อยหนึ่งที่ถือว่าเป็นประเด็นหลักของการพิจารณาในการนำระบบจีพีเอสมาใช้งานจริง คือสัญญาณจะถูกปิดกั้นด้วยตึกอาคารสูงในย่านธุรกิจหรือที่พักอาศัยเป็นผลให้สัญญาณไม่สามารถเดินทางไปถึงเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสและไม่สามารถหาตำแหน่งได้

Melgard Lachapelle และ Gehue (1994:1-3) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องรับสัญญาณโดยใช้ค่าที่ใช้ประเมินความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอส หรืออัตราส่วนระหว่างเวลาที่สามารถรับสัญญาณได้ต่อเวลาทั้งหมดที่รถแล่นเพื่อเก็บข้อมูล สถานที่ทดสอบคือบริเวณใจกลางเมืองซึ่งมีตึกอาคารสูงและบริเวณที่พักอาศัยซึ่งมีต้นไม้อยู่บริเวณขอบถนน แต่ละสถานที่จะทำการทดสอบหลาย ๆ ครั้ง (Repeatability) เพื่อหาว่าในแต่ละครั้งผลลัพธ์ที่ได้เหมือนกันหรือไม่ จากผลการทดลองพบว่าในบริเวณที่พักอาศัยสามารถรับสัญญาณได้มากกว่าในบริเวณใจกลางเมือง

Bullock (1997) ศึกษาตำแหน่งการวางอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอส (GPS antenna) มีผลต่อการรับสัญญาณจีพีเอสหรือไม่ พารามิเตอร์หนึ่งที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของการรับสัญญาณได้คือสัดส่วนของเวลาที่สัญญาณหายต่อเวลาทั้งหมดที่รถแล่นเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมที่เลือกทำการทดลองคือ บริเวณป่าไม้และเมืองซึ่งมีตึกอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่อาจจะบดบัง



รูปที่ 2.13 การทดสอบความสามารถในการรับสัญญาณได้ของเครื่องสัญญาณจีพีเอส
ซึ่งทำการทดสอบหลาย ๆ ครั้ง

ที่มา : Melgard Lachapelle และ Gehue; 1994

สัญญาณจีพีเอสได้ ผลการศึกษาพบว่า การวางอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสไว้ที่หลังคารถหรือที่วางของหลังเบาะคนนั่งหลังคนขับ (Rear package shelf) หรือ คอนโซลด้านหน้า (Dashboard) จะมีความสามารถในการรับสัญญาณไม่แตกต่างกันมาก โดยวางอุปกรณ์รับสัญญาณไว้ที่หลังคารถจะรับสัญญาณได้ดีที่สุดในบางกรณีพบว่าในช่วงถนนเดียวกันความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอสขณะที่รถแล่นในแต่ละทิศทางมีความแตกต่างกัน

Zheng Wang และ Nihan (2003) ศึกษาความสามารถในการรับสัญญาณได้โดยพิจารณาในรูปของระยะเวลาที่ต้องใช้ในการประมวลผลข้อมูลใหม่อันเกิดจากสัญญาณหายในบางช่วงเวลา โดยปกติเครื่องรับสัญญาณจะประมวลผลข้อมูลตำแหน่งอีกครั้งตามความถี่ในการเก็บข้อมูลของเครื่องรับสัญญาณ อย่างไรก็ตามเมื่อรถที่ติดตั้งเครื่องรับสัญญาณแล่นผ่านบริเวณอับสัญญาณทำให้ไม่สามารถประมวลผลข้อมูลตำแหน่งได้และเมื่อรถออกจากบริเวณอับสัญญาณแล้วจึงสามารถหาตำแหน่งรถได้อีกครั้ง เวลาที่ทำการประมวลผลข้อมูลใหม่คือระยะเวลาตั้งแต่การประมวลผลข้อมูลได้ครั้งสุดท้ายก่อนเข้าบริเวณอับสัญญาณถึงเวลาที่ประมวลผลข้อมูล

ได้อีกครั้ง หลังจากนั้นจึงแล่นรถเพื่อเก็บข้อมูลและศึกษาการกระจายตัวของเวลาที่ทำการประมวลผลข้อมูลดังตารางที่ 2.4

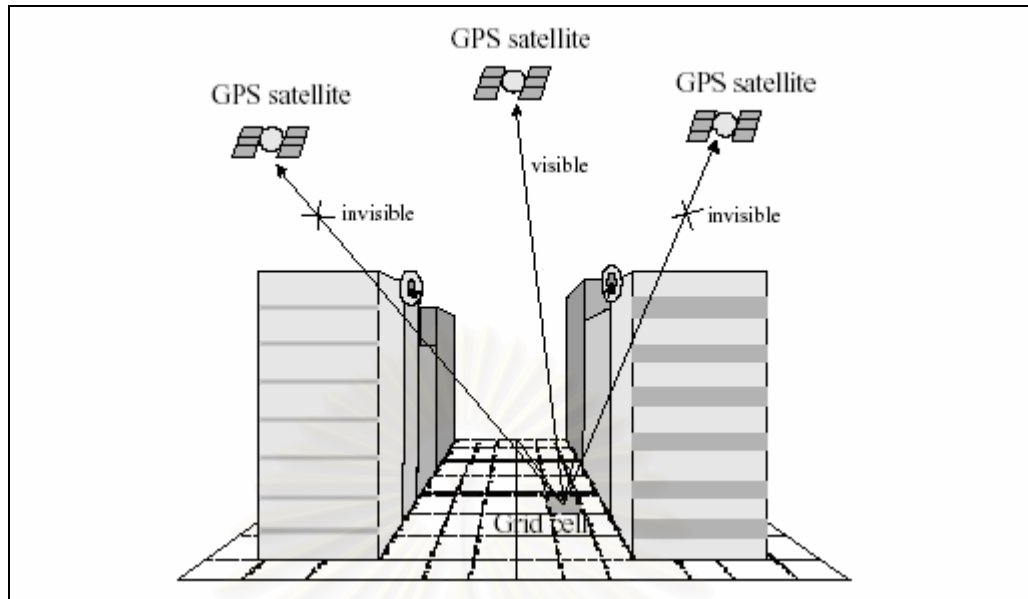
ตารางที่ 2.4 เวลาที่ประมวลผลข้อมูลตำแหน่งอีกครั้ง

ที่มา : Zheng Wang และ Nihan; 2003

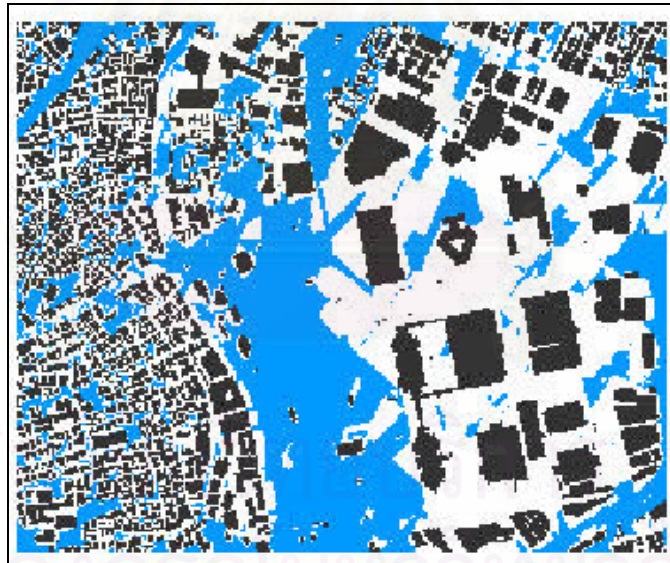
เส้นทาง	พื้นที่	เวลาการเดินทางทั้งหมด (นาที)	เวลาที่ทำการประมวลผลใหม่ (นาที)			
			1-2	2-3	3-4	> 4
เส้นทางที่ 2	เขตเมือง	22.72	5	2	0	0
เส้นทางที่ 3	เขตเมือง	64.75	15	2	2	1
เส้นทางที่ 3	เขตชานเมือง	28.07	1	0	1	0

ถึงแม้ว่าค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดความสามารถการรับสัญญาณได้เป็นค่าที่สามารถคำนวณได้ง่ายและเปรียบเทียบได้ชัดเจนว่าเครื่องรับสัญญาณใดที่สามารถรับสัญญาณได้เพียงใด ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวไม่สามารถวัดประสิทธิภาพของเครื่องรับสัญญาณเครื่องเดียวได้ ตัวอย่างเช่น ในบางกรณีที่รถแล่นผ่านบริเวณอับสัญญาณด้วยความเร็วสูงใช้เวลาน้อยกว่ารถแล่นผ่านบริเวณเดียวกันด้วยความเร็วต่ำ ดังนั้นค่าที่ได้จะแตกต่างกันทั้งที่สถานที่เดียวกันก็ตาม

Suh และ คนอื่นๆ (2002) ศึกษาพื้นที่ที่สามารถรับสัญญาณได้โดยการจำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงอันประกอบด้วยแผนที่สามมิติและข้อมูลการโคจรของดาวเทียม แผนที่สามมิติมือถือประกอบด้วยหลักคือสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ตัวอย่างเช่น ตึกอาคาร เป็นต้น พื้นที่ทำการศึกษาถูกแบ่งออกเป็นตารางกริด (Grid cell) แล้ววิเคราะห์ว่าแต่ละตารางกริดอับสัญญาณหรือไม่โดยพิจารณาที่จุดศูนย์กลางของตารางกริดเพื่อหาจำนวนดาวเทียมที่สามารถส่งสัญญาณมายังจุดดังกล่าวได้ หากจำนวนดาวเทียมที่สามารถส่งสัญญาณมายังตารางกริดไม่น้อยกว่า 4 ดวงแล้วจะสรุปได้ว่าตารางกริดนั้นเป็นพื้นที่ที่เครื่องรับสัญญาณสามารถรับคลื่นได้ นอกจากนี้ในแต่ละเวลาจำนวนดาวเทียมที่สามารถส่งสัญญาณมายังตารางกริดไม่เท่ากันเพราะดาวเทียมต่างๆ ดวงมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา



รูปที่ 2.14 การแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นตารางกริดเพื่อหาจุดที่อับสัญญาณจีพีเอส
ที่มา : Suh และ คนอื่นๆ; 2002



รูปที่ 2.15 พื้นที่ที่สามารถรับสัญญาณได้โดยการจำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง
ที่มา : Suh และ คนอื่นๆ; 2002

บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะนำเสนอระเบียบวิธีวิจัยและการจัดหาข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์โดยวิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ส่วนประกอบหลักได้แก่ ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การประมวลผลข้อมูล และ แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้กำหนดให้รถแท็กซี่เป็นรถที่ติดตั้งเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสเพื่อเก็บเวลาการเดินทางทั้งนี้เพราะรถแท็กซี่มีเส้นทางการแล่นของรถหลากหลายและระยะทางการแล่นต่อวันสูง อย่างไรก็ตามก็ระยะเวลาที่เข้ารถแท็กซี่มักขึ้นอยู่กับบริษัทหรือผู้ที่ให้เข้ารถและมีหลายช่วงเวลา เช่น 12 ชั่วโมง 1 วัน 2 วัน 3 วัน เป็นต้น และอุปกรณ์เก็บข้อมูลสามารถเก็บข้อมูลได้ไม่เกิน 10 ชั่วโมงเท่านั้น ด้วยเหตุนี้จึงเลือกผู้แท็กซี่ที่กำหนดระยะเวลาเข้ารถ 1 ครั้งเท่ากับ 12 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังกำหนดการติดตั้งอุปกรณ์บนรถแท็กซี่ที่มีจุดเปลี่ยนคนขับในเขตเมืองและต้องการคนขับที่มักจะขับรถเพื่อค้นหาผู้โดยสารในบริเวณที่ไม่ไกลจากจุดเปลี่ยนคนขับมากนัก เพื่อให้รถแท็กซี่แล่นบนถนนในเขตเมืองและสามารถวิเคราะห์ความสามารถในการรับสัญญาณในเขตเมืองได้



รูปที่ 3.1 ที่ตั้งของรถแท็กซี่

ประชากรที่ใช้เป็นกรณีศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ รถแท็กซี่ที่คนขับต้องรับและคืนรถ ณ คู่อแท็กซี่แห่งหนึ่ง บริเวณสำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด ซึ่งตั้งอยู่ในเขตราชเทวี ซึ่งมีระยะเวลาเช่ารถ 1 ครั้งเท่ากับ 12 ชั่วโมง กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยคือรถแท็กซี่จำนวน 5 คันเนื่องจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลมีจำนวน 5 ชุด ในการวิจัยนี้ได้เลือกศึกษาการสัญจรของรถแท็กซี่บนถนนสายหลักเนื่องจากถนนสายหลักเป็นเส้นทางหลักที่รถยนต์ส่วนมากใช้ในการสัญจรและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการจราจรในกรุงเทพมหานคร เส้นทางที่เลือกวิเคราะห์สำหรับวัตถุประสงค์ประการแรกและประการที่สองคือเส้นทางในอาณาเขตของกรุงเทพมหานคร โดยเฉพาะอย่างยิ่งถนนสายหลัก เส้นทางที่เลือกวิเคราะห์สำหรับวัตถุประสงค์ประการที่สองคือถนนสายหลักในเขต ปทุมวัน ราชเทวี พญาไท คลองเตย วัฒนา ห้วยขวาง และดินแดง เนื่องจากพื้นที่ทั้ง 7 เขตเป็นพื้นที่ที่ล้อมรอบคู่อแท็กซี่เป็นผลให้รถแท็กซี่น่าจะแล่นผ่านถนนสายหลักในพื้นที่เหล่านี้มากกว่าถนนสายหลักภายในพื้นที่อื่น

สำหรับวิธีการสุ่มตัวอย่างเริ่มจากการสัมภาษณ์ลักษณะการขับขีรถแท็กซี่ของแต่ละคนจากสัมภาษณ์พบว่า คนขับรถแท็กซี่เกือบทั้งหมดมักจะขับรถในเส้นทางที่ไม่ไกลจากคู่อแท็กซี่ และมีผู้โดยสารจำนวนมาก และคนขับเพียงบางคนมักจะขับรถไปบริเวณที่ไกลจากคู่อแท็กซี่และใช้บริการศูนย์วิทยุเพื่อค้นหาผู้โดยสารหรือขับรถไปจอดรอผู้โดยสารตามสถานที่ต่างๆ เช่น โรงแรม เป็นต้น ดังนั้นจึงเลือกติดตั้งอุปกรณ์ในรถคันที่คนขับมีพฤติกรรมการขับขีเหมือนคนขับส่วนใหญ่

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีทั้งหมด 3 ชุด ได้แก่ เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส และอุปกรณ์บันทึกเวลาการเดินทาง เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตารางคำนวณเพื่อใช้ในการแปลงข้อมูล (Data conversion spreadsheet) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และแสดงผล

3.2.1 อุปกรณ์เก็บรวบรวมข้อมูล

อุปกรณ์ 1 ชุดมีส่วนประกอบ 3 ส่วนคือ อุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอส อุปกรณ์บันทึกการเดินทาง (Trip recorder) และ กล้องประมวลผลสัญญาณจีพีเอสและเก็บข้อมูล (Mobile Observer) ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ประกอบด้วยละติจูด ลองจิจูด และความสูง รวมทั้งความเร็วในการเคลื่อนที่ ข้อมูลตำแหน่งใช้พื้นหลักฐาน WGS84 อุปกรณ์เก็บข้อมูลทุกๆ 5 วินาที ความสามารถในการเก็บข้อมูลของกล้องประมวลผลสัญญาณจีพีเอสและเก็บข้อมูล ไม่เกิน 10 ชั่วโมง หากเก็บข้อมูลนานกว่า 10 ชั่วโมงแล้วอุปกรณ์จะบันทึกข้อมูลใหม่แทนที่ข้อมูลเก่าที่สุด



GPS antenna

Trip Recorder

Mobile Server

รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

อุปกรณ์ข้อมูลดังกล่าวได้รับความอนุเคราะห์จาก ITS Japan และ Association of Electronics Technology for Automobile Traffic and Driving (JSK) วิธีการติดตั้งได้รับการช่วยเหลือจาก Assoc.Prof. Dr. Atsushi Fukuda อาจารย์มหาวิทยาลัยนิฮอน ประเทศญี่ปุ่น และบริษัท เด็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด

3.2.2 ตารางคำนวณเพื่อใช้ในการแปลงข้อมูล

ตารางคำนวณเพื่อใช้ในการแปลงข้อมูลอยู่ในรูปแบบของตารางคำนวณของ Microsoft Excel วัตถุประสงค์ของการใช้ตารางเพื่อแปลงข้อมูลจากละติจูดและลองจิจูด (Ellipsoidal - Coordinate) ให้อยู่ในระบบพิกัดฉาก (Grid Coordinate) ผู้วิจัยดาวน์โหลดตารางคำนวณจาก www.anzlic.org.au/icsm/gdatm

3.2.3 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การวิเคราะห์และแสดงผลประกอบด้วย ข้อมูลแผนที่กรุงเทพมหานคร และ โปรแกรม MapInfo Professional แผนที่กรุงเทพมหานครประกอบด้วย

1. เส้นทางคมนาคมของรถอันได้แก่ ถนน ซอย ตรอก ทางด่วน สะพาน ทางยกระดับ และ ทางแยกต่างระดับ
2. เส้นทางรถไฟ
3. เส้นทางคมนาคมทางน้ำ อันได้แก่ แม่น้ำ และ คลอง
4. พื้นที่เขตการปกครอง

แผนที่กรุงเทพมหานครได้รับการอนุเคราะห์จากบริษัท อีเอสอาร์ไอ (ประเทศไทย) จำกัด แผนที่ที่ได้รับมีทั้งหมด 2 ชุด แผนที่ชุดแรกเป็นแผนที่ที่แสดงบนกริดยูทีเอ็ม (UTM Grid) ซึ่งใช้พื้นที่ฐานอินเดีย 1975 (Indian 1975) แผนที่ชุดที่ 2 เป็นแผนที่ที่แสดงบนกริดยูทีเอ็มซึ่งใช้พื้นที่ฐาน WGS84 (World Geodetic System 1984) แผนที่ที่ได้รับมีอัตราส่วน 1 ต่อ 4000

โปรแกรม MapInfo Professional เป็นเครื่องมือสำหรับแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลได้รับความร่วมมือจากคนขับรถแท็กซี่ที่บันทึกการเดินทางด้วยสวิตช์กดปุ่มบันทึกการเดินทาง เพื่อให้ทราบว่า ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง มีผู้โดยสารอยู่ในรถแท็กซี่หรือไม่ เนื่องจากความสามารถในการเก็บข้อมูลได้ไม่เกิน 10 ชั่วโมงและช่วงเวลาที่คนขับมารับและคืนรถแท็กซี่อื่นประกอบด้วย 2 ช่วงเวลาได้แก่ เวลา 03.00 น. ถึง 4.00 น. และ 15.00 ถึง 16.00 น. โดยประมาณ(ใน 1 วันรถแท็กซี่ 1 คันมีคนขับแท็กซี่ 2 คนซึ่งคนแรกขับรถตั้งแต่ 04.00 ถึง 15.00 น. และคนที่ 2 ขับรถตั้งแต่ 16.00 ถึง 03.00 น.) ดังนั้นจึงเก็บข้อมูลวันละ 2 ครั้งซึ่งเป็นช่วงเวลาที่คนขับมารับและคืนรถแท็กซี่ ณ คู่มือแท็กซี่ โดยเก็บข้อมูลได้สูงสุด 20 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 30 วัน ในบางวันพบว่าข้อมูลได้รับจากรถแท็กซี่ 1 คันไม่เท่ากับ 20 ชั่วโมงเนื่องจากคนขับจอดพักเป็นเวลานาน

ตารางที่ 3.1 ช่วงเวลาการขับรถและการเก็บรวบรวมข้อมูลในหนึ่งวัน

เวลา (โดยประมาณ)	กิจกรรม
04.00 – 15.00 น.	คนขับรถคนที่ 1 ขับรถแท็กซี่
15.00 – 16.00 น.	เก็บรวบรวมข้อมูลครั้งที่ 1
16.00 – 24.00 น. และ 0.00 – 03.00 น. ในวันรุ่งขึ้น	คนขับรถคนที่ 2 ขับรถแท็กซี่
03.00 – 04.00 น.	เก็บรวบรวมข้อมูลครั้งที่ 2

ระยะเวลาที่ต้องการเก็บข้อมูลเท่ากับ 30 วัน อย่างไรก็ตามในช่วงเวลาที่เก็บข้อมูลจริงได้เกิดความล่าช้าเนื่องจากมีปัญหาและอุปสรรคระหว่างการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนั้นการเก็บรวบรวมข้อมูลจึงไม่สามารถดำเนินการได้ตามกำหนดการอันเป็นผลให้ใช้เวลานานกว่าที่กำหนด การเก็บรวบรวมข้อมูลเริ่มตั้งแต่วันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2545 ถึงวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2545 ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

1. การชำรุดของอุปกรณ์ ECU ในรถแท็กซี่
รถแท็กซี่ที่อุปกรณ์ ECU ชำรุดมีจำนวน 1 คันและอุปกรณ์ดังกล่าวชำรุด 1 ครั้ง ผู้วิจัยได้ขอความอนุเคราะห์จากคุณนินนาท ไชยธีรวิญญู รองประธานบริษัทโตโยต้า

- มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด ในการจัดเปลี่ยนอุปกรณ์ ECU ให้ใหม่เป็นผลให้รถแท็กซี่คันดังกล่าวสามารถใช้งานได้ตามปกติ
2. อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับรถที่ติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูล ในขณะที่เก็บข้อมูลได้เกิดอุบัติเหตุกับรถที่ติดตั้งอุปกรณ์จำนวน 2 ครั้งซึ่งใช้เวลาในการซ่อมแซมรถ 4 และ 6 วัน เนื่องจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นไม่รุนแรงมาก
 3. การเปลี่ยนคนขับในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน
ในบางวันมีการเปลี่ยนคนขับรถในเวลาใกล้เคียงกัน เนื่องจากคนเก็บรวบรวมข้อมูลมีจำนวน 1 คนดังนั้นจึงไม่สามารถถ่ายโอนข้อมูลจากอุปกรณ์เก็บรวบรวมข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เสร็จก่อนที่คนขับรถแท็กซี่จะขับรถออกไปจากคูแท็กซี่ เหตุการณ์ดังกล่าวมักจะเกิดขึ้นในช่วงที่เปลี่ยนคนขับในตอนกลางวัน
 4. ในตอนต้นของการเก็บข้อมูลนั้น อุปกรณ์ 1 ชุดมีสภาพไม่สมบูรณ์จึงซ่อมแซมแล้วนำไปใช้เก็บข้อมูลในช่วงเวลาหลังจากนั้น
 5. ระหว่างการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยเข้าร่วมงานสัมมนาวิชาการในงาน ISSOT (International Student Seminar on Transportation Research) ที่จัดขึ้นในประเทศญี่ปุ่น ตั้งแต่วันที่ 16 ถึง วันที่ 17 ตุลาคม 2545 ซึ่งใช้เวลาเตรียมเอกสารที่เกี่ยวข้องในการเดินทางและงานสัมมนาวิชาการประมาณ 10 วัน

3.4 การประมวลผลข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลดิบ (Raw data) ที่ได้รับไม่อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที ดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการที่ทำให้ข้อมูลอยู่ในรูปแบบที่ใช้งานได้ ซึ่งขั้นตอนการประมวลผลได้แก่ การแปลงข้อมูลตำแหน่งให้สามารถแสดงบนแผนที่ การลดเวลาให้ตรงตามเวลาที่ท้องถิ่นในประเทศไทย การตรวจสอบตำแหน่งให้สอดคล้องกับทิศทางการแล่นของรถ และการระบุตำแหน่งรถบนแผนที่โครงข่ายถนน ตามลำดับ

3.4.1 การแปลงข้อมูลตำแหน่งให้สามารถแสดงบนแผนที่

ข้อมูลตำแหน่งที่ได้รับอยู่ในรูปแบบของ Ellipsoidal Coordinate อันประกอบด้วย ละติจูด และลองจิจูด ซึ่งใช้พิกัดอ้างอิง WGS84 แต่ในแผนที่ในงานวิจัยบอกตำแหน่งด้วยเส้นโครงแผนที่แบบคงรูปชนิดกริดยูทีเอ็มที่มีพิกัดอ้างอิง WGS84 อันประกอบด้วย Easting Northing และ Zone ค่า Easting และ Northing เป็นค่าพิกัดฉาก X และ Y ตามลำดับ ค่า Zone จะบ่งบอกบริเวณของเส้นโครงแผนที่ที่ฉายข้อมูลตำแหน่งลงไป ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้สำหรับแปลงข้อมูลตำแหน่งด้วยตารางแปลงข้อมูลเพื่อแสดงในแผนที่ที่ได้รับแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าของพารามิเตอร์สำหรับแปลงตำแหน่งเพื่อแสดงในแผนที่ที่ได้รับ

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้สำหรับแผนที่กรุงเทพมหานคร
Ellipsoid definition	WGS84
Semi major axis (a)	6,378,137.000 เมตร
Inverse flattening (1/ f)	298.257223563
False Easting	500,000.0000 เมตร
False Northing	000.000 เมตร
Central Scale Factor (K_p)	0.9996
Zone width	6 องศา
Longitude of the central meridian of zone 1	177 องศา ตะวันตก (-177 องศา)

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้รับจากตารางแปลงข้อมูล

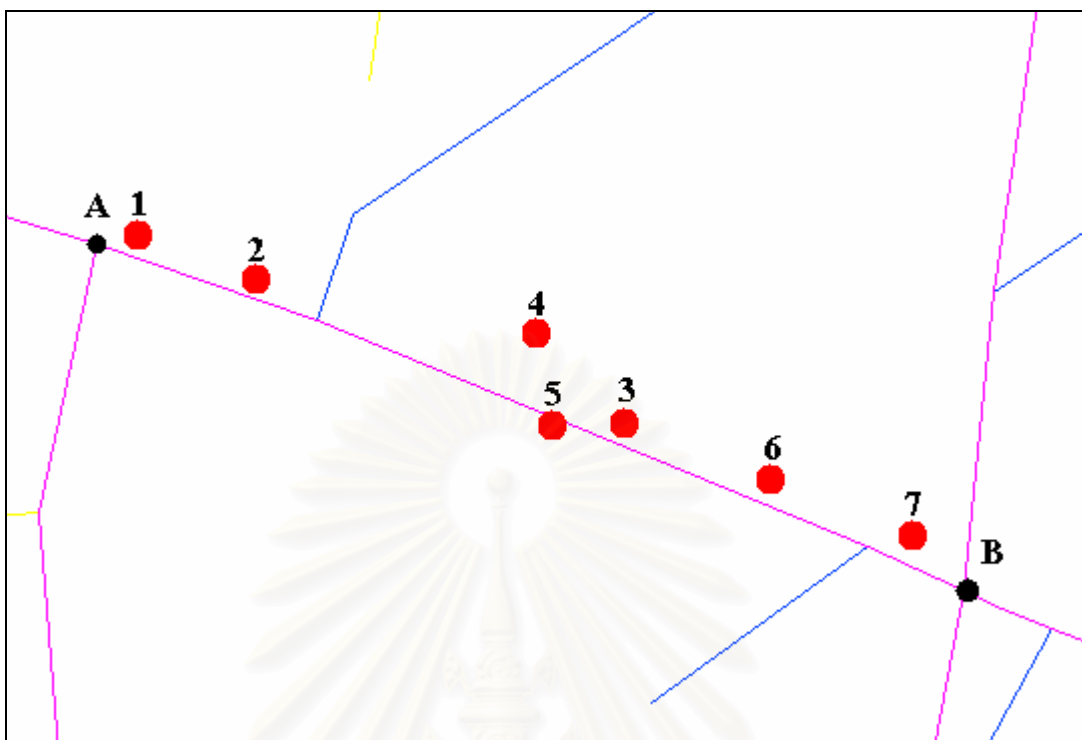
ข้อมูลตำแหน่งที่นำเข้าไปใน	ลองจิจูด	100° 34' 50.75781"
ตารางแปลงข้อมูล	ละติจูด	13° 43' 40.48438"
ข้อมูลตำแหน่งที่ได้รับจาก	Easting	670,926.461 เมตร
ตารางแปลงข้อมูล	Northing	1,518,194.755 เมตร

3.4.2 การลดเวลาให้ตรงตามเวลาท้องถิ่นในประเทศไทย

เนื่องจากนาฬิกาที่ติดตั้งในอุปกรณ์เก็บข้อมูลแสดงเวลาท้องถิ่นในประเทศไทยปุ่น ดังนั้นเมื่อได้รับข้อมูลจึงต้องลดเวลาในข้อมูลลง 2 ชั่วโมง เพื่อให้เวลาที่ตรงกับเวลาที่ท้องถิ่นในประเทศไทย

3.4.3 การตรวจสอบตำแหน่งให้สอดคล้องกับทิศทางการเคลื่อนของรถ

รถที่แล่นบนถนนบริเวณที่มีการจราจรติดขัดมักจะแล่นช้าหรือหยุดรถในแฉกคอย ในบางครั้งตำแหน่งของรถที่ได้ในขณะที่รถแล่นช้าจะไม่สามารถแสดงเส้นทางการเดินทางได้ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.3

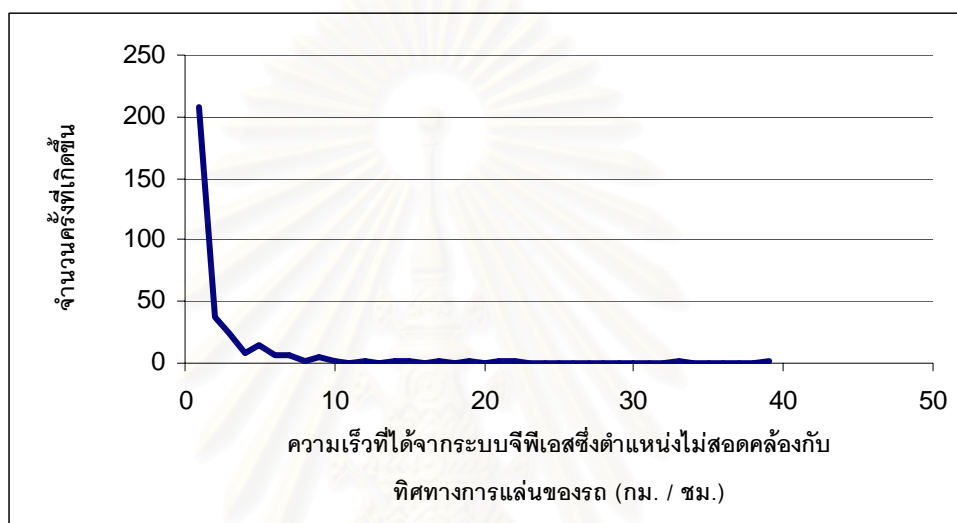


รูปที่ 3.3 ตัวอย่างข้อมูลที่อาจเกิดขึ้นในกรณีที่รถแล่นด้วยความเร็วต่ำ

จากรูปที่ 3.3 พบว่า รถเคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B ซึ่งเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสสามารถแสดงตำแหน่งรถในขณะที่เคลื่อนที่ผ่านช่วงถนนนี้ได้ 7 จุด และรถแล่นช้าหรือหยุดนิ่งตั้งแต่ตำแหน่งที่ 3 ถึงตำแหน่งที่ 5 ปัญหาที่พบคือตำแหน่งที่ 4 และ 5 ผิดพลาดไปเพราะตำแหน่งทั้งสองนี้ควรอยู่ใกล้จุด B มากกว่าตำแหน่งที่ 3 ปัญหาดังกล่าวมีขั้นตอนการแก้ไข ดังนี้

1. พิจารณาว่าตำแหน่งใดที่รถหยุดนิ่งในบริเวณที่รับสัญญาณจีพีเอสได้ยากหรือในบริเวณที่ข้อมูลตำแหน่งมีความผิดพลาดสูง เพื่อหาค่าความเร็วค่าหนึ่งที่สามารถบอกได้ว่าหากความเร็วที่ได้น้อยกว่าความเร็วค่านี้แล้วแสดงว่ารถหยุดนิ่ง
2. เมื่อหาความเร็วที่บ่งบอกได้ว่ารถหยุดนิ่งหรือไม่ ณ เวลาใดเวลาหนึ่งในบริเวณที่ตำแหน่งที่ได้รับมีความคลาดเคลื่อนสูง ทำให้สรุปได้ว่า หากความเร็วของรถมากกว่าความเร็วค่านี้แสดงว่ารถกำลังเคลื่อนที่
3. ถ้ามีจุดที่รถหยุดอยู่ระหว่างจุดที่รถกำลังเคลื่อนที่มากกว่า 1 จุดแล้วจุดที่ได้รับข้อมูลก่อนควรอยู่ใกล้จุดที่กำลังเคลื่อนที่จุดที่ 2 มากกว่าจุดที่ได้รับข้อมูลทีหลัง หากจุดที่ได้รับข้อมูลก่อนอยู่ใกล้กว่าให้เฉลี่ยตำแหน่งของทั้งสองจุดแล้วเปลี่ยนพิกัดตำแหน่งของทั้งสองจุด

ตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลทั้งหมดแล้วจึงหาค่าความเร็วที่สามารถบอกได้ว่า หากความเร็วที่ได้น้อยกว่าค่านี้แล้วแสดงว่ารถหยุดในขณะนั้น เงื่อนไขที่ใช้เลือกค่าความเร็วดังกล่าวคือความน่าจะเป็นที่ความเร็วของรถมากกว่าความเร็วนี้แล้วรถหยุดมีค่าเท่ากับ 0.05 จากการสังเกตจำนวนข้อมูลจำนวน 326 จุด ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.4 พบว่าความเร็วที่ตรงตามเงื่อนไขมีค่าเท่ากับ 15 กม./ชม. ทำให้สรุปได้ว่า หากความเร็วมากกว่า 15 กม./ชม. แล้วแสดงว่ารถกำลังเคลื่อนที่ในพื้นที่ที่รถแล่นผ่าน



รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ได้จากระบบจีพีเอสซึ่งตำแหน่งไม่สอดคล้องกับทิศทางการแล่นของรถและจำนวนครั้งที่เหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้น

ข้อเสียของการตรวจสอบด้วยวิธีนี้ คือ ข้อมูลการเดินทางของรถขาดหายในสถานที่บางแห่ง เช่น รถแท็กซี่แล่นเข้าไปในซอยเพื่อส่งผู้โดยสารบริเวณกลางซอยแล้วกลับรถเพื่อออกจากซอย แม้ว่าตำแหน่งที่ได้รับในขณะที่รถแล่นในซอยมีความถูกต้องสูงแต่ความเร็วของการเคลื่อนที่ของรถในซอยน้อยกว่า 15 กม./ชม. เป็นผลให้ข้อมูลแสดงได้เพียงว่ารถแท็กซี่ไปจอดบริเวณจุดเชื่อมระหว่างซอยกับถนนสายหลักเท่านั้น อย่างไรก็ตามข้อมูลการเดินทางบนถนนสายหลักอันเป็นประโยชน์แก่ผู้ใช้จากรถตรวจวัดค่าการจราจรนั้นไม่ได้ขาดหายเนื่องจากความเร็วการแล่นของรถบนถนนสายหลักมักจะมากกว่า 15 กม./ชม. และแม้ว่าในสภาพการจราจรที่ติดขัดก็ยังมีช่วงเวลาที่รถแล่นเร็วกว่า 15 กม./ชม.

3.4.4 การระบุตำแหน่งรถบนแผนที่โครงข่ายถนน

เมื่อแสดงตำแหน่งของรถลงบนแผนที่ทำให้ทราบว่า ตำแหน่งของรถไม่ได้อยู่บนเส้นทางที่รถแล่นผ่านทั้งนี้เป็นเพราะ

1. ตำแหน่งที่ได้รับจากจีพีเอสมีความคลาดเคลื่อนไปจากตำแหน่งจริง
2. ข้อมูลเส้นทางในแผนที่ที่มีเพียงเส้นกึ่งกลาง (Center line) ของเส้นทางเท่านั้น
 ดังนั้นจึงต้องใช้กระบวนการระบุตำแหน่งรถบนแผนที่โครงข่ายถนน การระบุตำแหน่งรถที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นขั้นตอนการคำนวณอย่างง่ายที่พัฒนามาจากวิธีของ Yim และ Cayford (2001) ขั้นตอนการคำนวณเริ่มจากการสร้างฐานข้อมูลโครงข่ายถนน หลังจากนั้นจึงนำเข้าข้อมูลโครงข่ายถนนและข้อมูลการแล่นของรถ แล้วระบุตำแหน่งรถลงบนแผนที่

3.4.4.1 ข้อมูลโครงข่ายถนน

โครงข่ายถนนประกอบด้วยเส้นทางหลายประเภท (Road type) อันได้แก่ ถนนชอย ตรอก ซอย สะพาน ทางข้ามแยก และทางด่วน อย่างไรก็ตามในการศึกษาได้แบ่งประเภทของเส้นทางตามลักษณะการใช้งาน (Hierarchy) อันได้แก่

1. ถนนสายหลัก (Main road)
2. ทางด่วน (Expressway) อันได้แก่ ทางด่วนภายใต้การควบคุมดูแลและดำเนินการโดยทางพิเศษแห่งประเทศไทย ทางด่วนยกระดับตอนเมือง ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง และถนนวงแหวนรอบนอกด้านตะวันออกในช่วงที่เป็นทางด่วน
3. เส้นทางลัด (Short cut)
4. เส้นทางอื่น (Other road) เป็นถนนสายรอง ตรอก ซอย และ เส้นทางที่ไม่ได้อยู่ใน 3 ประเภทแรก

ข้อมูลช่วงถนนของเส้นทางแต่ละประเภท ประกอบด้วย หมายเลขประจำเส้นทาง ชนิดของช่วงถนน และลักษณะการใช้งาน สำหรับถนนสายหลักจะมีข้อมูลที่มากกว่าเส้นทางประเภทอื่นคือ จุดปลายของช่วงถนนและความยาวช่วงถนนเนื่องจากการคำนวณเวลาการเดินทางที่ได้จากถนนสายหลัก สำหรับทางด่วนจะมีข้อมูลที่มากกว่าเส้นทางประเภทอื่นคือ ตำแหน่งทางเข้าและทางออก ข้อมูลโครงข่ายเส้นทางคมนาคมของรถในกรุงเทพมหานคร มีรายละเอียดดังนี้

1. ถนนสายหลัก ประกอบด้วย 853 ช่วงถนนซึ่งมีระยะรวมเท่ากับ 896 กิโลเมตร ภายในพื้นที่ที่ล้อมรอบด้วยถนนวงแหวนชั้นในมีถนนสายหลักทั้งหมด 504 ช่วงถนนซึ่งมีระยะทางรวม 294 กิโลเมตร ภายในพื้นที่ที่ล้อมรอบด้วยถนนวงแหวนชั้นนอกมีถนนสายหลักทั้งหมด 760 ช่วงถนนซึ่งมีระยะทางรวม 637 กิโลเมตร
2. ทางด่วน มีระยะทางรวมเท่ากับ 224 กิโลเมตร
3. เส้นทางลัด มีระยะทางรวมเท่ากับ 916 กิโลเมตร
4. เส้นทางอื่น มีระยะทางรวมเท่ากับ 2,717 กิโลเมตร

ตารางที่ 3.4 ฐานข้อมูลเส้นทางคมนาคมของรถ

ลักษณะการใช้งาน	หมายเลขประจำ	ประเภทของถนน
		ช่วงถนน (idseg)
ถนนสายหลัก	(1)	1 ถึง 853
เส้นทางลัด	(2)	3000
เส้นทางอื่นๆ	(3)	4000
ทางด่วน	(5)	6000

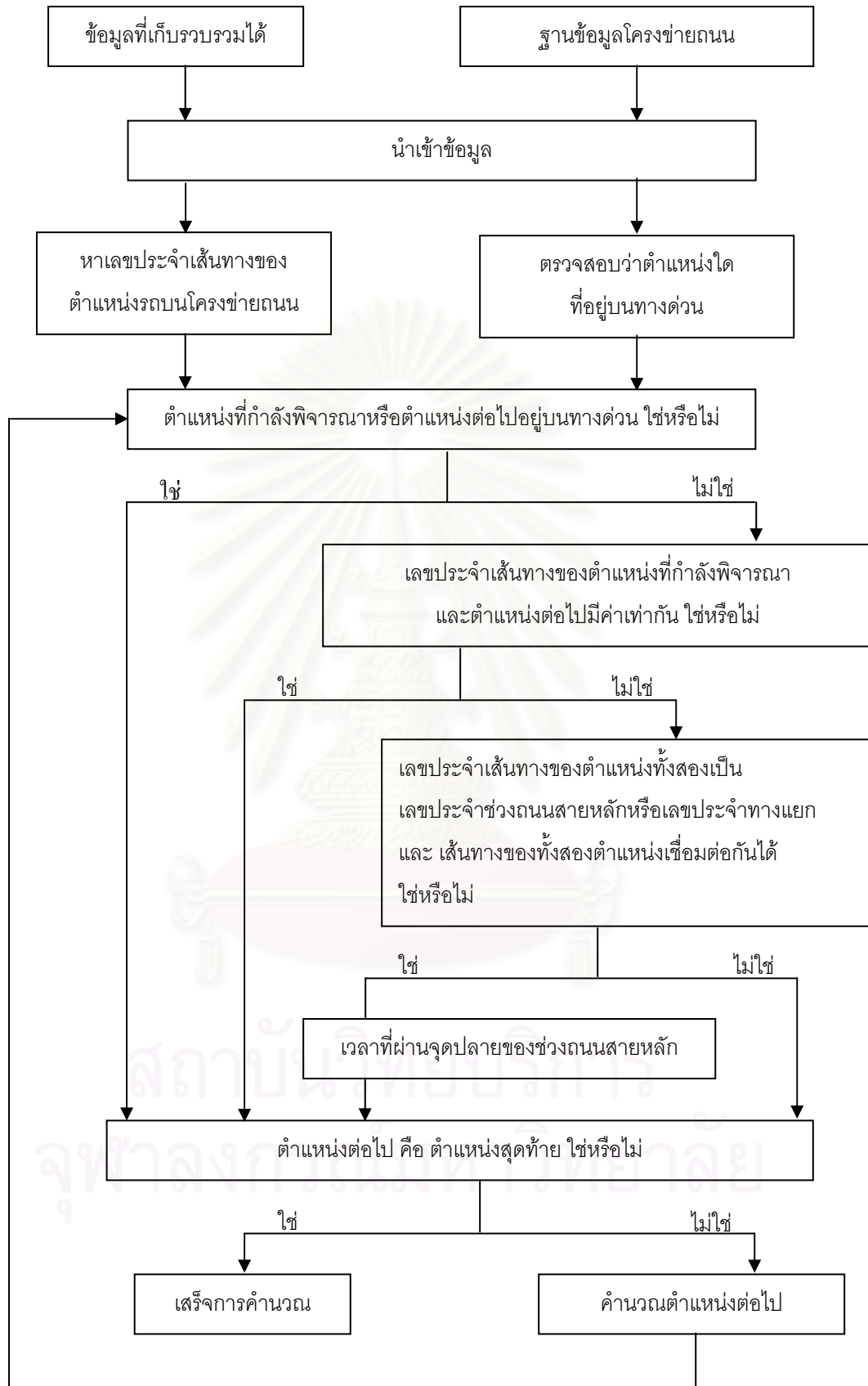
จากตารางที่ 3.4 หมายเลขประจำช่วงถนนของเส้นทางที่มีลักษณะการใช้งานเหมือนกันจะมีค่าเท่ากัน ยกเว้น ถนนสายหลักที่แต่ละช่วงถนนจะมีเลขประจำช่วงถนนที่ต่างกันไป นอกจากนี้ยังมีข้อมูลทางแยกซึ่งใช้บอกรายละเอียดการเชื่อมกันของถนนสายหลัก ข้อมูลทางแยกประกอบด้วยหมายเลขประจำทางแยก(Node) และเลขประจำช่วงถนนสายหลักที่ปลายด้านหนึ่งของช่วงถนนสายหลักเชื่อมต่อกับทางแยก ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างของข้อมูลทางแยก และถนนสายหลักที่เชื่อมต่อกับทางแยก

ทางแยก	หมายเลขประจำ	ช่วงถนนสายหลักที่เชื่อมต่อกับทางแยก			
	ทางแยก				
	10520	102	426	777	788
		หมายเลข	ทางแยก	ทางแยก	ความยาว
		ประจำช่วงถนน	จุดที่ 1	จุดที่ 2	ช่วงถนน (เมตร)
ช่วงถนนสายหลัก		102	10115	10520	1405
		426	10520	10608	1007
		777	10272	10520	321
		788	10274	10520	358

3.4.4.2 กระบวนการระบุตำแหน่งบนโครงข่ายถนน

ขั้นตอนแรกเริ่มจากการนำเข้าข้อมูลอันได้แก่ ข้อมูลโครงข่ายถนน และข้อมูลการแล่นของรถแท็กซี่ ต่อมาจึงเลือกเส้นทางในโครงข่ายถนนที่รถอาจจะแล่นผ่านโดยมีเงื่อนไขคือ



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการคำนวณเพื่อระบุตำแหน่งบนโครงข่ายเส้นทางคมนาคมของรถ

ระยะทางในแนวตั้งฉากระหว่างตำแหน่งรถต้องน้อยกว่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่ยอมรับได้ เมื่อทราบเส้นทางที่รถแล่นแล้วจึงหาเวลาการเดินทางบนช่วงถนนสายหลักที่รถแล่นผ่าน

ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่ยอมรับได้มีค่าเท่ากับผลบวกของความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่ได้รับและความกว้างของถนน Satirapod Rizos และ Wang (2000) พบว่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งในแนวราบ (Horizontal accuracy) ที่ได้จากจีพีเอส ในขณะที่รถเคลื่อนที่ (Kinematic mode) มีค่าเท่ากับ 6.83 เมตรด้วยความน่าจะเป็น 95.45% (2DRMS) อย่างไรก็ตามหากนำเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสใช้หาตำแหน่งรถในเขตเมืองที่มีตึกอาคารสูงบริเวณรอบช่วงถนนแล้วอาจทำให้ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งมากกว่าค่าดังกล่าวได้ ความกว้างของเส้นทางขึ้นอยู่กับจำนวนช่องทางจราจรและความกว้างของช่องทางจราจร จากข้อมูลของโครงข่ายถนนในกรุงเทพมหานครพบว่าช่วงถนนมีจำนวนช่องทางจราจรไม่เท่ากันและความกว้างของช่องทางจราจรไม่เท่ากันดังนั้นจึงเป็นเรื่องยากที่จะกำหนดความกว้างให้กับทุกช่วงถนนตามความเป็นจริง ดังนั้นจึงกำหนดค่าความกว้างช่วงถนนค่าหนึ่งที่สามารถใช้กับช่วงถนนส่วนใหญ่ได้ สมมติว่าช่องทางจราจรกว้าง 3.50 เมตรและช่วงถนนใดๆ ประกอบด้วย 2 ทิศทางๆ ละ 4 ช่องทางจราจร ดังนั้นความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่ยอมรับได้เท่ากับ 19.18 เมตร เมื่อทำการตรวจเช็คค่าดังกล่าวจากแผนที่เส้นทางถนนในกรุงเทพมหานครพบว่าค่าดังกล่าวไม่มากเกินไป เนื่องเส้นทางที่มีแนววางตัวขนานกันมีระยะห่างมากกว่าระยะดังกล่าว หากในบางบริเวณที่รับสัญญาณจีพีเอสไม่ดีนักหรือมีความกว้างถนนมากกว่าที่กำหนดแล้วให้เพิ่มค่าความคลาดเคลื่อนจนสามารถทำการระบุตำแหน่งรถบนช่วงถนนนั้นได้

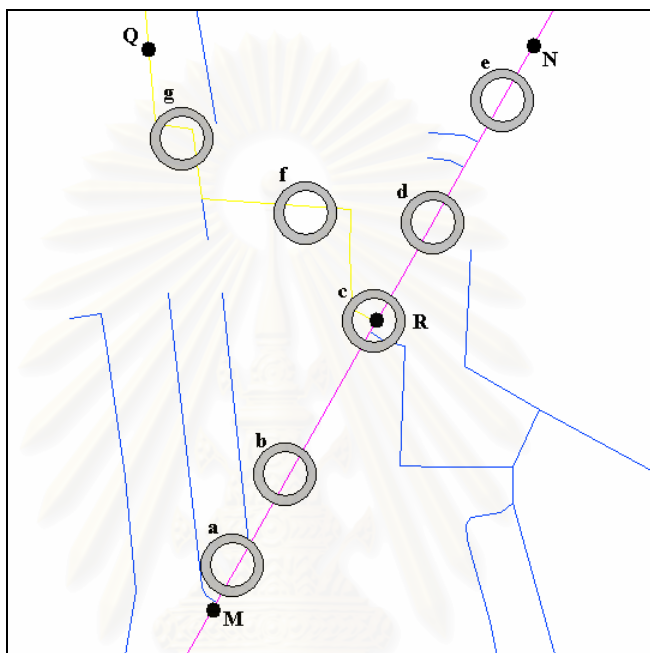
ในการหาเส้นทางโครงข่ายถนนที่รถอาจแล่นผ่านนั้นจะพบว่า เส้นทางที่เป็นไปได้มักมีจำนวนมากกว่า 1 ช่วงถนน ซึ่งหมายความว่ามีความหมายเลขประจำเส้นทางมากกว่า 1 ค่า ในกรณีที่มีหมายเลขประจำเส้นทางซ้ำกันให้ลดลงให้เหลือเพียงค่าเดียว ในกรณีที่เส้นทางมีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกันให้เลือกเส้นทางที่มีความสามารถในการเคลื่อนตัวสูงกว่าซึ่งจะอธิบายสาเหตุได้จากตัวอย่างในรูปที่ 3.6

อ้างถึงรูปที่ 3.6 เส้นทาง MN คือช่วงถนนสายหลัก และ เส้นทาง QR คือเส้นทางลัด ตัวอย่างสำหรับอธิบายการเลือกเลขประจำเส้นทาง มีทั้งหมด 3 ตัวอย่าง ได้แก่

1. รถแล่นจากจุด A ไปยังจุด B C D และ E ตามลำดับ หากเลขประจำเส้นทางของจุด C เป็นเลขประจำช่วงถนนสายหลัก จะทราบว่ารถแล่นผ่านช่วงถนนสายหลักนี้อย่างต่อเนื่องและสามารถหาเวลาการเดินทางของช่วงถนนสายหลักได้
2. รถแล่นจากจุด A ไปยังจุด B C D และ E ตามลำดับ หากเลขประจำเส้นทางของจุด C เป็นเลขประจำเส้นทางลัด จะทราบว่ารถแล่นผ่านช่วงถนนสายหลักที่จุด A และ B แต่เมื่อแล่นมาถึงจุด C นั้นรถวิ่งออกจากช่วงถนนสายหลัก แล้วกลับมาวิ่งบนถนนสายหลักอีก

ครั้งที่จุด D และ E ในกรณีนี้ถึงแม้ว่าจะสามารถหาค่าเวลาที่ผ่านจุดปลายของช่วงถนนสายหลักได้แต่ไม่สามารถหาค่าเวลาการเดินทางของช่วงถนนสายหลักนี้ได้

3. รถแล่นจากจุด A ไปยังจุด B C F และ G ตามลำดับ ถึงแม้ว่าเลขประจำเส้นทางของ C เป็นเลขประจำช่วงถนนสายหลัก แต่เลขประจำเส้นทางของ F และ G ก็ยังคงเป็นเลขประจำเส้นทางลัดซึ่งสามารถอธิบายได้ว่ารถเลี้ยวซ้ายจากถนนสายหลักเข้าไปเส้นทางลัด



รูปที่ 3.6 การเคลื่อนตัวของรถและการเลือกเลขประจำเส้นทางให้กับตำแหน่งข้อมูลต่างๆ

ในกรณีที่มีเลขประจำช่วงถนนสายหลักมากกว่า 1 ค่าให้พิจารณาว่าช่วงถนนสายหลักทั้งสองเชื่อมต่อกันที่ทางแยกหรือไม่ หากช่วงถนนสายหลักทั้งสองเชื่อมต่อกันแล้วจึงเลือกเลขประจำทางแยกแทนเลขประจำช่วงถนนสายหลักทั้ง 2 ค่า

สำหรับการเลือกเส้นทางในโครงข่ายถนนที่รถอาจจะแล่นผ่านนั้นจะกระทำทั้งหมด 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 คือการเลือกเส้นทางของทางด่วน และครั้งที่ 2 คือการเลือกเส้นทางประเภทอื่นๆ ที่ไม่ใช่ทางด่วน สาเหตุที่ไม่พิจารณาทางด่วนพร้อมกับเส้นทางประเภทอื่นเพราะมีหลายช่วงถนนของทางด่วนที่วางตัวซ้อนทับกับเส้นทางประเภทอื่น เงื่อนไขที่เพิ่มเติมสำหรับการเลือกเส้นทางของทางด่วนคือ ตำแหน่งทางเข้าและทางออก ในกรณีที่มีทางด่วนและถนนพื้นราบวางตัวในแนวเดียวกันนั้นรถที่แล่นบนทางด่วนจะรับสัญญาณได้ดีแต่ถนนประเภทอื่นๆ จะรับสัญญาณไม่ได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากบางช่วงถนนที่วางตัวขนานกับทางด่วนแต่รับสัญญาณ

ได้ดี การศึกษาจึงเพิ่มเงื่อนไขอีกข้อหนึ่งคือรถที่แล่นบนทางด่วนจะต้องหยุดหรือชะลอความเร็วที่ทางเข้าเพื่อจ่ายค่าบริการทางด่วน

ในกรณีที่รถไม่ได้แล่นบนทางด่วน เมื่อมีข้อมูลประจำเส้นทางแล้วให้พิจารณาต่อว่า ตำแหน่งที่กำลังพิจารณาและตำแหน่งต่อไปนั้นมีเลขประจำเส้นทางเหมือนกันหรือไม่ หากมีค่าเท่ากันแล้วให้พิจารณาตำแหน่งต่อไป หากเลขประจำเส้นทางทั้ง 2 ค่าไม่เท่ากัน ค่าเลขประจำเส้นทางทั้งสองค่าเป็นเลขประจำช่วงถนนสายหลัก และช่วงถนนทั้งสองเชื่อมต่อกันที่ทางแยกใดทางหนึ่งแล้วจะสามารถหาเวลาที่ผ่านจุดปลายของช่วงถนนสายหลักได้ หากเลขประจำเส้นทางทั้ง 2 ค่าไม่เท่ากัน และเลขประจำเส้นทางของตำแหน่งต่อไปเป็นเลขประจำทางแยกให้หาตำแหน่งต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้เลขประจำเส้นทางเป็นเลขประจำช่วงถนน แล้วจึงหาเวลาที่ผ่านจุดปลายของช่วงถนนสายหลักได้โดยใช้วิธีการของ Sugino และคนอื่นๆ (2001)

หากทราบค่าเวลาที่ผ่านจุดปลายของช่วงถนนสายหลักได้ของจุดปลายทั้งสองของช่วงถนนและรถแล่นจากจุดปลายหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งไม่จอด หรือ แล่นออกจากถนนและแล่นกลับเข้ามาในช่วงถนน จึงจะหาเวลาการเดินทางของช่วงถนนได้

3.5 แนวทางวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การศึกษาลักษณะการแล่นของรถแท็กซี่

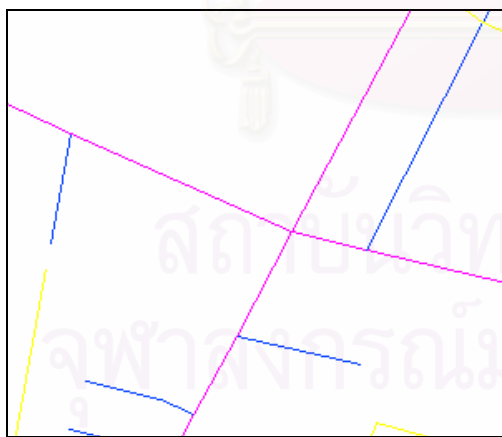
การวิเคราะห์ส่วนนี้หาลักษณะการแล่นจากข้อมูลตำแหน่งที่ได้รับจากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสโดยตรง แนวทางการวิเคราะห์ลักษณะการแล่นจากข้อมูลเริ่มจากการคำนวณระยะทางทั้งหมดที่รถแล่นได้ต่อช่วงเวลาซึ่งทำให้ทราบระยะทางทั้งหมดที่แล่นโดยเฉลี่ยต่อวันหรือต่อช่วงเวลาเช่ารถและลักษณะการกระจายตัวของระยะทางทั้งหมดที่รถแล่นหลังจากนั้นจึงคำนวณค่าสัดส่วนระยะทางที่รถแล่นบนเส้นทางประเภทต่างๆ ต่อระยะทางทั้งหมดที่รถแล่นซึ่งจะทำให้ทราบว่าโดยส่วนใหญ่ว่ารถแล่นบนเส้นทางประเภทใด นอกจากนี้ยังแสดงว่ารถแท็กซี่สามารถเก็บเวลาการเดินทางของช่วงถนนได้ครอบคลุมเพียงไรโดยแสดงจากค่าครอบคลุมพื้นที่ซึ่งมีค่าเท่ากับสัดส่วนของช่วงถนนที่เก็บข้อมูลเวลาการเดินทางได้ (Covered links) ต่อช่วงถนนทั้งหมดในโครงข่ายถนนที่ศึกษา (Overall links)

$$\text{Area coverage} = (\text{No. of covered links}) / (\text{No. of overall links}) * 100$$

3.5.2 ความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอส

ในบางช่วงถนนอาจมีสิ่งกีดขวางการรับสัญญาณ เช่น ช่วงถนนที่มีตึกอาคารสูงตั้งอยู่บริเวณถนน ช่วงถนนที่มีสถานีรถไฟ ช่วงถนนที่อยู่ใต้ทางยกระดับ ช่วงถนนในอุโมงค์ เป็นต้น ส่งผลให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้และไม่สามารถบ่งบอกเวลาการเดินทาง ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่งที่ต้องทราบว่าบริเวณใดบ้างที่สัญญาณจีพีเอสถูกบดบังหรือเป็นจุดอับสัญญาณ เพราะหากช่วงถนนที่มีสิ่งกีดขวางการรับสัญญาณในกรุงเทพมหานครมีมากแล้วการนำเครื่องรับสัญญาณมาเก็บเวลาการเดินทางจะไม่เกิดประโยชน์ในทางปฏิบัติ

จากการทบทวนผลงานศึกษาที่เกี่ยวข้องพบว่า วิธีการวิเคราะห์ของ Suh และ คนอื่นๆ (2002) เหมาะแก่การวิเคราะห์เพื่อหาความสามารถของการรับสัญญาณจีพีเอส อย่างไรก็ตามแผนที่ที่ใช้ในการศึกษานั้นเป็นแผนที่สองมิติและไม่มีรายละเอียดของสิ่งปลูกสร้างต่างๆ จึงไม่สามารถวิเคราะห์ด้วยวิธีการดังกล่าวได้ ผู้วิจัยจึงประยุกต์วิธีวิเคราะห์ดังกล่าวให้สามารถใช้ได้กับแผนที่สองมิติที่มีเพียงข้อมูลโครงข่ายถนน วิธีการวิเคราะห์ที่ใช้คือการสร้างตารางกริดบนเส้นทางที่ต้องการวิเคราะห์เป็นผลให้เส้นทางหรือช่วงถนนถูกแบ่งออกเป็นส่วนย่อยดังแสดงในรูปที่ 3.7 ในการศึกษาได้กำหนดความยาวของส่วนย่อยเท่ากับ 30 เมตรหากใช้สมมติฐานว่าผลรวมของความยาวโดยเฉลี่ยของส่วนบุคคลและช่องว่างระหว่างรถในแถวคอยเท่ากับ 5 เมตรดังนั้นในส่วนย่อย 1 ส่วนจะมีรถหยุดในแถวคอย 6 คัน เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับไม่สามารถบอกจำนวนดาวเทียมที่ส่งสัญญาณมาถึงเครื่องรับสัญญาณเพื่อประมวลผลเป็นจุดข้อมูลได้ดังนั้นบริเวณที่ไม่สามารถรับสัญญาณได้คือบริเวณที่ไม่สามารถแสดงตำแหน่งของรถได้



ถนนก่อนแบ่งเป็นส่วนย่อย

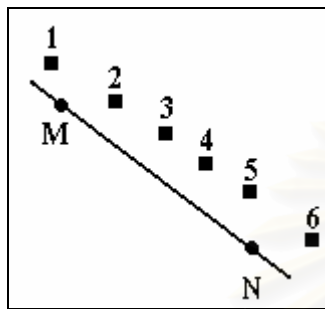


ถนนหลังจากแบ่งเป็นส่วนย่อย

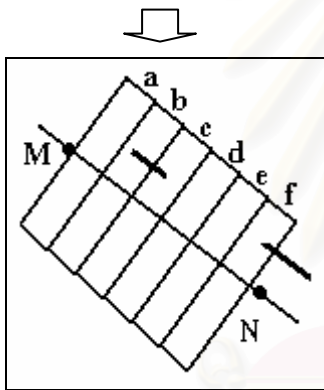
รูปที่ 3.7 การแบ่งช่วงถนนออกเป็นส่วนย่อย

ช่วงถนนที่ไม่สามารถรับสัญญาณจีพีเอสหาได้จากจุดที่เริ่มรับสัญญาณไม่ได้ถึงจุดที่รับสัญญาณได้อีกครั้ง ช่วงถนนถูกแบ่งออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้ทราบว่าส่วนใดของช่วงถนนที่ไม่

สามารถรับสัญญาณได้ ตัวแปรที่บ่งบอกความสามารถในการรับสัญญาณได้ คือ ค่าร้อยละ สัญญาณหาย (Percentage loss) ซึ่งมีค่าเท่ากับ จำนวนครั้งที่สัญญาณหาย (Frequency loss)หารด้วยจำนวนครั้งที่รถแล่นผ่าน (No. of run) คูณด้วย 100 สำหรับเส้นทางหรือทางแยกที่มีทางยกระดับหรือทางข้ามแยก (Flyover) นั้นจะไม่นำข้อมูลการแล่นของรถบนทางยกระดับหรือทางข้ามแยกมาคิดเพื่อคำนวณค่าร้อยละสัญญาณหาย



ตำแหน่ง	แสดงตำแหน่งได้หรือไม่
1	ได้
2	ไม่ได้
3	ได้
4	ได้
5	ไม่ได้
6	ได้



ส่วนย่อย	จำนวนครั้งที่แล่นผ่าน	จำนวนครั้งที่สัญญาณหาย	ค่าร้อยละสัญญาณหาย
A	1	0	0 %
b	1	1	100 %
c	1	1	100 %
d	1	0	0 %
e	1	0	0 %
f	1	1	100 %

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการคำนวณค่าร้อยละสัญญาณหาย

$$\text{Percentage loss} = (\text{Frequency loss}) / (\text{No. of Run}) * 100$$

รูปที่ 3.8 แสดงตัวอย่างรถที่เคลื่อนที่จากจุด M มายังจุด N ตำแหน่งที่ 2 และ 5 คือจุดที่เริ่มรับสัญญาณไม่ได้ และตำแหน่งที่ 4 และ 6 คือจุดที่รับสัญญาณได้อีกครั้ง เส้นตรงที่แสดงช่วงถนนที่ไม่สามารถรับสัญญาณจีพีเอสมี 2 เส้น เส้นแรกมีจุดเริ่มต้นอยู่ที่ตำแหน่งที่ 2 และมีจุดปลายอยู่ที่ตำแหน่งที่ 3 เส้นที่สองมีจุดเริ่มต้นอยู่ที่ตำแหน่งที่ 5 และมีจุดปลายอยู่ที่ตำแหน่งที่ 6 หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลให้แก่ส่วนย่อยของช่วงถนน จำนวนครั้งที่รถแล่นผ่านของแต่ละส่วนย่อยเท่ากับ 1 ครั้ง จำนวนครั้งที่สัญญาณหายของส่วนย่อย b c และ f เท่ากับ 1 ครั้งเนื่องจากใน

อาณาเขตของส่วนย่อยเหล่านี้มีเส้นแสดงช่วงถนนที่อัปเดตสัญญาณเพียง 1 เส้นเมื่อสามารถหาค่าร้อยละสัญญาณหายของแต่ละส่วนย่อยแล้วสามารถหาผลลัพธ์ในลักษณะภาพรวมได้ อาทิเช่น ค่าร้อยละสัญญาณหายของช่วงถนนสายหลัก ค่าร้อยละสัญญาณหายของช่วงถนนสายหลักในพื้นที่ศึกษา เป็นต้น ตัวอย่างการคำนวณสมมติว่าในพื้นที่ศึกษามีช่วงถนนสายหลัก 2 ช่วงถนนอันได้แก่ ช่วงถนน AB และช่วงถนน CD ช่วงถนน AB ประกอบด้วย 5 ส่วนย่อย ได้แก่ AB1, AB2, AB3, AB4 และ AB5 ช่วงถนน CD ประกอบด้วย 4 ส่วนย่อย ได้แก่ CD1, CD2, CD3 และ CD4 ค่าร้อยละสัญญาณหายของส่วนย่อยของช่วงถนน AB และช่วงถนน CD แสดงในตารางที่ 3.6 การคำนวณผลลัพธ์ในลักษณะภาพรวมของค่าร้อยละสัญญาณหายสำหรับช่วงถนนสายหลักและพื้นที่ศึกษา แสดงในตารางที่ 3.7 และ 3.8

ตารางที่ 3.6 ค่าร้อยละสัญญาณหายของแต่ละส่วนย่อยสำหรับแสดงตัวอย่างในการคำนวณผลลัพธ์ในลักษณะภาพรวม

ส่วนย่อย	AB1	AB2	AB3	AB4	AB5	CD1	CD2	CD3	CD4
ค่าร้อยละสัญญาณหาย	12%	25%	85%	66%	42%	33%	96%	78%	49%
ความยาวส่วนย่อย (เมตร)	31	32	33	34	35	41	42	43	44

ตารางที่ 3.7 ตัวอย่างการคำนวณผลลัพธ์ในลักษณะภาพรวมของค่าร้อยละสัญญาณหายสำหรับช่วงถนนสายหลัก

สัดส่วนของผลรวมความยาวของส่วนย่อยของช่วงถนนที่มีค่าร้อยละสัญญาณหายไม่เกิน..... ต่อความยาวช่วงถนน	ช่วงถนน			
	AB		CD	
	วิธีคิด	ผลลัพธ์	วิธีคิด	ผลลัพธ์
20%	31/165	18.79%	0/170	0%
40%	(31+32)/165	38.18%	41/170	24.12%
60%	(31+32+35)/165	59.39%	(41+44)/170	50%
80%	(31+32+34+35)/165	80%	(41+43+44)/170	75.29%

ตารางที่ 3.8 ตัวอย่างการคำนวณผลสัมฤทธิ์ในลักษณะภาพรวมของค่าร้อยละสัญญาณหายสำหรับพื้นที่ศึกษา

สัดส่วนของผลรวมความยาวของ ส่วนย่อยของช่วงถนนที่มีค่าร้อยละ สัญญาณหายไม่เกิน.....	ช่วงถนนพื้นที่ศึกษา		
	ต่อความยาวช่วงถนน	วิธีคิด	ผลลัพธ์
20%		$31/(165+170)$	9.25%
40%		$(31+32+41)/(165+170)$	31.04%
60%		$(31+32+35+41+44)/(165+170)$	54.63%
80%		$(31+32+34+35+41+43+44)/(165+170)$	77.61%

3.5.3 ข้อมูลเวลาการเดินทางและความเร็วเฉลี่ย

ข้อมูลเวลาการเดินทางและความเร็วเฉลี่ยแสดงข้อมูลที่ได้รับในลักษณะของภาพรวมและลักษณะที่เป็นรายละเอียดแบ่งตามพื้นที่หรือช่วงเวลาในหน่วยที่ต้องการได้ เช่น รายถนน รายชั่วโมง เป็นต้น อย่างไรก็ตามก็ตีช่วงเวลาของการแสดงข้อมูลในการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 4 ช่วงได้แก่ ช่วงเวลากลางคืน ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า ช่วงเวลากลางวัน และช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น และการศึกษานี้แสดงพื้นที่พิจารณาออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ พื้นที่ที่ล้อมรอบด้วยถนนวงแหวนรอบใน และพื้นที่ที่อยู่ภายนอกอาณาเขตที่ล้อมรอบถนนวงแหวนชั้นใน นอกจากนี้ยังได้แบ่งวันในสัปดาห์ออกเป็นวันทำการราชการและวันหยุดราชการ เส้นทางที่เลือกวิเคราะห์และแสดงผลคือ ถนนสายหลัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์

ในบทนี้ประกอบด้วยผลการพรรณาข้อมูลที่เกิดขึ้นรวบรวมได้จากภาคสนามและนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ผลการวิเคราะห์ประกอบด้วยการศึกษาลักษณะการเล่นของรถแท็กซี่ การประเมินความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอสขณะที่รถแล่นในพื้นที่กรุงเทพมหานคร รวมทั้ง ข้อมูลเวลาการเดินทาง และ ความเร็วเฉลี่ยที่ได้รับ

4.1 ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวม

การดำเนินการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลจากรถแท็กซี่ที่ติดตั้งอุปกรณ์จำนวน 5 คัน เป็นเวลา 46 วัน อย่างไรก็ตามจากปัญหาและอุปสรรคของการเก็บข้อมูลทำให้รวบรวมข้อมูลได้ประมาณ 30 วัน ข้อมูลที่ได้รับคือข้อมูลการเล่นของรถแท็กซี่ในช่วงเวลาเช้ารถตอนเช้าจำนวน 147 ช่วงเวลา และ ข้อมูลการเล่นของรถในช่วงเวลาเช้ารถตอนเย็นจำนวน 170 ช่วงเวลา

เนื่องจากอุปกรณ์สามารถเก็บข้อมูลได้เพียง 10 ชั่วโมง และช่วงเวลาที่รถแท็กซี่สามารถแล่นบนถนนได้เท่ากับ 12 ชั่วโมง ดังนั้นข้อมูลที่เกิดขึ้นได้อาจจะน้อยกว่าข้อมูลการเล่นของรถจริง อย่างไรก็ตามได้สังเกตและสอบถามพฤติกรรมรถพบว่า เวลาที่คนขับรถคนแรกขึ้นรถและเวลาที่คนขับรถคนที่สองนำรถออกจากคู่อแท็กซี่ห่างกันประมาณ 1 ชั่วโมงและคนขับมักจะจอดเพื่อพักผ่อนและรับประทานอาหารประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับพบว่าส่วนมากแล้วบางส่วนของข้อมูลจะซ้ำซ้อนกับข้อมูลที่ได้รับจากครั้งที่แล้ว ปัญหาที่พบในการตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้น คือ ไม่ได้รับข้อมูลที่บ่งบอกว่ามีผู้โดยสารบนรถแท็กซี่หรือไม่ ทั้งนี้เนื่องจากผู้ขับรถไม่ได้บันทึกข้อมูลนี้จึงไม่สามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์โดยละเอียดได้

ตารางที่ 4.1 – 4.6 แสดงข้อมูลเบื้องต้นที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม ปริมาณข้อมูลที่ได้รับจากรถแท็กซี่แต่ละคันแตกต่างกัน ข้อมูลที่ได้รับจากรถแท็กซี่คันที่ 1 น้อยที่สุดเพราะจำนวนครั้งที่เก็บข้อมูลเท่ากับ 46 ครั้ง ข้อมูลที่ได้รับจากรถแท็กซี่คันอื่นไม่แตกต่างกันมากนัก เพราะจำนวนครั้งที่เก็บข้อมูลโดยประมาณเท่ากับ 62 – 71 ครั้ง ระยะทางโดยเฉลี่ยที่รถแล่นเส้นทางประเภทต่างๆในช่วงเวลาเช้ารถตอนเช้าและตอนเย็นไม่แตกต่างกันมากนัก จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะทางที่รถแล่นบนเส้นทางแต่ละประเภท พบว่าระยะทางที่รถแล่นบนถนนสายหลักมีการกระจายตัวมากที่สุด รองลงมาคือ เส้นทางภายนอกกรุงเทพมหานคร ทางด่วน เส้นทางลัด และ ถนนสายรอง ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณข้อมูลระยะทางบนถนนสายรองที่ได้รับ

ตารางที่ 4.1 ระยะทางรวมที่รถแท็กซี่แล่นบนเส้นทางประเภทต่างๆ

รถแท็กซี่คันที่	1	2	3	4	5	รวม
ระยะแล่นบนเส้นทางคมนาคมของรถ (กม.)	12509	15891	16597	16769	15842	77607
ระยะแล่นบนโครงข่ายถนน (ยกเว้นทางด่วน) (กม.)						
ถนนสายหลัก	7940	10876	11770	11085	11592	53262
เส้นทางลัด	1045	1217	1602	1704	1076	6643
ถนนสายรอง ตรอก และ ซอย	979	1072	1109	1302	1069	5532
เส้นทางที่อยู่ในพื้นที่ล้อมรอบด้วยถนนวงแหวนรอบปีใน	5644	7432	8741	7591	8994	38404
เส้นทางที่อยู่ในพื้นที่ล้อมรอบด้วยถนนวงแหวนรอบนอก	9558	13022	14172	13551	13612	63914
ระยะแล่นบนทางด่วน (กม.)	910	1010	1116	1131	950	5117
ระยะแล่นบนเส้นทางภายนอกกรุงเทพมหานคร (กม.)	1636	1715	1001	1547	1154	7053
จำนวนครั้งที่เข้ารถ	46	68	71	62	70	317

ตารางที่ 4.2 ระยะทางรวมที่รถแท็กซี่แล่นบนเส้นทางประเภทต่างๆ ในช่วงเวลาเช่ารถตอนเช้า

รถแท็กซี่คันที่	1	2	3	4	5	รวม
ระยะแล่นบนเส้นทางคมนาคมของรถ (กม.)	6459	7136	7242	7189	7560	35587
ระยะแล่นบนโครงข่ายถนน (ยกเว้นทางด่วน) (กม.)						
ถนนสายหลัก	3883	4718	4821	4352	5630	23403
เส้นทางลัด	553	528	896	1176	605	3758
ถนนสายรอง ตรอก และ ซอย	510	546	521	725	552	2854
เส้นทางที่อยู่ในพื้นที่ที่ล้อมรอบด้วยถนนวงแหวนรอบปีใน	2346	3162	3851	3206	4596	17161
เส้นทางที่อยู่ในพื้นที่ที่ล้อมรอบด้วยถนนวงแหวนรอบนอก	4585	5706	6142	6104	6703	29240
ระยะแล่นบนทางด่วน (กม.)	493	573	579	415	416	2475
ระยะแล่นบนเส้นทางภายนอกกรุงเทพมหานคร (กม.)	1021	772	426	520	357	3096
จำนวนครั้งที่เช่ารถ	21	32	32	28	34	147

ตารางที่ 4.3 ระยะทางรวมที่รถแท็กซี่แล่นบนเส้นทางประเภทต่างๆ ในช่วงเวลาเช่ารถตอนเย็น

รถแท็กซี่คันที่	1	2	3	4	5	รวม
ระยะแล่นบนเส้นทางคมนาคมของรถ (กม.)	6050	8755	9354	9580	8281	42020
ระยะแล่นบนโครงข่ายถนน (ยกเว้นทางด่วน) (กม.)						
ถนนสายหลัก	4057	6159	6949	6732	5962	29858
เส้นทางลัด	492	689	706	528	471	2886
ถนนสายรอง ตรอก และ ซอย	469	527	587	576	517	2677
เส้นทางที่อยู่ในพื้นที่ล้อมรอบด้วยถนนวงแหวนรอบปีใน	3298	4270	4891	4385	4398	21242
เส้นทางที่อยู่ในพื้นที่ล้อมรอบด้วยถนนวงแหวนรอบนอก	4973	7315	8030	7447	6909	34675
ระยะแล่นบนทางด่วน (กม.)	418	437	537	716	534	2642
ระยะแล่นบนเส้นทางภายนอกกรุงเทพมหานคร (กม.)	614	943	575	1027	797	3957
จำนวนครั้งที่เช่ารถ	25	36	39	34	36	170

ตารางที่ 4.4 ระยะทางเฉลี่ย (และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ที่รถแท็กซี่เดินทางบนเส้นทางประเภทต่างๆ ต่อวัน

รถแท็กซี่คันที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ระยะเดินทางบนเส้นทางคมนาคมของรถ (กม.)	550 (108)	466 (109)	466 (78)	539 (94)	452 (81)	489 (105)
ระยะเดินทางบนโครงข่ายถนน (ยกเว้นทางด่วน) (กม.)						
ถนนสายหลัก	347 (77)	319 (77)	329 (66)	353 (80)	331 (65)	335 (76)
เส้นทางลัด	46 (22)	36 (16)	46 (21)	58 (24)	31 (15)	43 (23)
ถนนสายรอง ตรอก และ ซอย	43 (15)	32 (11)	31 (9)	43 (14)	31 (11)	35 (13)
เส้นทางที่อยู่ในพื้นที่ล้อมรอบด้วยถนนวงแหวนรอบปีใน	244 (71)	217 (65)	246 (65)	243 (72)	257 (70)	242 (70)
เส้นทางที่อยู่ในพื้นที่ล้อมรอบด้วยถนนวงแหวนรอบนอก	417 (84)	382 (84)	398 (69)	437 (73)	389 (76)	403 (80)
ระยะเดินทางบนทางด่วน (กม.)	40 (36)	30 (32)	32 (34)	36 (33)	27 (26)	32 (32)
ระยะเดินทางบนเส้นทางภายนอกกรุงเทพมหานคร (กม.)	73 (109)	50 (85)	28 (35)	49 (70)	33 (48)	44 (73)
จำนวนครั้งที่เช่ารถ	46	68	71	62	70	317

ตารางที่ 4.5 ระยะทางเฉลี่ย (และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ที่รถแท็กซี่แล่นบนเส้นทางประเภทต่างๆ ต่อ 1 ช่วงเวลาเช่ารถตอนเช้า

รถแท็กซี่คันที่	1	2	3	4	5	รวม
ระยะแล่นบนเส้นทางคมนาคมของรถ (กม.)	308 (49)	223 (44)	226 (38)	257 (45)	222 (35)	242 (51)
ระยะแล่นบนโครงข่ายถนน (ยกเว้นทางด่วน) (กม.)						
ถนนสายหลัก	185 (41)	147 (29)	151 (31)	155 (37)	166 (27)	159 (35)
เส้นทางตัด	26 (12)	17 (9)	28 (11)	42 (17)	18 (8)	26 (15)
ถนนสายรอง ตรอก และ ซอย	24 (8)	17 (7)	16 (5)	26 (8)	16 (5)	19 (8)
เส้นทางที่อยู่ในพื้นที่ล้อมรอบด้วยถนนวงแหวนรอบปีใน	112 (29)	99 (33)	120 (32)	115 (32)	135 (34)	117 (34)
เส้นทางที่อยู่ในพื้นที่ล้อมรอบด้วยถนนวงแหวนรอบนอก	218 (42)	178 (31)	192 (34)	218 (34)	197 (35)	199 (38)
ระยะแล่นบนทางด่วน (กม.)	23 (19)	18 (18)	18 (18)	15 (15)	12 (13)	17 (17)
ระยะแล่นบนเส้นทางภายนอกกรุงเทพมหานคร (กม.)	49 (46)	24 (41)	13 (19)	19 (21)	10 (15)	21 (32)
จำนวนครั้งที่เช่ารถ	21	32	32	28	34	147

ตารางที่ 4.6 ระยะทางเฉลี่ย (และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ที่รถแท็กซี่แล่นบนเส้นทางประเภทต่างๆ ต่อ 1 ช่วงเวลาเช่ารถตอนเย็น

รถแท็กซี่คันที่	1	2	3	4	5	รวม
ระยะแล่นบนเส้นทางคมนาคมของรถ (กม.)	242 (59)	243 (65)	240 (39)	282 (49)	230 (46)	247 (54)
ระยะแล่นบนโครงข่ายถนน (ยกเว้นทางด่วน) (กม.)						
ถนนสายหลัก	162 (37)	171 (48)	178 (35)	198 (42)	166 (38)	176 (42)
เส้นทางตัด	20 (10)	19 (7)	18 (9)	16 (7)	13 (7)	17 (8)
ถนนสายรอง ตรอก และ ซอย	19 (7)	15 (5)	15 (5)	17 (6)	14 (6)	16 (6)
เส้นทางที่อยู่ในพื้นที่ที่ล้อมรอบด้วยถนนวงแหวนรอบปีใน	132 (42)	119 (31)	125 (33)	129 (41)	122 (36)	125 (36)
เส้นทางที่อยู่ในพื้นที่ที่ล้อมรอบด้วยถนนวงแหวนรอบนอก	199 (42)	203 (52)	206 (35)	219 (39)	192 (42)	204 (43)
ระยะแล่นบนทางด่วน (กม.)	17 (17)	12 (14)	14 (16)	21 (18)	15 (13)	16 (16)
ระยะแล่นบนเส้นทางภายนอกกรุงเทพมหานคร (กม.)	25 (64)	26 (44)	15 (16)	30 (49)	22 (33)	23 (42)
จำนวนครั้งที่เช่ารถ	25	36	39	34	36	170

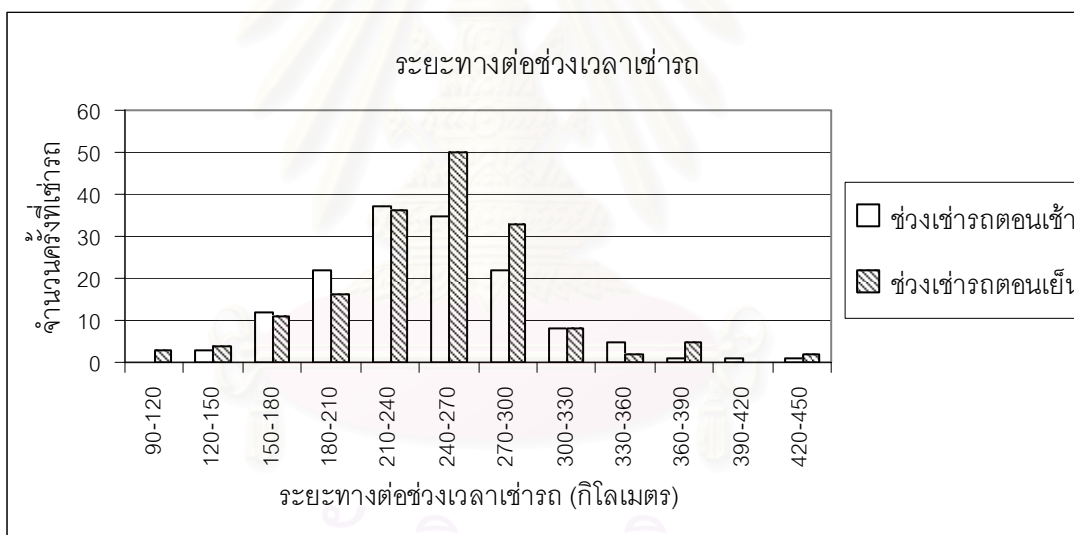
จากรถแท็กซี่ในแต่ละวันจะมีความแตกต่างกันน้อยที่สุด รองลงมาคือ เส้นทางลาด ทางด่วน
เส้นทางภายนอกกรุงเทพมหานคร และ ถนนสายหลัก ตามลำดับ

4.2 การศึกษาลักษณะการเล่นของรถแท็กซี่

การวิเคราะห์ส่วนนี้เป็นการหาลักษณะการเล่นรถแท็กซี่จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ การวิเคราะห์ลักษณะการเล่นรถแท็กซี่ประกอบด้วยการศึกษาระยะเวลาทั้งหมดที่รถแท็กซี่เล่นได้ต่อ
ช่วงเวลาเช่ารถ ระยะเวลาที่รถเล่นบนถนนประเภทต่างๆ และช่วงถนนที่รถเล่นผ่านและเก็บข้อมูล
เวลาการเดินทางได้

4.2.1 ระยะเวลาทั้งหมดที่รถแท็กซี่เล่นได้

จากข้อมูลที่รวบรวมได้นำมาคำนวณหาระยะทางในช่วงเวลาเช่ารถตอนเช้าและ ตอน
เย็นแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ระยะเวลาทั้งหมดที่รถแท็กซี่เล่นได้ในแต่ละช่วงเวลา

จากรูปที่ 4.1 ข้อมูลในแกนนอนคือ ระยะเวลาที่รถแท็กซี่เล่นได้ใน 1 ช่วงเวลาเช่ารถ
เส้นกราฟได้จากการนำข้อมูล(ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 4.7) มาจัดเรียงข้อมูลและหาเส้นกราฟ
ได้ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.7 ตัวอย่างข้อมูลนำเข้าเพื่อหาเส้นกราฟในรูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2

ครั้งที่เข้า รถ	ระยะทาง ทั้งหมด	สัดส่วนของระยะทางที่รถแล่นบนเส้นทางแต่ละประเภท				
		ต่อระยะทางที่รถแล่นทั้งหมด				
		ถนนสาย หลัก	ทางลัด	เส้นทางอื่น	ทางด่วน	เส้นทาง นอกกรุงเทพฯ
1	223	62	8	6	8	16
2	270	74	7	5	11	3
3	295	81	3	4	7	5
4	150	71	8	4	9	8
5	390	65	5	10	14	6
6	275	72	6	7	14	1
7	240	68	6	2	19	5
8	285	72	4	7	12	5

ตารางที่ 4.8 ตัวอย่างข้อมูลที่จัดเรียงเรียงแล้วและพร้อมนำไปหาเส้นกราฟในรูปที่ 4.1

ระยะทางที่รถแท็กซี่ต่อช่วงเวลาเข้ารถ (เมตร)	จำนวนครั้งที่เข้ารถ
90 - 120	0
120 - 150	1
150 - 180	0
180 - 210	0
210 - 240	2
240 - 270	1
270 - 300	3
300 - 330	0
330 - 360	0
360 - 390	1
390 - 420	0
420 - 450	0

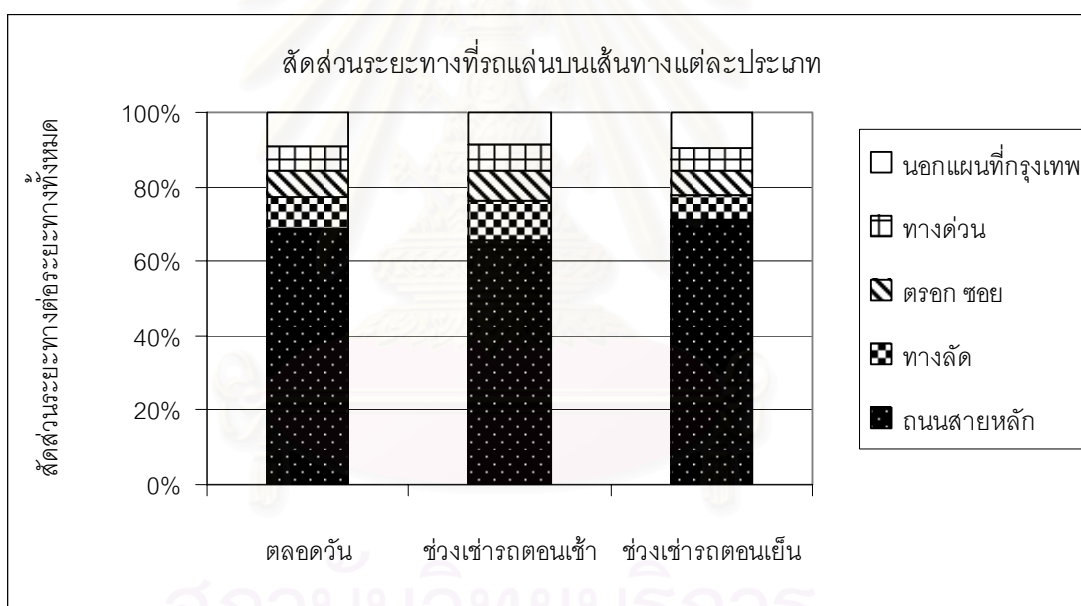
ระยะทางทั้งหมดโดยเฉลี่ยที่รถแท็กซี่แล่นในช่วงเวลาเข้ารถตอนเช้าและตอนเย็นแสดง
ในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ระยะเวลาทั้งหมดโดยเฉลี่ยที่รถแท็กซี่แล่น

ช่วงเวลา	ระยะเวลาทั้งหมดโดยเฉลี่ยที่รถแท็กซี่แล่น		
	ค่าเฉลี่ย (กม.)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (กม.)	จำนวนช่วงเวลาเช่ารถ
ช่วงเวลาเช่ารถตอนเช้า	242	51	147
ช่วงเวลาเช่ารถตอนเย็น	247	54	170
รวม 1 วัน	489	105	317

4.2.2 ระยะเวลาที่รถแท็กซี่บนถนนแต่ละประเภท

สัดส่วนของระยะเวลาเฉลี่ยที่รถแท็กซี่บนเส้นทางแต่ละประเภทในช่วงเวลาเช่ารถตอนเช้า ตอนเย็น และตลอดวัน แสดงในรูปที่ 4.2 ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์คือการแล่นของรถแท็กซี่ในช่วงเวลาเช่ารถตอนเช้าจำนวน 147 ครั้งและช่วงเวลาเช่ารถตอนเย็นจำนวน 170 ครั้ง

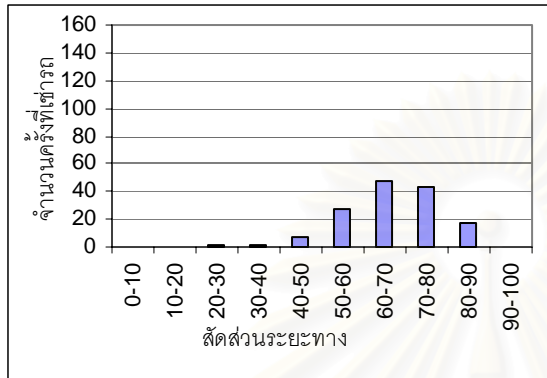


รูปที่ 4.2 สัดส่วนระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่รถแท็กซี่บนเส้นทางแต่ละประเภทในช่วงเวลาเช่ารถ

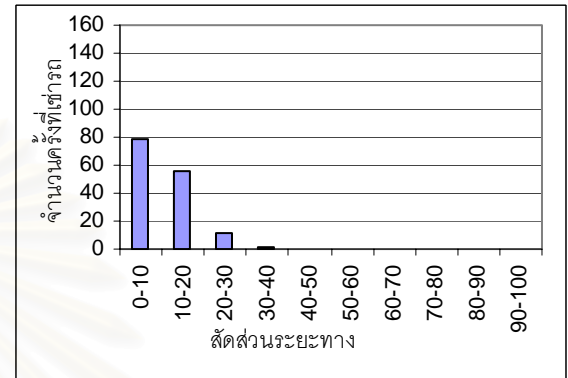
รูปที่ 4.2 แสดงสัดส่วนระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่รถแท็กซี่บนเส้นทางแต่ละประเภทในช่วงเวลาเช่ารถตอนเช้า ช่วงเวลาเช่ารถตอนเย็น และ ในเวลา 1 วัน สัดส่วนดังกล่าวได้จากการนำข้อมูล(ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 4.7) มาจัดเรียงข้อมูลและหาเส้นกราฟได้ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ตัวอย่างข้อมูลที่จัดเรียงเรียงแล้วและพร้อมนำไปหาเส้นกราฟในรูปที่ 4.2

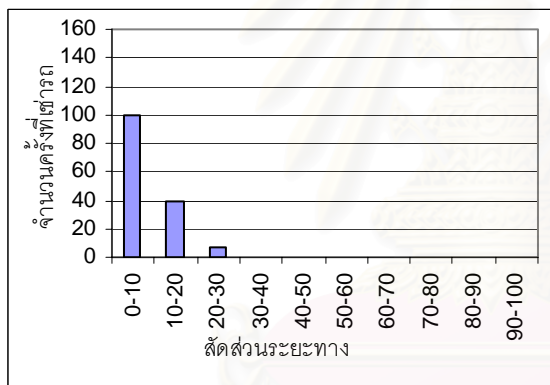
สัดส่วนโดยเฉลี่ยของระยะทางที่รถแล่นบนเส้นทางแต่ละประเภท				
ถนนสายหลัก	ทางลัด	เส้นทางอื่น	ทางด่วน	เส้นทางนอกกรุงเทพฯ
70.63	5.88	5.63	11.75	6.11



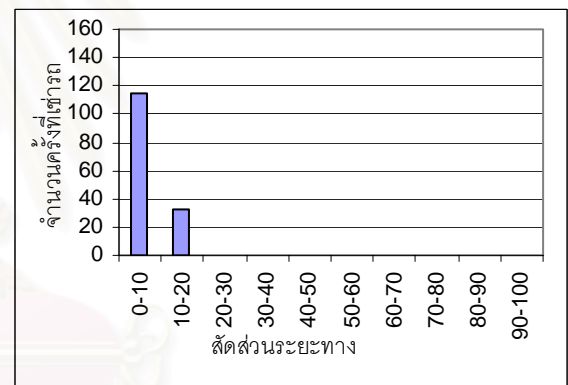
ถนนสายหลัก



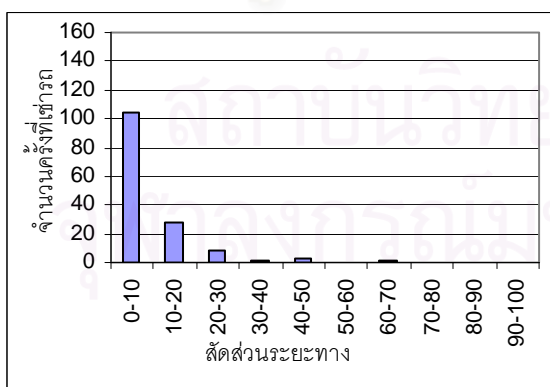
เส้นทางลัด



ทางด่วน

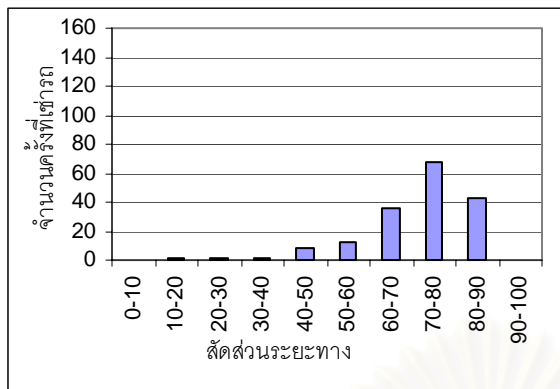


เส้นทางอื่น

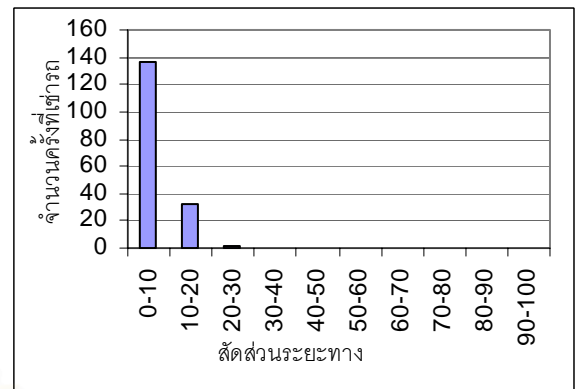


เส้นทางที่อยู่นอกแผนที่กรุงเทพฯ

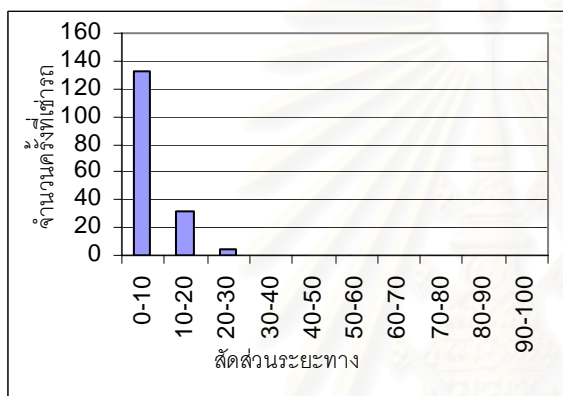
รูปที่ 4.3 สัดส่วนของระยะทางที่รถแล่นบนเส้นทางแต่ละประเภทต่อระยะทางที่รถแล่นทั้งหมดในช่วงเวลาเช้าวอร์คตอนเช้า



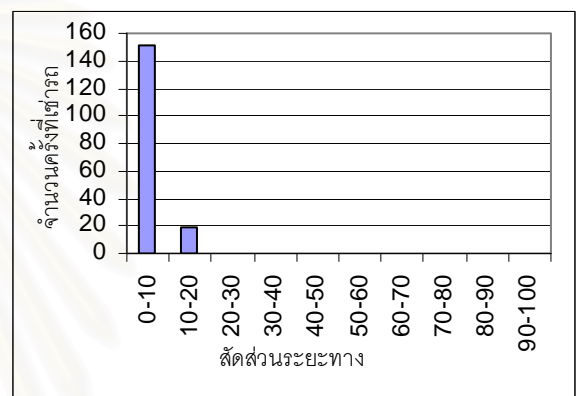
ถนนสายหลัก



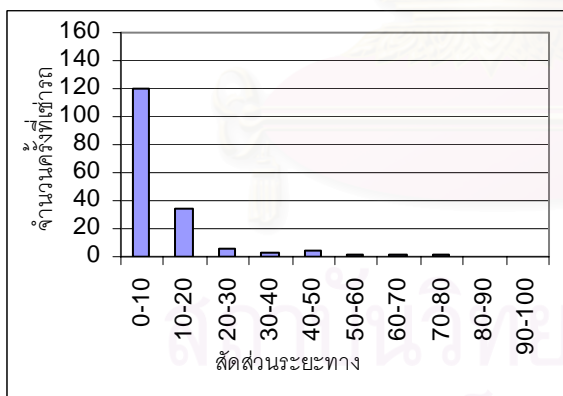
เส้นทางหลัก



ทางด่วน



เส้นทางอื่น



เส้นทางที่อยู่นอกแผนที่กรุงเทพ

รูปที่ 4.4 สัดส่วนของระยะทางที่รถแล่นบนเส้นทางแต่ละประเภทต่อระยะทางที่รถแล่นทั้งหมดในช่วงเวลาเช้ารถตอนเย็น

จากรูปที่ 4.3 และ 4.4 ข้อมูลในแกนนอนคือ สัดส่วนระยะทางที่รถแท็กซี่แล่นบนเส้นทางแต่ละประเภท ข้อมูลในแกนตั้งคือ ความถี่ที่ได้รับข้อมูลสัดส่วนระยะทางในแต่ละช่วงข้อมูล เส้นกราฟเริ่มได้จากการนำข้อมูล(ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 4.7) มาจัดเรียงและหาเส้นกราฟดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ตัวอย่างข้อมูลที่นำมาหาเส้นกราฟในรูปที่ 4.3 และ 4.4

สัดส่วนของ ระยะทาง	จำนวนครั้งที่เข้ารถ				
	ถนนสายหลัก	ทางลัด	เส้นทางอื่น	ทางด่วน	เส้นทางนอกกรุงเทพฯ
0 – 10	0	8	8	3	7
10 – 20	0	0	0	5	1
20 – 30	0	0	0	0	0
30 – 40	0	0	0	0	0
40 – 50	0	0	0	0	0
50 – 60	0	0	0	0	0
60 – 70	3	0	0	0	0
70 – 80	4	0	0	0	0
80 – 90	1	0	0	0	0
90 – 100	0	0	0	0	0

สัดส่วนโดยเฉลี่ยของระยะทางที่รถแล่นบนเส้นทางแต่ละประเภทต่อระยะทางที่รถแล่นทั้งหมดในเวลาเข้ารถตอนเช้าและตอนเย็น แสดงในตารางที่ 4.12 และ 4.13 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.12 สัดส่วนโดยเฉลี่ยของระยะทางบนเส้นทางแต่ละประเภทในช่วงเวลาเข้ารถตอนเช้า

ประเภทเส้นทาง	สัดส่วนโดยเฉลี่ยของระยะทางที่รถแล่นบนเส้นทางแต่ละประเภท	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ถนนสายหลัก	66.84%	11.42%
เส้นทางลัด	10.65%	5.87%
เส้นทางอื่น	7.18%	2.97%
ทางด่วน	8.67%	6.34%
เส้นทางนอกกรุงเทพฯ	9.76%	9.28%

ตารางที่ 4.13 สัดส่วนโดยเฉลี่ยของระยะทางบนเส้นทางแต่ละประเภทในช่วงเวลาเช้ารถตอนเย็น

ประเภทเส้นทาง	สัดส่วนโดยเฉลี่ยของระยะทางที่รถแล่นบนเส้นทางแต่ละประเภท	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ถนนสายหลัก	71.71%	11.93%
เส้นทางลัด	7.00%	3.58%
เส้นทางอื่น	6.12%	2.46%
ทางด่วน	7.47%	5.86%
เส้นทางนอกกรุงเทพฯ	10.24%	11.90%

จากตารางที่ 4.12 และ 4.13 พบว่า ค่าสัดส่วนโดยเฉลี่ยของระยะทางที่รถแท็กซี่แล่นบนถนนสายหลักมีค่ามากที่สุด จึงสามารถสรุปได้ว่า รถแท็กซี่แล่นบนถนนสายหลักมากที่สุด ค่าสัดส่วนโดยเฉลี่ยของระยะทางที่รถแท็กซี่แล่นบนเส้นทางประเภทอื่นมีค่าไม่มากนัก โดยประมาณแล้วเท่ากับ 6 – 11 % ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าสัดส่วนโดยเฉลี่ยของระยะทางที่รถแล่นบนถนนสายหลักมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ เส้นทางนอกกรุงเทพฯ

4.2.3 ช่วงถนนที่รถแล่นผ่านและเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางได้

พารามิเตอร์ที่ใช้อธิบายช่วงถนนที่รถแล่นผ่านอันเกิดจากลักษณะการแล่นของรถคือค่าครอบคลุมพื้นที่ ช่วงถนนที่เลือกในการวิเคราะห์คือช่วงถนนสายหลัก พื้นที่กรุงเทพมหานครถูกแบ่งออกเป็นพื้นที่ย่อยซึ่งมีลักษณะเป็นวงกลมหรือพื้นที่หน้าตัดของท่อวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุดเปลี่ยนคนขับ พื้นที่ศึกษาแบ่งออกเป็น 6 พื้นที่ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.14 และ รูปที่ 4.5 สาเหตุที่แบ่งพื้นที่ออกเป็นลักษณะนี้เนื่องจากสมมติฐานที่ตั้งไว้คือระยะห่างจากจุดเปลี่ยนคนขับรถแท็กซี่ถึงช่วงถนนน่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งในปัจจัยทั้งหมดที่มีผลต่อค่าครอบคลุมพื้นที่

พารามิเตอร์อีกค่าหนึ่งที่ใช้บ่งบอกปริมาณข้อมูลจราจรที่ได้รับจากลักษณะการแล่นของรถ คือ จำนวนครั้งอย่างน้อยที่รถแล่นผ่านแล้วได้รับข้อมูลเวลาการเดินทางที่นำเชื่อถือ (Minimum frequency: freq_min) ในกรณีที่จำนวนครั้งอย่างน้อยที่รถแล่นผ่านมีค่าเท่ากับ 3 ครั้ง หากมีรถแท็กซี่ที่ติดตั้งอุปกรณ์แล่นผ่านช่วงถนนใดช่วงถนนหนึ่งในช่วงเวลาใดๆไม่น้อยกว่า 3 ครั้ง แล้วจะสรุปได้ว่าสามารถเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางจากช่วงถนนนั้นได้ หากมีรถแท็กซี่ที่ติดตั้งอุปกรณ์แล่นผ่านช่วงถนนใดช่วงถนนหนึ่งในช่วงเวลาใดๆน้อยกว่า 3 ครั้ง แล้วจะสรุปได้ว่าไม่สามารถเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางจากช่วงถนนนั้นได้

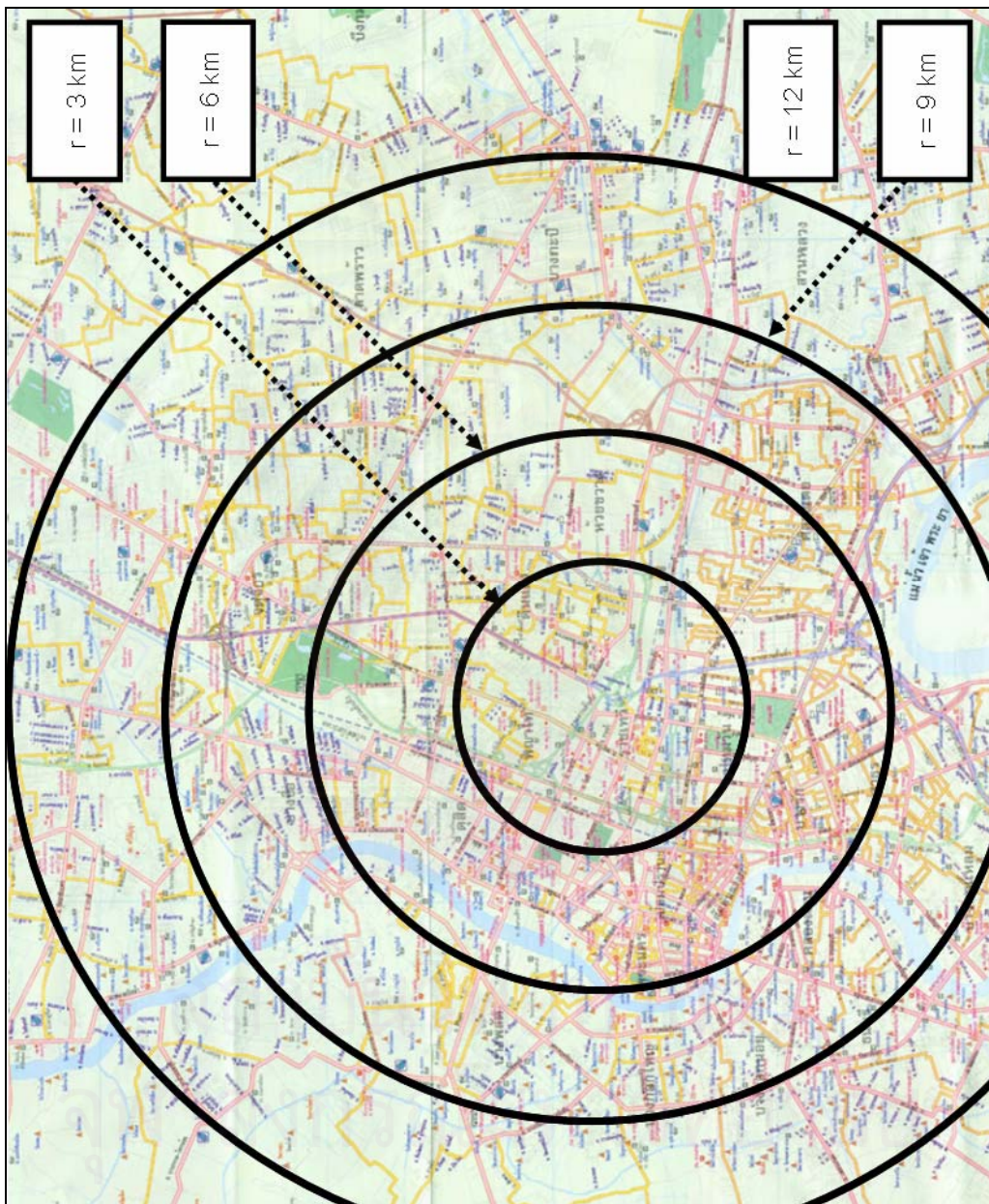
จากข้อมูลการแล่นรถในช่วงเวลาเช้ารถตอนเช้าจำนวน 46 ช่วงเวลาจากรถแท็กซี่ทั้งหมด 5 คันจะสมมติว่ามีรถที่ติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมด 147 คัน แล่นในช่วงเวลาเช้ารถตอนเช้า ในทำนองเดียวกันจากข้อมูลการแล่นรถในช่วงเวลาเช้ารถตอนเย็นจำนวน 46 ช่วงเวลาจากรถแท็กซี่

ทั้งหมด 5 คันจะทำการสมมติว่ามีรถที่ติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมด 170 คัน แล่นในช่วงเวลาเช้ารถตอนเย็น จากข้อมูลในช่วงเวลาเช้ารถตอนเย็นจะแบ่งออกเป็นช่วงเวลาที่ย่อยซึ่งมีระยะเวลาเท่ากับ 1 ชั่วโมง ตัวอย่างเช่น จากข้อมูล 1 วันจะแบ่งช่วงเวลาในการคำนวณค่าครอบคลุมพื้นที่ 24 ช่วงเวลา ผลการวิเคราะห์ค่าครอบคลุมพื้นที่แสดงในรูปที่ 4.6 ถึงรูปที่ 4.12

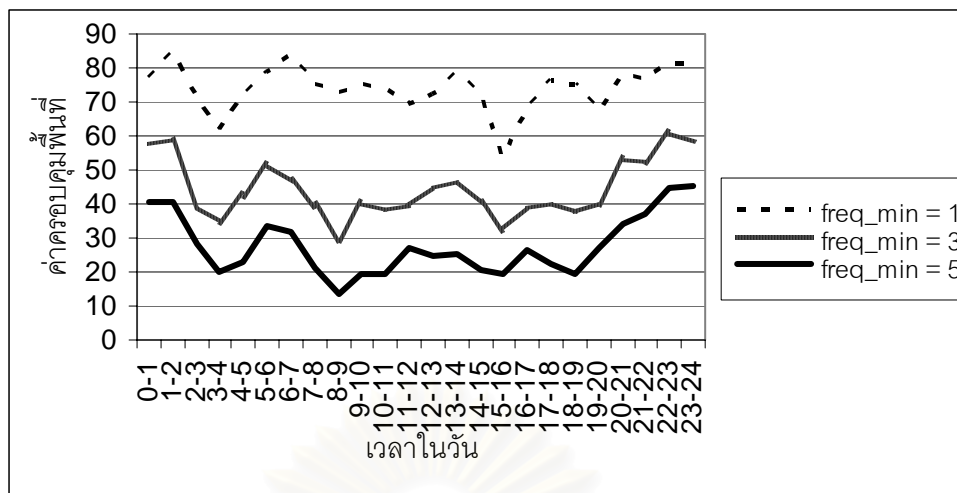
ตารางที่ 4.14 พื้นที่สำหรับการคำนวณค่าครอบคลุมพื้นที่

หมายเลขพื้นที่	อาณาเขต	ช่วงถนนที่อยู่ในพื้นที่
1	ห่างจากคู่อั๊กซี่ไม่เกิน 3 กิโลเมตร	ช่วงถนนที่มีระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของช่วงถนนกับคู่อั๊กซี่ไม่เกิน 3 กิโลเมตร
2	ห่างจากคู่อั๊กซี่มากกว่า 3 กิโลเมตร แต่ไม่เกิน 6 กิโลเมตร	ช่วงถนนที่มีระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของช่วงถนนกับคู่อั๊กซี่มากกว่า 3 กิโลเมตร แต่ไม่เกิน 6 กิโลเมตร
3	ห่างจากคู่อั๊กซี่มากกว่า 6 กิโลเมตร แต่ไม่เกิน 9 กิโลเมตร	ช่วงถนนที่มีระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของช่วงถนนกับคู่อั๊กซี่มากกว่า 6 กิโลเมตร แต่ไม่เกิน 9 กิโลเมตร
4	ห่างจากคู่อั๊กซี่มากกว่า 9 กิโลเมตร แต่ไม่เกิน 12 กิโลเมตร	ช่วงถนนที่มีระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของช่วงถนนกับคู่อั๊กซี่มากกว่า 9 กิโลเมตร แต่ไม่เกิน 12 กิโลเมตร
5	ห่างจากคู่อั๊กซี่มากกว่า 12 กิโลเมตร แต่ไม่เกิน 24 กิโลเมตร	ช่วงถนนที่มีระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของช่วงถนนกับคู่อั๊กซี่มากกว่า 12 กิโลเมตร แต่ไม่เกิน 24 กิโลเมตร
6	ห่างจากคู่อั๊กซี่มากกว่า 24 กิโลเมตร	ช่วงถนนที่มีระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของช่วงถนนกับคู่อั๊กซี่มากกว่า 24 กิโลเมตร

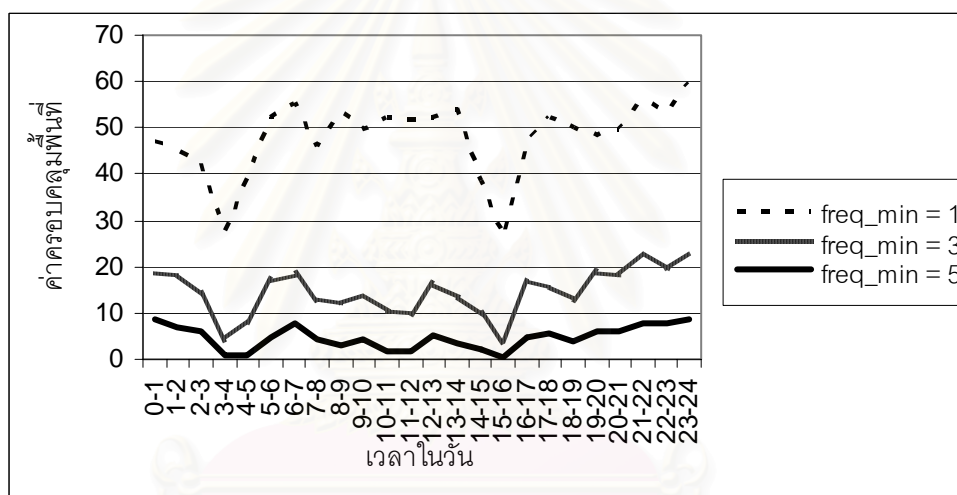
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



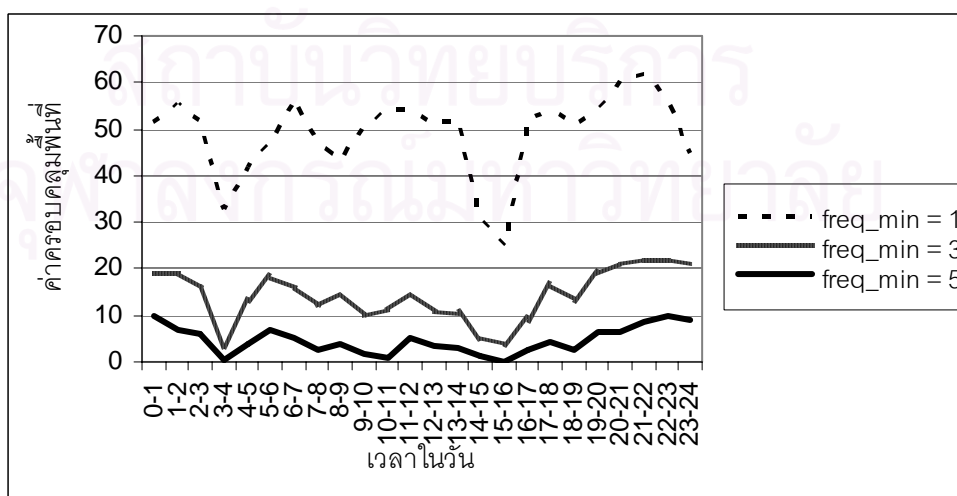
รูปที่ 4.5 ขอบเขตของแต่ละพื้นที่สำหรับคำนวณค่าครอบคลุมพื้นที่



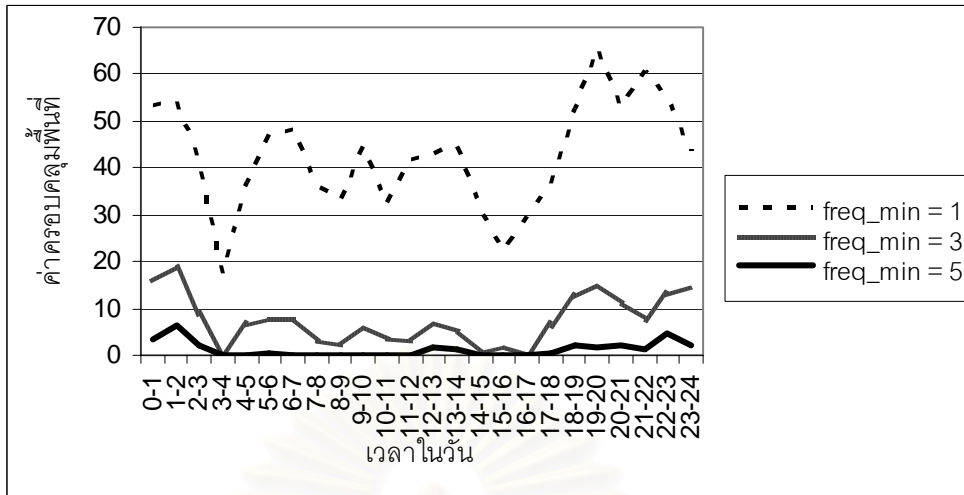
รูปที่ 4.6 ค่าครอบคลุมพื้นที่หมายเลข 1 ในแต่ละช่วงเวลาของวันและในแต่ละ freq_min



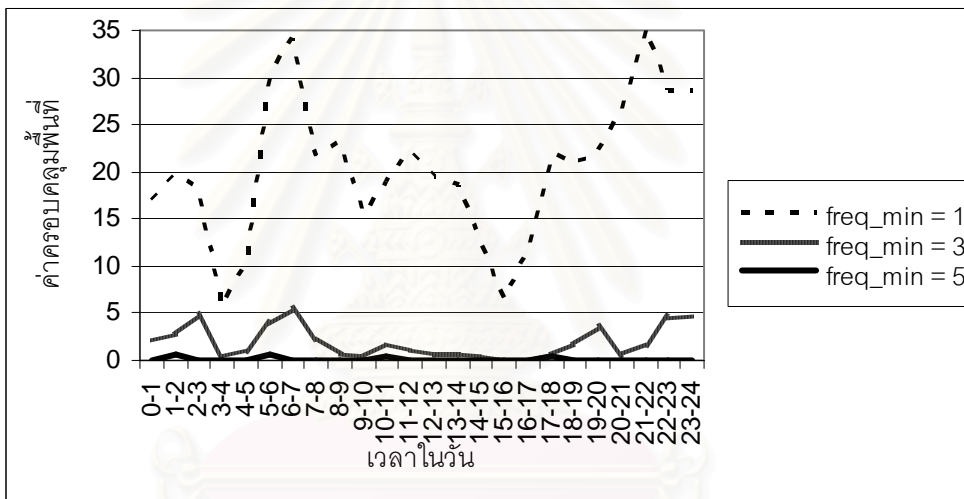
รูปที่ 4.7 ค่าครอบคลุมพื้นที่หมายเลข 2 ในแต่ละช่วงเวลาของวันและในแต่ละ freq_min



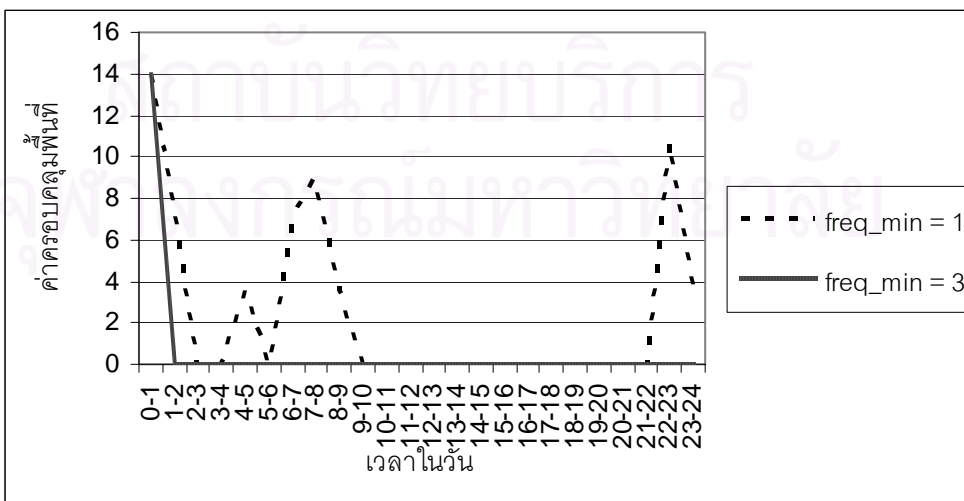
รูปที่ 4.8 ค่าครอบคลุมพื้นที่หมายเลข 3 ในแต่ละช่วงเวลาของวันและในแต่ละ freq_min



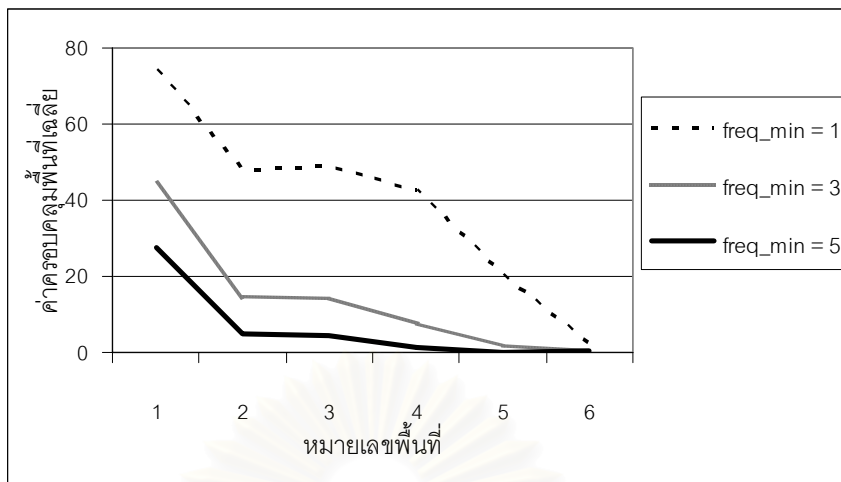
รูปที่ 4.9 ค่าครอบคลุมพื้นที่หมายเลข 4 ในแต่ละช่วงเวลาของวันและในแต่ละ freq_min



รูปที่ 4.10 ค่าครอบคลุมพื้นที่หมายเลข 5 ในแต่ละช่วงเวลาของวันและในแต่ละ freq_min



รูปที่ 4.11 ค่าครอบคลุมพื้นที่หมายเลข 6 ในแต่ละช่วงเวลาของวันและในแต่ละ freq_min

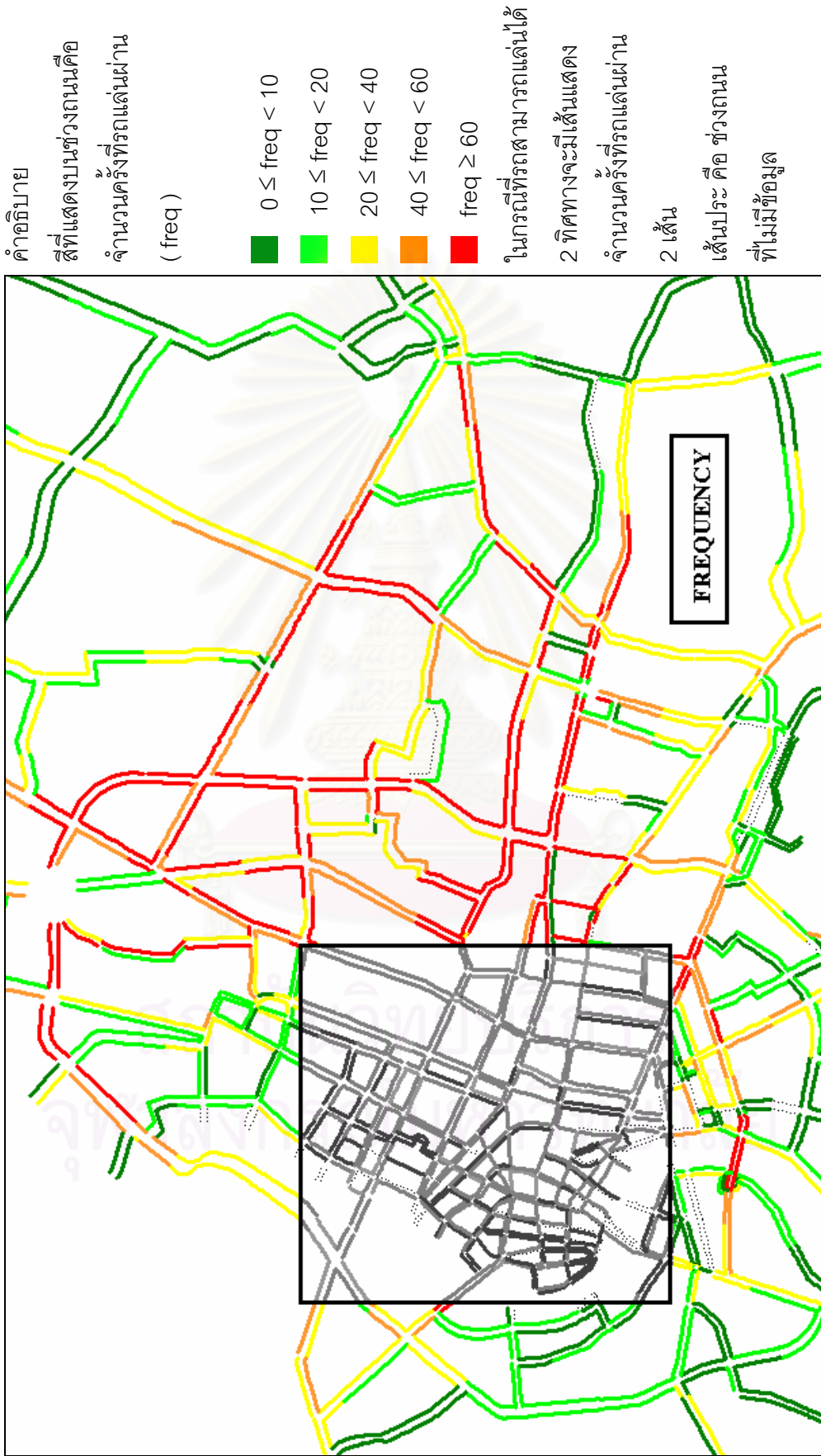


รูปที่ 4.12 ค่าครอบคลุมพื้นที่เฉลี่ยในแต่ละค่า freq_min

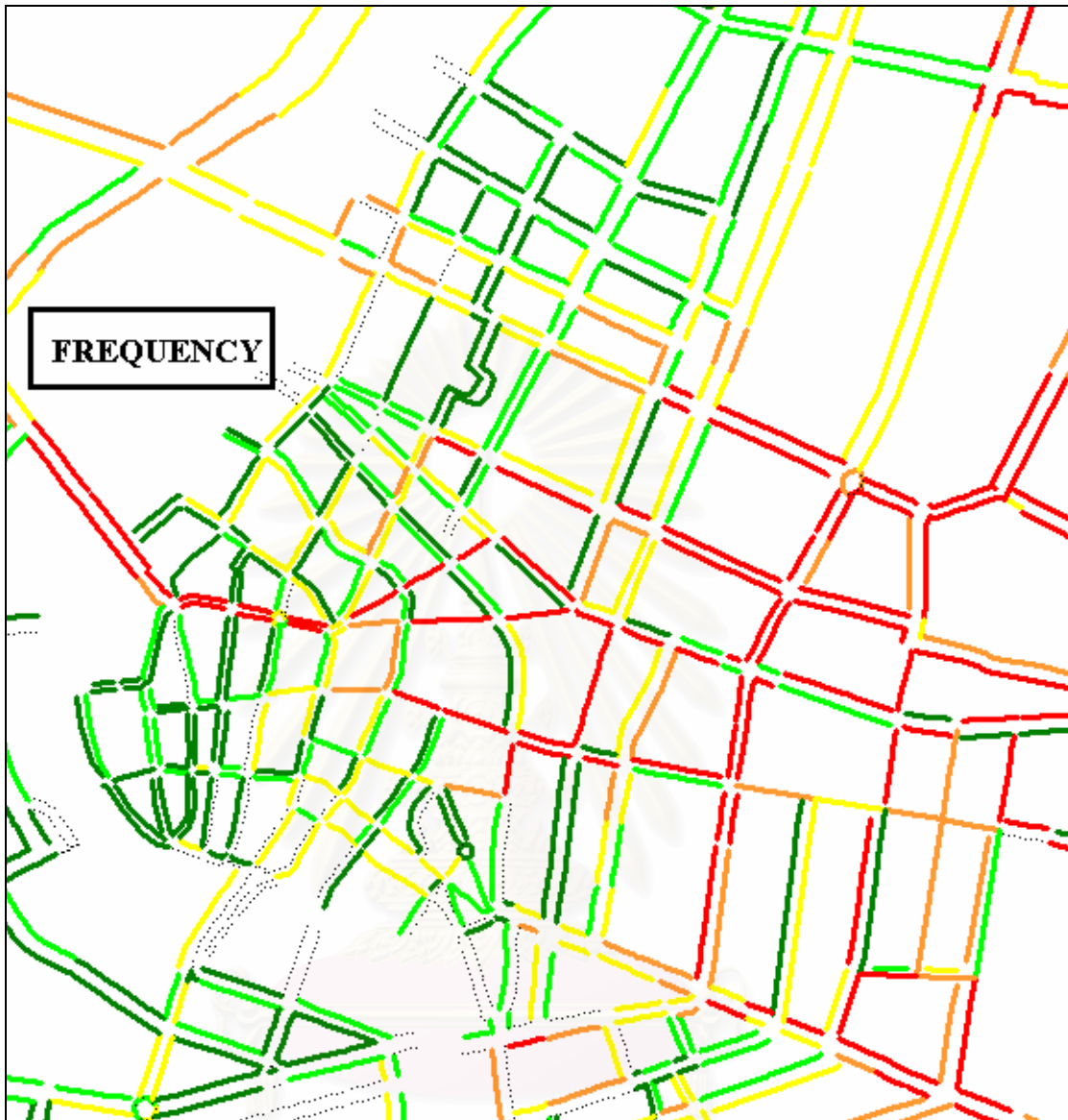
จากรูปที่ 4.12 ค่าครอบคลุมพื้นที่เฉลี่ยหาได้จากค่าเฉลี่ยของค่าครอบคลุมพื้นที่ที่ได้จากทุกพื้นที่ใน 1 วัน ดังนั้นค่าครอบคลุมพื้นที่เฉลี่ย 1 ค่าจะได้จากการเฉลี่ยจากค่าครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 24 ค่า เหตุผลที่เลือกจำนวนครั้งอย่างน้อยที่รถแล่นผ่านให้มีค่าเท่ากับ 1 3 และ 5 เนื่องจากในงานศึกษาของ Srinivasan และ Jovanis (1996) ได้กำหนดจำนวนครั้งอย่างน้อยที่รถแล่นผ่าน สำหรับการคำนวณค่าครอบคลุมพื้นที่เท่ากับ 1 3 และ 5 จำนวนครั้งที่รถแล่นผ่านถนนสายหลักในแต่ละช่วงในลักษณะที่แยกทิศทางการเคลื่อนที่แสดงในรูปที่ 4.13 และ 4.14

4.3 ความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอส

ในการวิเคราะห์ส่วนนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนย่อยได้แก่ การวิเคราะห์ความสามารถของการรับสัญญาณจีพีเอสโดยรวมของพื้นที่ศึกษา และการวิเคราะห์ความสามารถของการรับสัญญาณจีพีเอสเพื่อแสดงบริเวณที่รับสัญญาณได้ไม่ดีนัก วิธีการคำนวณค่าร้อยละสัญญาณหายของการวิเคราะห์ทั้งสองแตกต่างกัน จากการศึกษาของ Bullock (1997) พบว่าการรับสัญญาณจีพีเอสขณะที่รถแล่นรถในแต่ละทิศทางในบางช่วงถนนมีความแตกต่างกัน ดังนั้นค่าร้อยละสัญญาณหายควรเป็นค่าที่บอกความสามารถในการรับสัญญาณสำหรับทิศทางใดทิศทางหนึ่งเท่านั้น อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์ความสามารถของการรับสัญญาณจีพีเอสโดยรวมนั้นจะไม่คำนึงถึงทิศทางการแล่นของรถเนื่องจากผลที่ได้รับต้องการแสดงความสามารถของการรับสัญญาณบนช่วงถนนทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา ช่วงถนนหนึ่งจะคำนวณค่าดังกล่าวได้เพียงค่าเดียวไม่ว่าช่วงถนนนั้นเป็นถนนที่มีการจราจร 1 ทิศทางหรือสองทิศทางก็ตาม สำหรับการวิเคราะห์ในแนวทางที่ 2 จะคำนวณค่าร้อยละสัญญาณหายตามทิศทางจราจร ดังนั้นหากช่วงถนนที่รถสามารถแล่นได้ 2



รูปที่ 4.13 จำนวนครั้งที่รถแล่นผ่านถนนในแต่ละช่วงในลักษณะที่แยกทิศทางการเคลื่อนที่



รูปที่ 4.14 จำนวนครั้งที่รถแล่นผ่านถนนในแต่ละช่วงในลักษณะที่แยกทิศทาง การเคลื่อนที่
ในบริเวณใจกลางเมือง

ทิศทางแล้วค่าร้อยละสัญญาณหายจะมี 2 ค่า การวิเคราะห์แนวทางที่ 2 จะอยู่ใช้สำหรับการ
พิจารณาความสามารถในการรับสัญญาณในพื้นที่เฉพาะเจาะจงเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง
ของการรับสัญญาณในทิศทางต่างๆ

เส้นทางที่เลือกวิเคราะห์ในการวิจัยนี้ คือ ถนนสายหลักในเขต ปทุมวัน ราชเทวี พญาไท
คลองเตย วัฒนา ห้วยขวาง และดินแดง เนื่องจากพื้นที่ทั้ง 7 เขตเป็นพื้นที่ที่ล้อมรอบอยู่แท็กซี่เป็น

ผลให้รถแท็กซี่น่าจะแล่นผ่านถนนสายหลักในพื้นที่เหล่านี้มากกว่าถนนสายหลักภายในพื้นที่อื่น และได้รับข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

ตารางที่ 4.15 แสดงช่วงถนนสายหลักที่เลือกศึกษาในพื้นที่อาณาเขตของเขตการปกครองแต่ละเขต ถนนบางสายไม่ได้เลือกในการศึกษาครั้งนี้เนื่องจากรถแท็กซี่ที่ติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลแล่นผ่านช่วงถนนนั้นไม่บ่อยครั้ง และไม่ได้เลือกถนนวิภาวดีรังสิตเนื่องจากทางด่วนและถนนคู่ขนานในทิศทางการแล่นรถทิศทางเดียวกันมีลักษณะกายภาพที่มีผลต่อการรับสัญญาณจีพีเอสที่แตกต่างกัน และข้อมูลไม่สามารถระบุได้ว่าตำแหน่งที่ได้รับเป็นตำแหน่งที่รถแล่นบนทางด่วนหรือถนนคู่ขนาน

ตารางที่ 4.15 ถนนที่เลือกศึกษา

เขตการปกครอง	ถนนในพื้นที่ที่เลือกศึกษา
ปทุมวัน	ถนนสายหลักทุกสายในพื้นที่
ราชเทวี	ถนนสายหลักทุกสายในพื้นที่
พญาไท	ถนนพระราม6 ถนนพหลโยธิน ถนนดินแดง ถนนสุทธิสารวินิจฉัย
คลองเตย	ถนนสุขุมวิท ถนนพระราม4 ถนนรัชดาภิเษก ถนนกล้วยน้ำไท
วัฒนา	ถนนสายหลักทุกสายในพื้นที่
ห้วยขวาง	ถนนสายหลักทุกสายในพื้นที่
ดินแดง	ถนนสายหลักทุกสายในพื้นที่

ตารางที่ 4.16 สัดส่วนของความยาวของถนนที่เลือกต่อถนนสายหลักทั้งหมดในพื้นที่

เขตการปกครอง	ผลรวมความยาวของถนนที่เลือก (กิโลเมตร)	สัดส่วนของความยาวของถนนที่เลือก ต่อถนนสายหลักทั้งหมดในพื้นที่
ปทุมวัน	21.148	100.00%
ราชเทวี	17.983	100.00%
พญาไท	9.298	65.29%
คลองเตย	14.454	63.30%
วัฒนา	12.431	100.00%
ห้วยขวาง	15.351	100.00%
ดินแดง	14.175	100.00%
รวม	104.840	87.73 %

จากตารางที่ 4.16 พบว่าได้เลือกถนนสายหลักทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา ยกเว้น ในเขต พญาไท และเขตคลองเตยที่เลือกเพียง 65 % และ 63 % โดยประมาณ โดยรวมแล้วได้เลือกช่วง ถนนสายหลัก 88 % โดยประมาณจากช่วงถนนสายหลักทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอสโดยรวม

ผลการวิเคราะห์ในแนวทางที่ 1 ได้นำเสนอใน 2 แนวทางย่อยอันได้แก่ ค่าร้อยละ สัญญาณหายเฉลี่ยของถนนที่ศึกษาในแต่ละเขต และ สัดส่วนของช่วงถนนที่รับสัญญาณได้ดีใน แต่ละเขต

ตารางที่ 4.17 ค่าร้อยละสัญญาณหายเฉลี่ยของถนนที่ศึกษาในแต่ละเขต

เขตการปกครอง	ค่าร้อยละสัญญาณหายเฉลี่ย
ปทุมวัน	76.63
ราชเทวี	77.51
พญาไท	60.33
คลองเตย	70.07
วัฒนา	91.95
ห้วยขวาง	83.94
ดินแดง	87.91
รวม	78.86

จากตารางที่ 4.17 จะพบว่า โดยเฉลี่ยแล้วความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอสบน ถนนในแต่ละเขตที่ทำการศึกษาอยู่ช่วงร้อยละ 60 – 92 และค่าร้อยละสัญญาณหายเฉลี่ยรวม เท่ากับ 78.86

สำหรับการแสดงช่วงถนนที่รับสัญญาณได้ดีในแต่ละเขตได้กำหนดเงื่อนไขว่า ส่วนย่อย ของช่วงถนนอับสัญญาณหรือไม่ซึ่งจะพิจารณาได้จากค่าร้อยละสัญญาณหายซึ่งแยกพิจารณา ออกเป็น 2 กรณี กรณีแรกคือส่วนย่อยของช่วงถนนจะไม่อับสัญญาณเมื่อค่าร้อยละสัญญาณ หายของส่วนย่อยไม่เกิน 40 % กรณีที่ 2 คือส่วนย่อยของช่วงถนนจะไม่อับสัญญาณเมื่อค่าร้อย ละสัญญาณหายของส่วนย่อยไม่เกิน 20 % ผลการวิเคราะห์ ความสามารถในการรับสัญญาณ ทั้งสองกรณีแสดงผลในตารางที่ 4.18 และ 4.19 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.18 ความยาวของช่วงถนนที่มีค่าร้อยละสัญญาณหายไม่เกิน 40 %

เขตการปกครอง	ผลรวมความยาวของส่วนย่อย ของช่วงถนนที่มีค่าร้อยละ สัญญาณหายไม่เกิน 40 % (กิโลเมตร)	สัดส่วนของผลรวมความยาวของ ส่วนย่อยของช่วงถนนที่รับสัญญาณได้ ต่อผลรวมความยาวของถนนที่เลือก
ปทุมวัน	16.898	79.90%
ราชเทวี	14.615	81.27%
พญาไท	5.211	56.04%
คลองเตย	9.714	67.20%
วัฒนา	12.221	98.31%
ห้วยขวาง	12.709	82.79%
ดินแดง	13.510	95.31%
รวม	84.878	80.96%

จากตารางที่ 4.18 เมื่อส่วนย่อยของช่วงถนนจะไม่ับสัญญาณเมื่อค่าร้อยละสัญญาณหายของส่วนย่อยไม่เกิน 40 % จะพบว่าในเขตพญาไทนั้นมีช่วงถนนที่รับสัญญาณจีพีเอสได้น้อยกว่าช่วงถนนในเขตอื่นมาก เนื่องจากค่าสัดส่วนของความยาวของส่วนย่อยของช่วงถนนที่รับสัญญาณได้ต่อความยาวของถนนที่เลือกเท่ากับ 56.04%

ตารางที่ 4.19 ความยาวของช่วงถนนที่มีค่าร้อยละสัญญาณหายไม่เกิน 20 %

เขตการปกครอง	ผลรวมความยาวของส่วนย่อย ของช่วงถนนที่มีค่าร้อยละ สัญญาณหายไม่เกิน 20 % (กิโลเมตร)	สัดส่วนของผลรวมความยาวของ ส่วนย่อยของช่วงถนนที่รับสัญญาณได้ ต่อผลรวมความยาวของถนนที่เลือก
ปทุมวัน	12.661	59.87%
ราชเทวี	12.509	69.56%
พญาไท	2.108	22.67%
คลองเตย	6.758	46.75%
วัฒนา	11.194	90.05%
ห้วยขวาง	11.391	74.20%
ดินแดง	11.264	79.46%
รวม	67.885	64.75 %

จากตารางที่ 4.19 เมื่อส่วนย่อยของช่วงถนนจะไม่อัปเดตสัญญาณเมื่อค่าร้อยละสัญญาณหายของส่วนย่อยไม่เกิน 20 % จะพบว่า ในเขตพญาไทและเขตคลองเตยมีช่วงถนนที่รับสัญญาณจีพีเอสได้น้อยกว่าช่วงถนนในเขตอื่นมาก เนื่องจากค่าสัดส่วนของความยาวของส่วนย่อยของช่วงถนนที่รับสัญญาณได้ต่อความยาวของถนนที่เลือกเท่ากับ 22.67% และ 46.75% ตามลำดับ

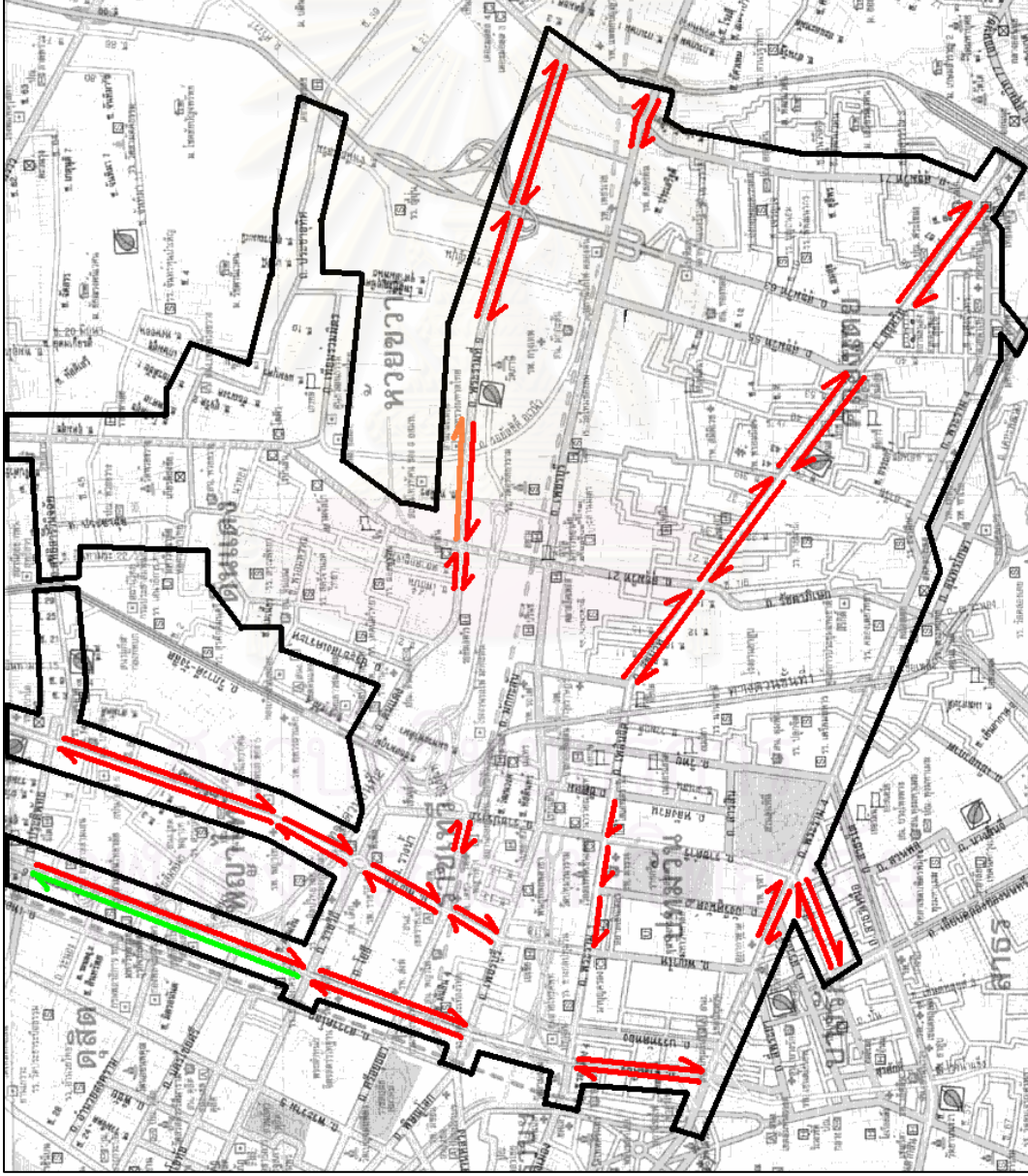
4.3.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอสเพื่อแสดงบริเวณที่เป็นจุดอัปเดตสัญญาณจีพีเอส

การวิเคราะห์หาบริเวณอัปเดตสัญญาณจีพีเอสโดยแสดงผลการวิเคราะห์เฉพาะช่วงถนนที่รับสัญญาณได้ไม่ดีนัก มีเงื่อนไขคือความสามารถในการรับสัญญาณของรถแท็กซี่ที่แล่นสวนกันในช่วงถนนเดียวกันไม่เท่ากัน พื้นที่ศึกษาอยู่ในอาณาเขตของเส้นที่บีบีดำ ผลการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 4.15 4.16 4.17 และ 4.18 ทำให้ทราบช่วงถนนที่รับสัญญาณได้ไม่ดีนัก อันทำให้ทราบช่วงถนนที่ไม่สามารถใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสในการเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางและสถานะการจราจรได้ หากต้องการทราบรายละเอียดของผลลัพธ์ในลักษณะภาพรวมของช่วงถนนสายหลักที่แสดงในรูปเหล่านี้สามารถดูได้ในภาคผนวก ค

4.3.3 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการวิเคราะห์ข้อมูล

ปัญหาที่เกิดในการวิเคราะห์ความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอส ได้แก่

1. ในกรณีที่ช่วงถนนสายหลัก 2 เส้นที่มีแนวการวางตัวขนานกันและอยู่ใกล้กัน หากตำแหน่งที่ได้รับอยู่ระหว่างช่วงถนนสายหลักทั้ง 2 เส้นนี้แล้วจะไม่สามารถระบุได้ว่ารถแล่นบนช่วงถนนใด เช่น ถนนเยาวราช ถนนเจริญกรุง เป็นต้น แนวทางแก้ไขปัญหาคือการลดค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่ยอมรับได้ในบริเวณดังกล่าว
2. ในบางครั้งระยะเวลาที่สัญญาณหายนานเกินไป ทำให้จุดเริ่มรับสัญญาณไม่ได้กับจุดที่รับสัญญาณได้อีกครั้งอยู่ไกลกันมาก และไม่สามารถหาเส้นทางการเล่นของรถระหว่าง 2 จุดนี้ได้ ผู้วิจัยไม่สามารถแก้ไขปัญหาค่าการนี้ได้
3. สำหรับทางแยกที่มีทางข้ามแยก (Flyover) นั้นในสภาพจราจรที่ไม่ติดขัดนั้นรถที่แล่นบนทางข้ามแยกมักจะแล่นได้เร็วกว่ารถที่ต้องรอสัญญาณไฟจราจรบนถนนและมักแล่นโดยไม่ต้องชะลอความเร็ว อย่างไรก็ตามในสภาพการจราจรที่ติดขัดรถที่แล่นบนทางข้ามแยกจะมีความเร็วไม่แตกต่างจากรถที่ไม่ได้แล่นบนทางข้ามแยก ทำให้ไม่สามารถระบุได้ว่ารถแล่นบนทางข้ามแยกหรือไม่ แนวทางแก้ไขปัญหาคือการเลือกเฉพาะข้อมูลที่ได้จากรถที่เลี้ยวขวาหรือเลี้ยวซ้ายบริเวณทางแยกเท่านั้น



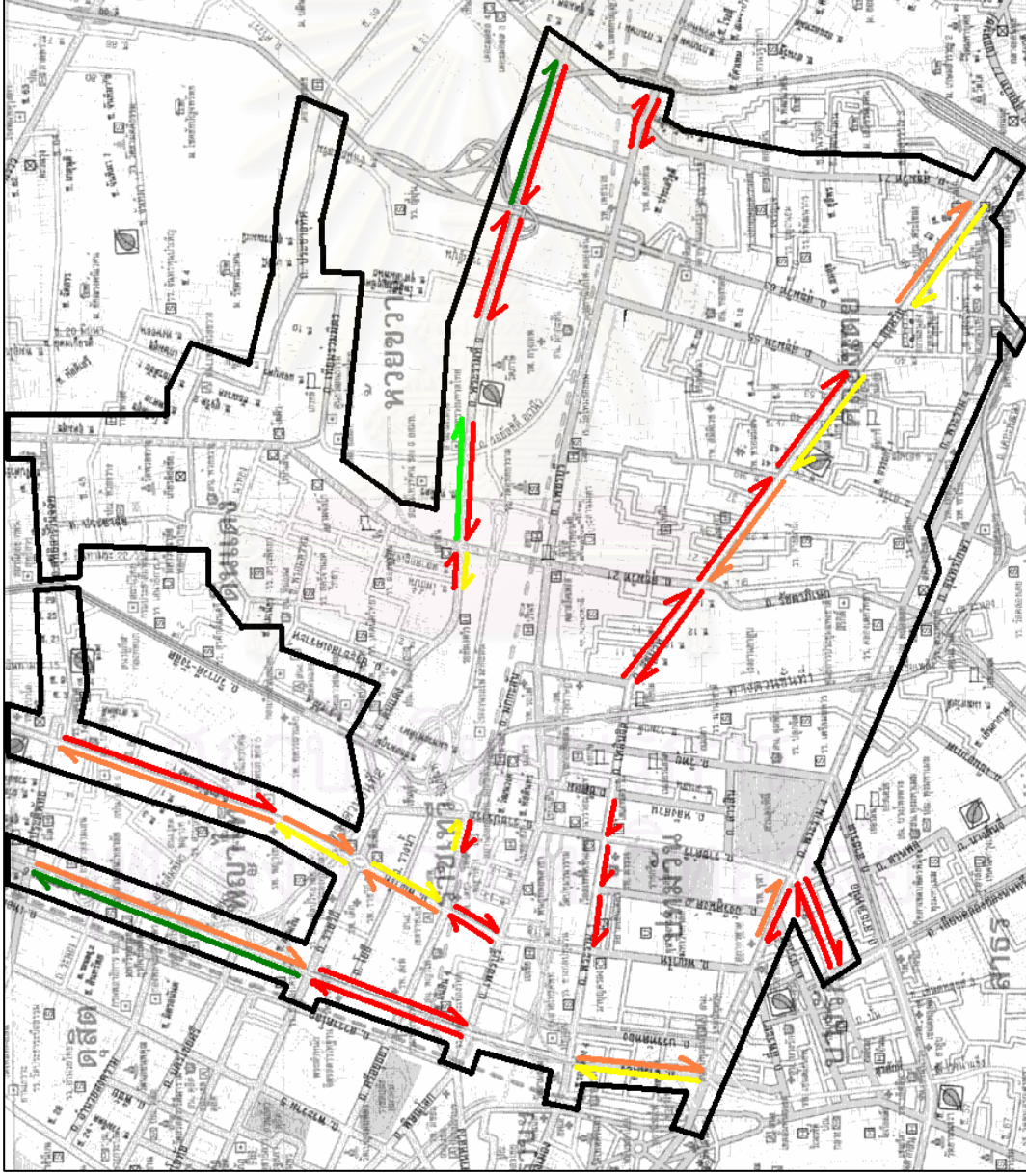
คำอธิบาย

1. หัวลูกศรแสดงทิศทางการเคลื่อน
ของรถบนช่วงถนน
2. สีของเส้นแสดงสัดส่วนของ
ผลรวมความยาวของส่วนย่อย
ที่มีค่าร้อยละสัญญาณหาย
ไม่เกิน 20% ต่อความยาวช่วง
ถนน (p)

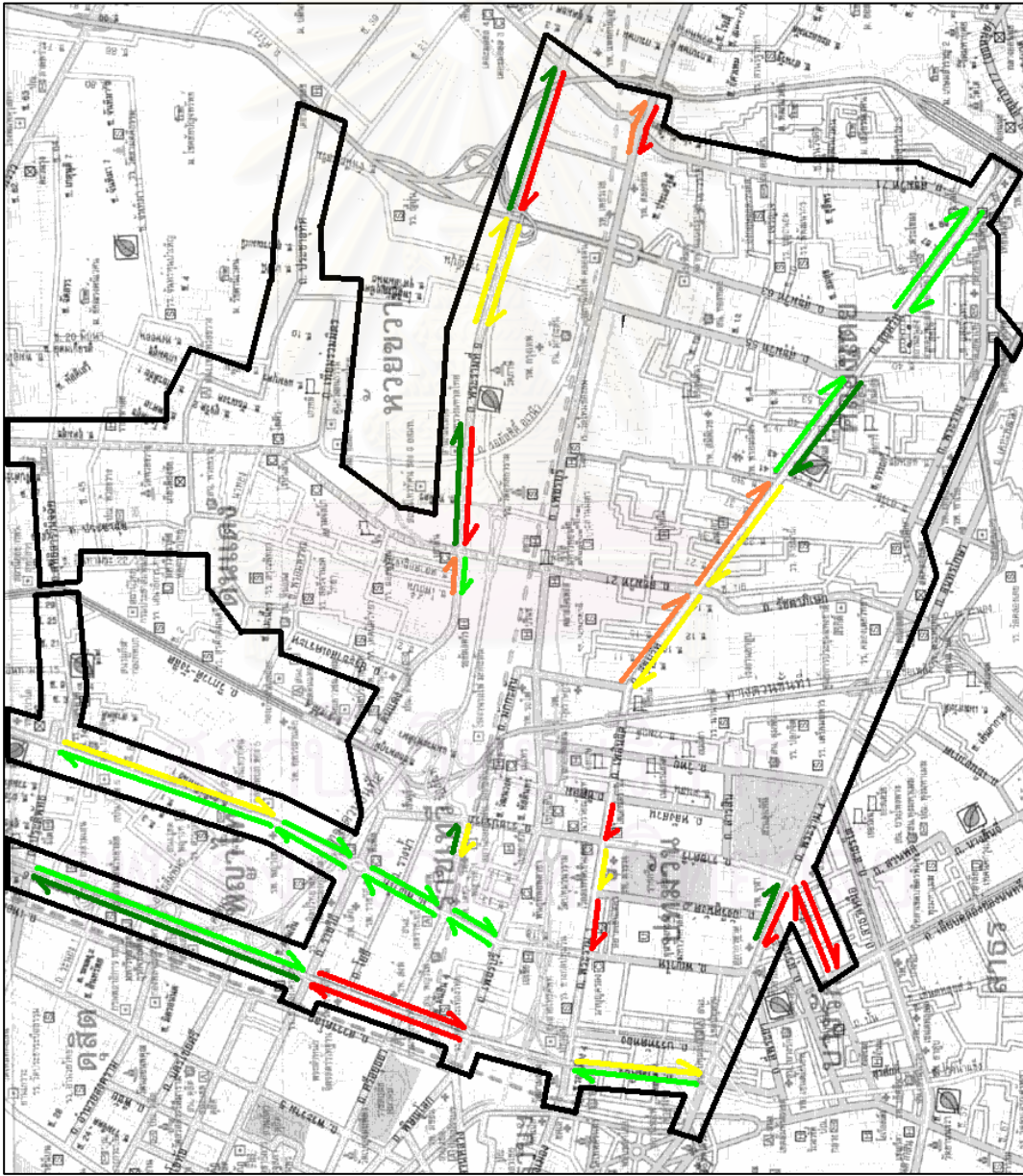
- 0 % ≤ p < 20%
- 20 % ≤ p < 40%
- 40 % ≤ p < 60%
- 60 % ≤ p < 80%
- 80 % ≤ p ≤ 100%

หมายเหตุ :
รูปแสดงผลวิเคราะห์เฉพาะช่วง
ถนนที่รับสัญญาณได้ไม่ติดนัก

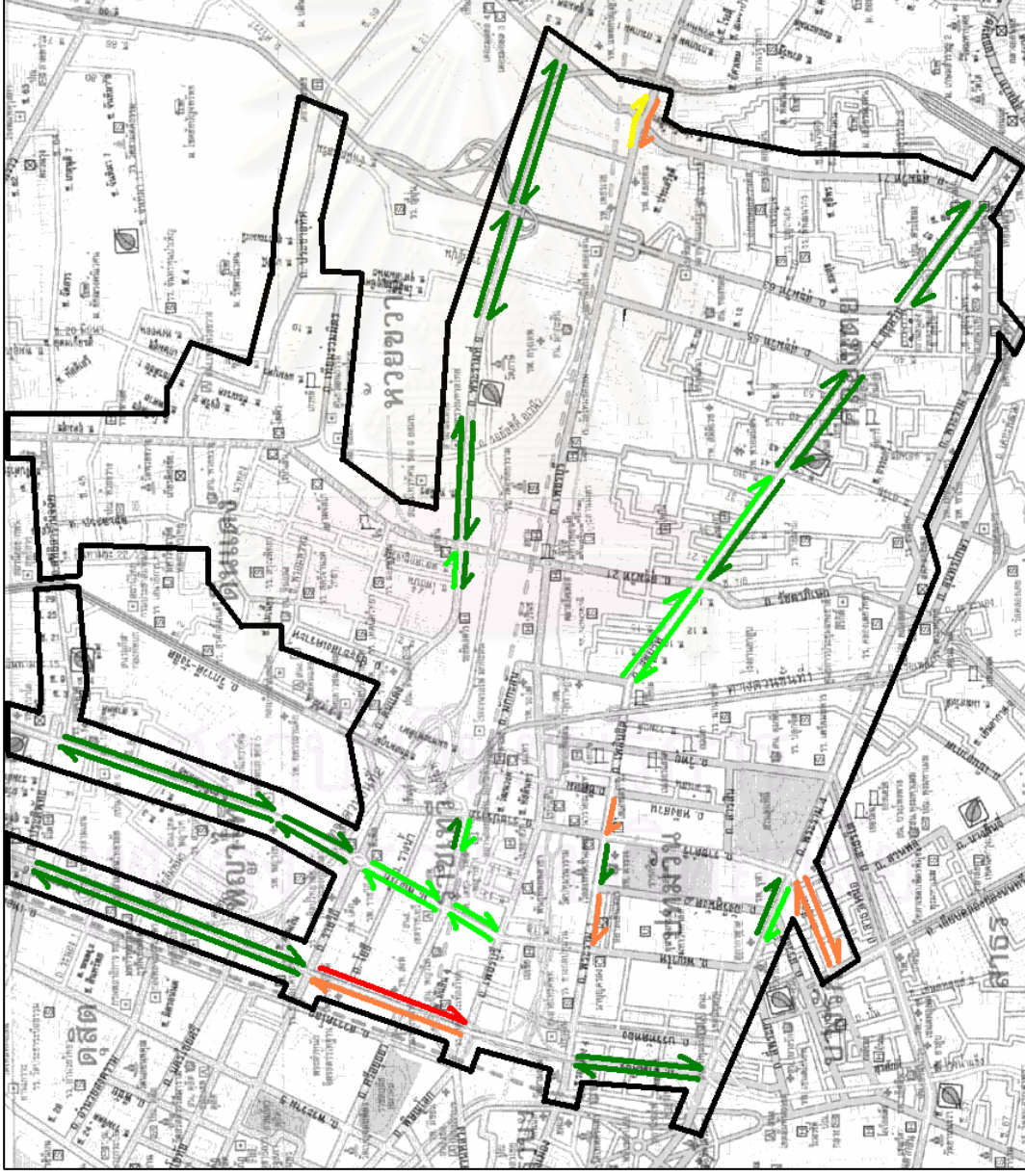
รูปที่ 4.15 ผลลัพธ์ในลักษณะภาพรวมของช่วงถนนที่รับสัญญาณได้ไม่ติดนัก ในกรณีส่วนย่อยสามารถรับสัญญาณได้เมื่อค่าร้อยละสัญญาณหายไม่เกิน 20 %



รูปที่ 4.16 ผลลัพธ์ในลักษณะภาพรวมของช่วงถนนที่รับสัญญาณไฟไม่ได้ในกรณีส่วนย่อยสามารถรับสัญญาณไฟได้เมื่อค่าร้อยละสัญญาณไฟไม่เกิน 40 %



รูปที่ 4.17 ผลลัพธ์ในลักษณะภาพรวมของช่วงถนนที่รับสัญญาณไฟไม่ติดนัก ในกรณีส่วนย่อยสามารถรับสัญญาณไฟเมื่อค่าร้อยละสัญญาณไฟไม่เกิน 60 %



คำอธิบาย

1. หัวลูกศรแสดงทิศทางการเล่นของรถบนช่วงถนน
2. สีของเส้นแสดงสัดส่วนของผลรวมความยาวของส่วนย่อยที่มีค่าร้อยละสัญญาณไม่เกิน 80% ต่อความยาวช่วง

ถนน (p)

	$0 \% \leq p < 20\%$
	$20 \% \leq p < 40\%$
	$40 \% \leq p < 60\%$
	$60 \% \leq p < 80\%$
	$80 \% \leq p \leq 100\%$

หมายเหตุ :
 รูปแสดงผลวิเคราะห์เฉพาะช่วงถนนที่รับสัญญาณได้เมื่อนัก

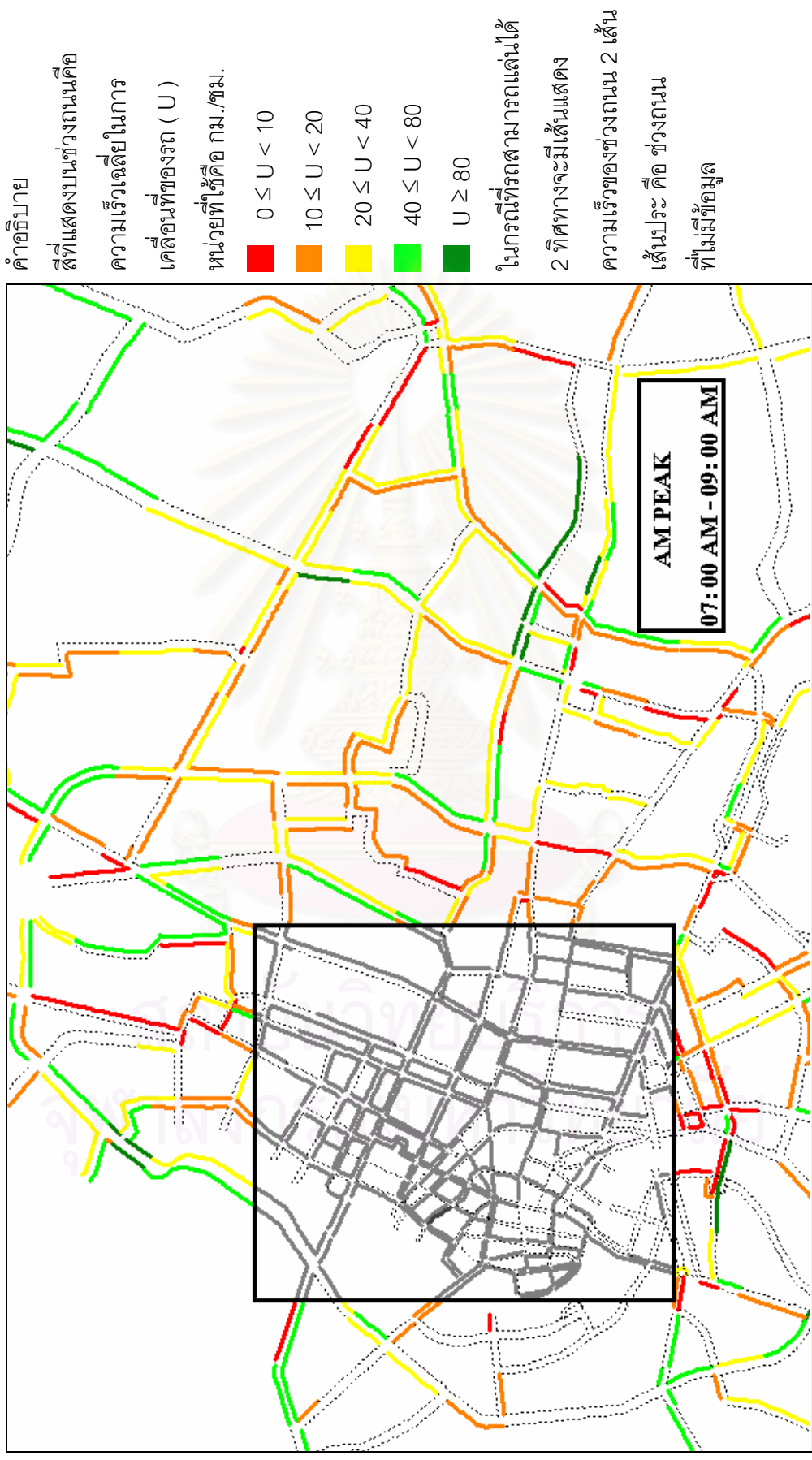
รูปที่ 4.18 ผลลัพธ์ในลักษณะภาพรวมของช่วงถนนที่รับสัญญาณได้เมื่อนัก ในกรณีส่วนย่อยสามารถรับสัญญาณได้เมื่อค่าร้อยละสัญญาณไม่เกิน 80 %

4.4 ข้อมูลเวลาการเดินทางและความเร็วเฉลี่ยที่ได้รับ

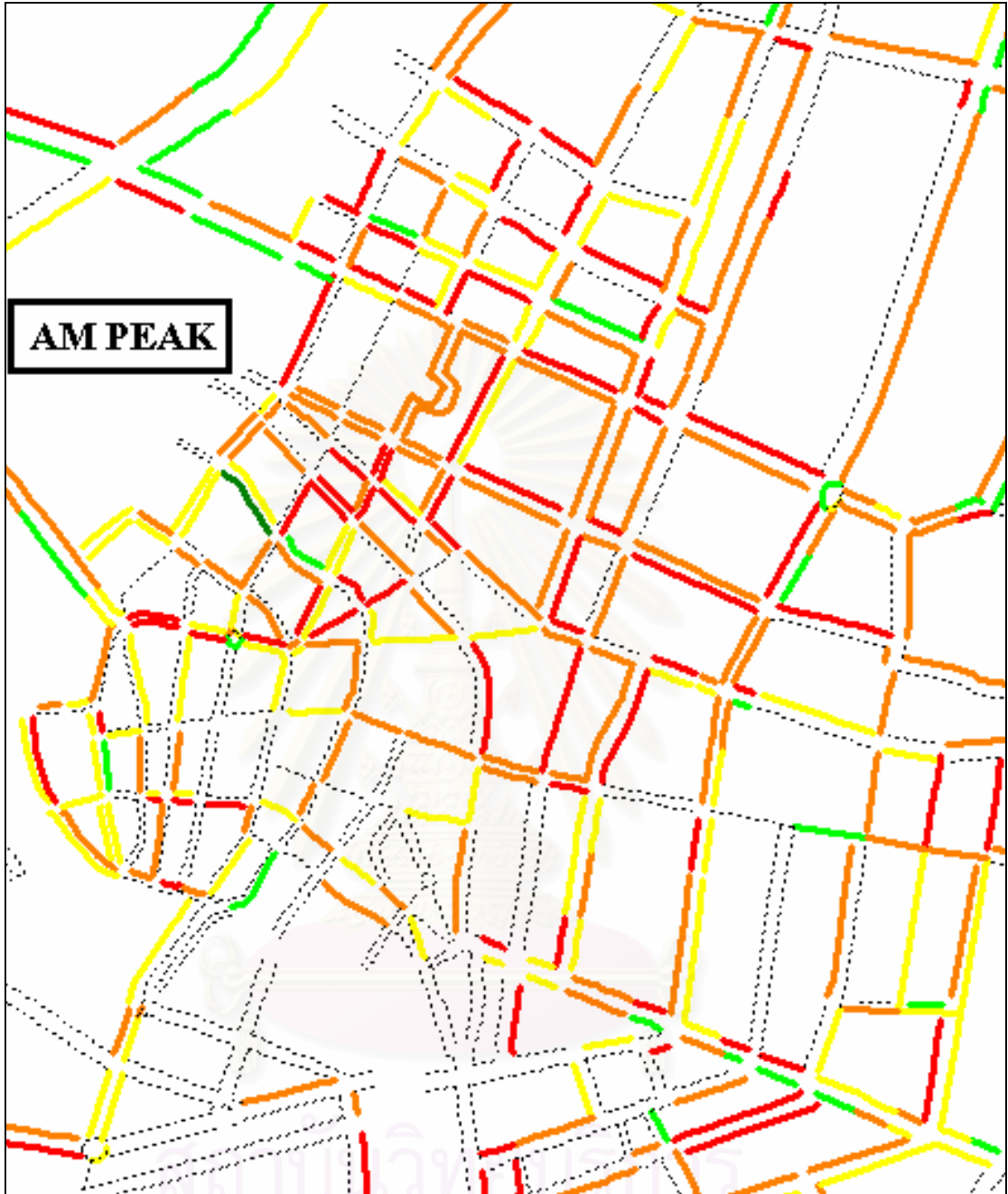
เมื่อระบุตำแหน่งรถแผนที่โครงข่ายถนนแล้วจะทราบเส้นทางเดินทางและเวลาการเดินทางของช่วงถนนที่รถแล่นผ่าน ตามลำดับ และสามารถคำนวณความเร็วเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนจากความยาวช่วงถนนและเวลาการเดินทางเฉลี่ยของช่วงถนน เวลาการเดินทางแสดงผลด้วยตารางในภาคผนวก ข

ความเร็วที่ใช้คำนวณผลถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา อันได้แก่ ข้อมูลในวันทำงานราชการและวันหยุดราชการ ข้อมูลการแล่นรถในช่วงเวลาเช้ารถตอนเช้าจำนวน 147 ครั้งประกอบด้วยข้อมูลช่วงเวลาเช้ารถในวันทำงานราชการและวันหยุดราชการเท่ากับ 108 และ 39 ครั้ง ตามลำดับ ข้อมูลการแล่นรถในช่วงเวลาเช้ารถตอนเย็นจำนวน 170 ครั้งประกอบด้วย ข้อมูลช่วงเวลาเช้ารถในวันทำงานราชการและวันหยุดราชการเท่ากับ 127 และ 43 ครั้ง ตามลำดับช่วงเวลาแบ่งเพื่อคำนวณเวลาการเดินทางและความเร็วเฉลี่ย ได้แก่

1. ช่วงเร่งด่วนตอนเช้า (AM peak) 7.00 – 9.00 น.
2. กลางวัน (Off-peak daytime) 9.00 - 16.00 น.
3. ช่วงเร่งด่วนตอนเย็น (PM peak) 16.00 – 18.00 น.
4. กลางคืน (Off-peak night) 18.00 – 24.00 น. และ 0.00 – 7.00 น. ในวันรุ่งขึ้น



รูปที่ 4.19 ความเร็วเฉลี่ยแต่ละช่วงถนนในลักษณะแยกทิศทางการเดินทางที่ในวันทำงานราชการ ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า

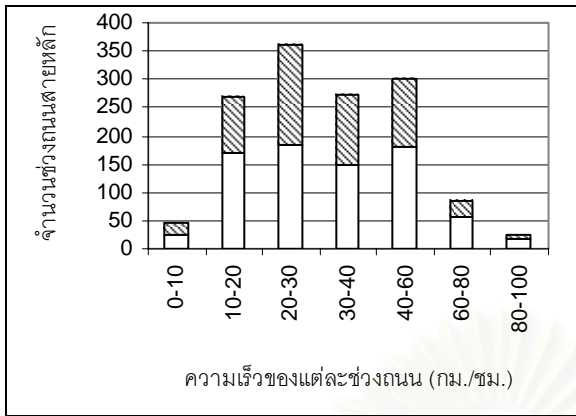


รูปที่ 4.20 ความเร็วเฉลี่ยแต่ละช่วงถนนในลักษณะที่แยกทิศทาง การเคลื่อนที่ ในวันทำงานราชการ ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า ในบริเวณใจกลางเมือง

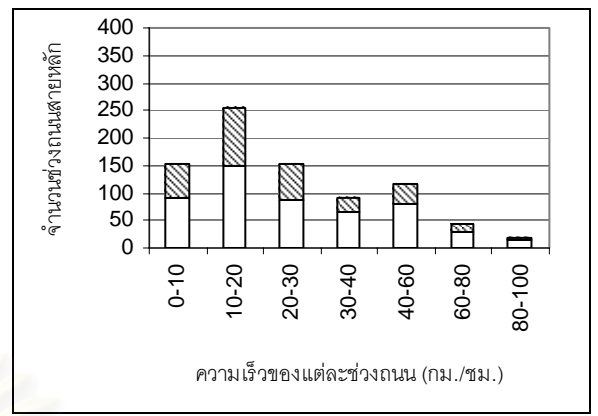
ความเร็วเฉลี่ยแต่ละช่วงถนนสายหลักในวันทำงานราชการ ช่วงเร่งด่วนตอนเช้าแสดงเป็นตัวอย่างในรูปที่ 4.19 และ 4.20 ข้อมูลความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาอื่นแสดงในภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์ความเร็วเฉลี่ยตามพื้นที่จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ ความเร็วบนช่วงถนนภายในอาณาเขตที่ล้อมรอบด้วยถนนวงแหวนชั้นใน (Inside Inner Ring Area) และ ความเร็วบนช่วงถนนภายนอกอาณาเขตที่ล้อมรอบด้วยถนนวงแหวนชั้นใน (Outside Inner Ring Area)

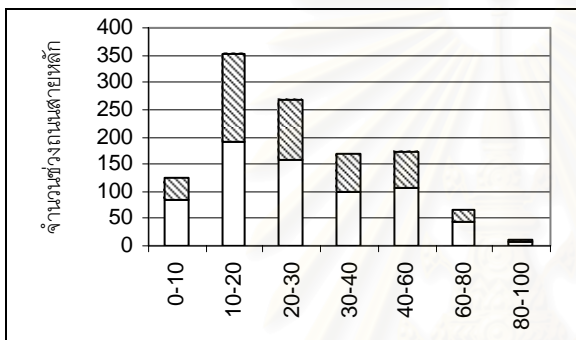
คำอธิบาย □ แทนข้อมูลจากช่วงถนนใน Inner ring area และ ▨ แทนข้อมูลจากช่วงถนนนอก Inner ring area



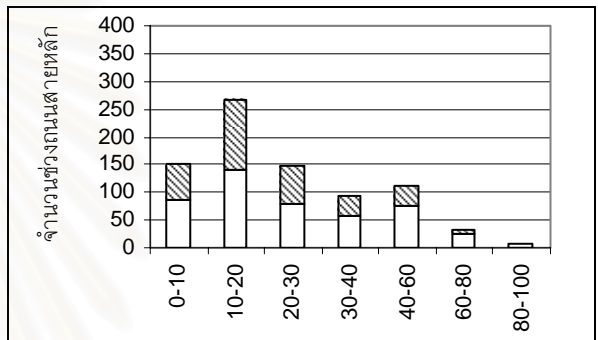
ช่วงเวลากลางคืน วันทำงานราชการ



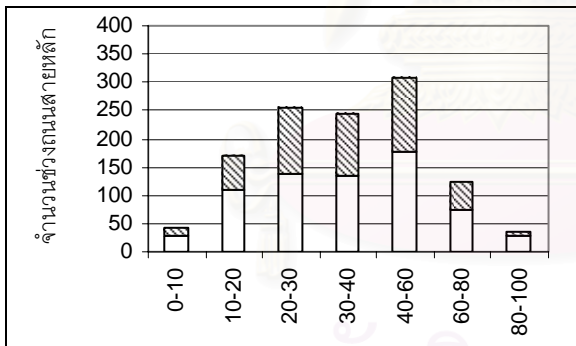
ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า วันทำงานราชการ



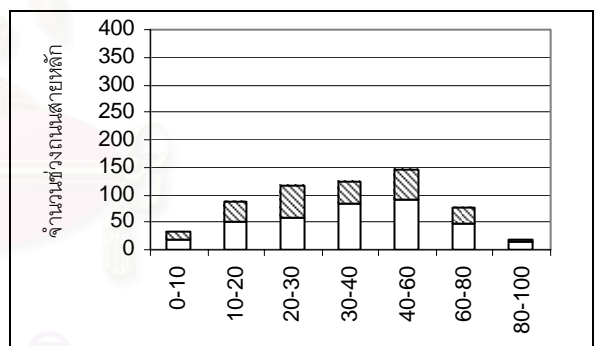
ช่วงเวลากลางวัน วันทำงานราชการ



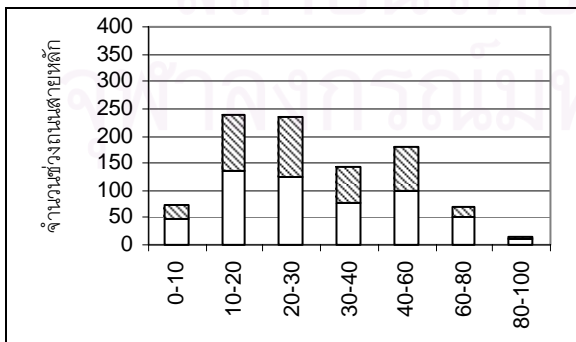
ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น วันทำงานราชการ



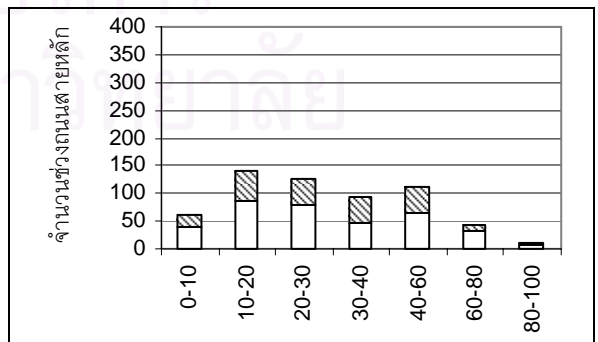
ช่วงเวลากลางคืน วันหยุดราชการ



ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า วันหยุดราชการ

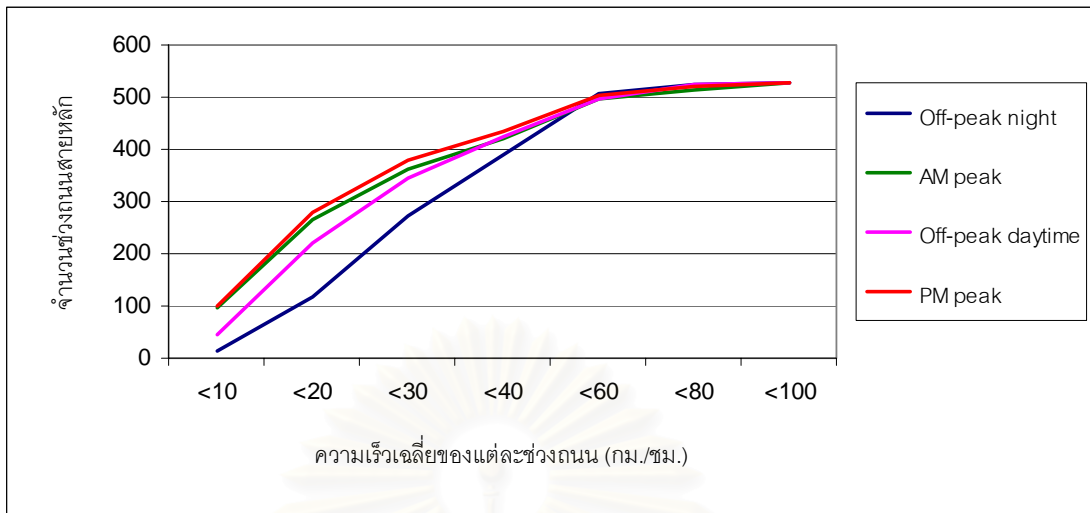


ช่วงเวลากลางวัน วันหยุดราชการ

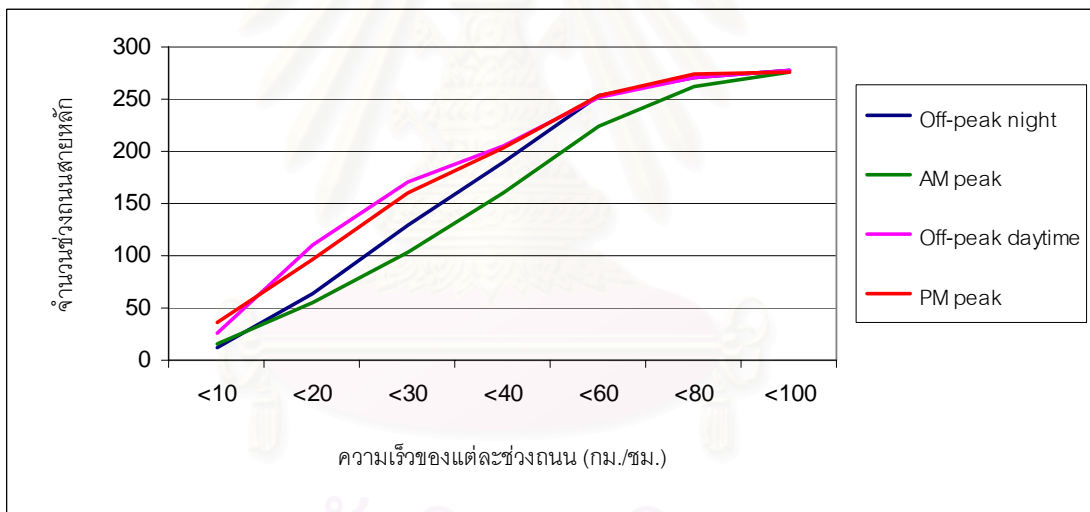


ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น วันหยุดราชการ

รูปที่ 4.21 จำนวนช่วงถนนที่มีความเร็วต่างๆ แบ่งตามวันและเวลา



รูปที่ 4.22 ความถี่สะสมของช่วงถนนที่มีช่วงความเร็วต่างๆ ในวันทำงานราชการ



รูปที่ 4.23 ความถี่สะสมของช่วงถนนที่มีช่วงความเร็วต่างๆ ในวันหยุดราชการ

จากรูปที่ 4.22 และ 4.23 พบว่า ช่วงเวลาที่รถแล่นช้าที่สุดในวันทำงานราชการคือ ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น รองลงมาคือ ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า ช่วงเวลากลางวัน และช่วงเวลากลางคืน ตามลำดับ ช่วงเวลาที่รถแล่นช้าที่สุดในวันหยุดราชการคือ ช่วงเวลากลางวัน รองลงมาคือ ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น ช่วงเวลากลางคืน ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า ตามลำดับ

ตารางที่ 4.20 ความเร็วเฉลี่ยในภาพรวมในวันทำงานราชการ

ช่วงถนนที่เลือกคำนวณ	ความเร็วเฉลี่ย (กม.ต่อ ชม.)			
	กลางคืน	เร่งด่วนเช้า	กลางวัน	เร่งด่วนเย็น
ทุกช่วงถนนในกรุงเทพฯ	31.81	26.04	27.41	24.37
Inside Inner Ring Area	29.45	23.45	24.82	21.75
Outside Inner Ring Area	37.86	32.69	34.08	31.09

ตารางที่ 4.21 ความเร็วเฉลี่ยในภาพรวมในวันหยุดราชการ

ช่วงถนนที่เลือกคำนวณ	ความเร็วเฉลี่ย (กม.ต่อ ชม.)			
	กลางคืน	เร่งด่วนเช้า	กลางวัน	เร่งด่วนเย็น
ทุกช่วงถนนในกรุงเทพฯ	34.34	39.87	30.03	30.43
Inside Inner Ring Area	32.96	38.30	28.69	29.23
Outside Inner Ring Area	41.18	47.70	36.74	36.16

จากตารางที่ 4.20 และ 4.21 พบว่า รถแล่นบนถนนสายหลักภายในอาณาเขตที่ล้อมรอบด้วยถนนวงแหวนชั้นในช้ากว่ารถแล่นบนถนนสายหลักภายนอกอาณาเขตที่ล้อมรอบด้วยถนนวงแหวนชั้นใน ในวันทำงานราชการและวันหยุดราชการ อย่างไรก็ตามข้อมูลในตารางทั้งสองไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้เพราะช่วงถนนที่เลือกคำนวณความเร็วไม่ตรงกัน ดังแสดงการคำนวณในตารางที่ 4.22 และ 4.23

ตารางที่ 4.22 ตัวอย่างข้อมูลที่มาคำนวณความเร็วเฉลี่ยที่แสดงในตารางที่ 4.15 และ 4.16

ความเร็วจุดต่อจุด (กิโลเมตร ต่อ ชั่วโมง)		วันทำงานราชการ						วันหยุดราชการ	
หมายเลขประจำเส้นทาง		เร่งด่วนเช้า	กลางวัน	เร่งด่วนเย็น	กลางคืน	เร่งด่วนเช้า	กลางวัน	เร่งด่วนเย็น	
1	50	25	40	20	-	55	32	41	
2	-	30	-	22	34	39	24	27	
3	70	32	48	26	42	49	30	35	

ตารางที่ 4.23 ตัวอย่างข้อมูลที่มาคำนวณความเร็วเฉลี่ยและสามารถนำเสนอในตารางที่ 4.15 และ 4.16

วัน	ความเร็วเฉลี่ย			ช่วงถนนที่นำมาคิดความเร็วเฉลี่ย		
	กลางคืน	เร่งด่วนเช้า	กลางวัน	เร่งด่วนเย็น	กลางวัน	เร่งด่วนเย็น
วันทำงานราชการ	60	28.5	44	23	1 และ 3	
วันหยุดราชการ	38	44	27	31	2 และ 3	

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการนำรถแท็กซี่ที่ติดตั้งเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสมาใช้เก็บข้อมูลสถานะการจราจรในกรุงเทพมหานคร การวิจัยประกอบด้วย การศึกษาลักษณะการแล่นของรถแท็กซี่บนถนนในกรุงเทพมหานคร การประเมินความสามารถของการรับสัญญาณจีพีเอสของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสที่ติดตั้งบนรถแท็กซี่ และ แสดงข้อมูลเวลาการเดินทางและความเร็วเฉลี่ยที่ได้จากรถแท็กซี่ที่ใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสในการเก็บข้อมูล

ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ได้จากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสที่ติดตั้งบนรถแท็กซี่ที่ให้บริการรับส่งผู้โดยสารตามปกติ จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า การเก็บข้อมูลด้วยรถตรวจวัดค่าการจราจรโดยใช้รถแท็กซี่มีข้อได้เปรียบกว่าวิธีผู้สังเกตเคลื่อนที่ และการบันทึกแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์เนื่องจากสามารถเก็บข้อมูลแบบทันทีทันใด ไม่ต้องลงทุนปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน และค่าเก็บข้อมูลต่อหน่วยต่ำ การวิจัยกำหนดกรณีศึกษาได้แก่ รถแท็กซี่ที่คนขับต้องรับและคืนรถ ณ คู่มือแท็กซี่แห่งหนึ่ง ซึ่งมีระยะเวลาเช่ารถ 1 ครั้งเท่ากับ 12 ชั่วโมง กลุ่มตัวอย่างคือรถแท็กซี่จำนวน 5 คัน โดยเก็บข้อมูลเป็นเวลา 30 วัน เส้นทางที่เลือกวิเคราะห์ลักษณะการแล่นของรถแท็กซี่บนถนนในกรุงเทพมหานคร และ แสดงข้อมูลสถานะการจราจรที่ได้จากข้อมูลจีพีเอส คือถนนสายหลักในอาณาเขตของกรุงเทพฯ เส้นทางที่เลือกประเมินความสามารถของการรับสัญญาณจีพีเอสของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสที่ติดตั้งบนรถแท็กซี่ คือ ถนนสายหลักในเขต ปทุมวัน ราชเทวี พญาไท คลองเตย วัฒนา ห้วยขวาง และดินแดง

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ลักษณะการแล่นของรถแท็กซี่

จากการวิเคราะห์ลักษณะการแล่นรถแท็กซี่ พบว่า ระยะทางแล่นทั้งหมดโดยเฉลี่ยของรถแท็กซี่ในช่วงเวลาเช่ารถตอนเช้าและเย็น เท่ากับ 242 และ 247 กิโลเมตร คิดเป็นระยะทางแล่นทั้งหมดเท่ากับ 489 กิโลเมตรต่อวัน รถแท็กซี่ส่วนใหญ่มีค่าแล่นบนถนนสายหลักโดยมีระยะทางที่รถแล่นบนถนนสายหลักอยู่ในช่วงร้อยละ 66 – 72 ต่อระยะทางที่รถแล่นทั้งหมด และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 11 – 12 เปอร์เซ็นต์

จากการวิเคราะห์ช่วงถนนที่รถแล่นผ่านและเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางได้ พบว่า หากช่วงถนนสายหลักใดที่มีจุดเปลี่ยนคนขับมากกว่า 12 กิโลเมตรแล้ว จะสามารถเก็บเวลาการ

เดินทางได้น้อย โดยมีช่วงถนนสายหลักที่สามารถเก็บเวลาการเดินทางได้ร้อยละ 20.45 ของช่วงถนนสายหลักทั้งหมด ส่วนช่วงถนนสายหลักที่มีระยะห่างจากจุดเปลี่ยนคนขับไม่เกิน 3 กิโลเมตรแล้ว จะสามารถเก็บเวลาการเดินทางได้ครอบคลุมมากที่สุด โดยมีช่วงถนนสายหลักที่สามารถเก็บเวลาการเดินทางได้ร้อยละ 74.05 ของช่วงถนนสายหลักทั้งหมด เมื่อพิจารณาความถี่ของการได้รับข้อมูลเวลาการเดินทางพบว่า จำนวนครั้งที่รถแล่นผ่านแต่ละช่วงถนนสายหลักอาจขึ้นกับปัจจัยหลายประการ อันได้แก่

1. ระยะทางจากช่วงถนนสายหลักถึงจุดเปลี่ยนคนขับ และช่วงเวลาเปลี่ยนคนขับ ลักษณะการกระจายตัวของความยาวของการเดินทาง ลักษณะการวางตัวและการเชื่อมต่อของเส้นทางประเภทเดียวกันและประเภทต่างกัน
2. การเกิดการเดินทาง (Trip generation) และ ความสามารถในการดึงดูดการเดินทาง (Trip attraction) ในแต่ละพื้นที่ รวมทั้งสัดส่วนของคนที่ต้องการใช้บริการแท็กซี่ในแต่ละพื้นที่
3. ลักษณะการค้นหาผู้โดยสาร ทักษะ และประสบการณ์ของคนขับรถ
4. เส้นทางที่ใช้เวลาการเดินทางที่น้อยที่สุดและความสามารถในการเคลื่อนตัวของช่วงถนนสายหลักที่แตกต่างกัน
5. การตัดสินใจเลือกเส้นทางของคนขับรถแท็กซี่ และ/หรือ ผู้โดยสาร
6. สิ่งปลูกสร้างต่างๆ ที่อาจบดบังสัญญาณจีพีเอสที่ส่งมาจากดาวเทียมในกรณีที่ใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสในการเก็บข้อมูลเวลาการเดินทาง

ถึงแม้ว่ารถแท็กซี่แล่นบนทางด่วนเพียง 7 – 9 % ของระยะแล่นทั้งหมด การครอบคลุมพื้นที่บนทางด่วนมีมากกว่าการครอบคลุมพื้นที่บนถนนสายหลัก ยกเว้น ทางด่วนสายรามอินทรา-อาจณรงค์ ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง และถนนวงแหวนรอบนอกฝั่งตะวันออก

รถแท็กซี่แล่นบนเส้นทางลัดเท่ากับ 43 กิโลเมตรต่อวัน และ บนถนนสายรอง ตรอก และ ซอย เท่ากับ 35 กิโลเมตรต่อวัน จากระยะทางโดยเฉลี่ยที่รถแท็กซี่แล่นบนถนนประเภทนี้ต่อวันสามารถอนุมานได้ว่า หากต้องการเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางบนถนนประเภทนี้ได้พอเพียงนั้นต้องใช้จำนวนรถตรวจวัดค่าการจราจรเป็นจำนวนมากกว่าการใช้รถตรวจวัดค่าการจราจรเพื่อเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางบนถนนสายหลักเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่ารถตรวจวัดค่าการจราจรสามารถเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางบนเส้นทางประเภทนี้ที่วิธีการเก็บข้อมูลอื่นๆไม่สามารถรวบรวม รวมข้อมูลนี้ได้

ผลการศึกษานี้ทำให้ทราบว่ารถแท็กซี่มีระยะทางแล่นต่อวันสูง เส้นทางแล่นหลากหลาย และส่วนมากมักจะแล่นบนถนนสายหลัก ประเภทของเส้นทางที่เหมาะสมกับการใช้รถตรวจวัดค่าการจราจรในการเก็บข้อมูลได้แก่ ทางด่วนและถนนสายหลัก นอกจากนี้ระยะทางจากช่วงถนน

สายหลักถึงจุดเปลี่ยนคนขับเป็นหนึ่งในปัจจัยทั้งหมดที่มีผลต่อจำนวนครั้งที่รถแล่นผ่านแต่ละช่วงถนนสายหลัก

5.1.2 ความสามารถของการรับสัญญาณจีพีเอสบนถนนในกรุงเทพมหานคร

การวิเคราะห์ความสามารถของการรับสัญญาณจีพีเอสบนถนนในกรุงเทพมหานครได้ผลว่า ข้อมูลการจราจรที่สามารถรับได้จากระบบจีพีเอสบนเส้นทางศึกษาในเขตปทุมวัน ราชเทวี พญาไท คลองเตย วัฒนา ห้วยขวาง และดินแดง อยู่ในช่วงร้อยละ 60 – 92 และค่าร้อยละสัญญาณหายเฉลี่ยรวมเท่ากับ 78.86 สัดส่วนของช่วงถนนที่รับได้ข้อมูลการจราจรได้ดีที่สุดอยู่ในเขตวัฒนา รองลงมาคือ ดินแดง ห้วยขวาง ราชเทวี ปทุมวัน คลองเตย และ พญาไท ตามลำดับ ในเขตพญาไทนั้นรับข้อมูลการจราจรจากระบบจีพีเอสได้น้อยมากเนื่องจากร้อยละของช่วงถนนที่รับสัญญาณจีพีเอสมากกว่าร้อยละ 60 และ 80 มีค่าเท่ากับ 56.04 และ 22.67 ตามลำดับ

จากการค้นหาบริเวณที่อับสัญญาณพบว่า ช่วงถนนในพื้นที่ศึกษาที่อาจจะไม่สามารถรับสัญญาณจีพีเอสได้ ได้แก่

1. ช่วงถนนใต้ทางด่วน หรือทางข้ามแยก หรือถนนที่อยู่ข้างๆ ทางด่วนหรือทางข้ามแยก
2. ช่วงถนนที่มีตึกอาคารสูงอยู่รอบข้างถนน
3. ช่วงถนนใต้สถานีรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนกรุงเทพ
4. ช่วงถนนในอุโมงค์

5.1.3 ข้อมูลเวลาการเดินทางและความเร็วเฉลี่ยที่ได้รับ

การวิจัยแสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ได้จากสัญญาณจีพีเอสที่ติดตั้งบนรถแท็กซี่สามารถนำมาแสดงเวลาในการเดินทาง (ความเร็ว) หรือ สภาวะการจราจรได้ รวมทั้งแสดงข้อมูลการเดินทางในช่วงเวลาต่างๆ ตัวอย่างเช่น ช่วงเวลากลางคืน ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า ช่วงเวลากลางวัน ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น เป็นต้น

จากข้อมูลในการวิจัย พบว่า ความเร็วเฉลี่ยของถนนสายหลักในอาณาเขตที่ล้อมรอบด้วยวงแหวนชั้นในมีค่าน้อยกว่าความเร็วเฉลี่ยของช่วงถนนสายหลักภายนอกอาณาเขตที่ล้อมรอบด้วยวงแหวนชั้นใน ในวันทำงานราชการช่วงเวลาที่การจราจรติดขัดมากที่สุดคือช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น รองลงมาคือ ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า ช่วงเวลากลางวัน และช่วงเวลากลางคืน ตามลำดับ ในวันหยุดราชการช่วงเวลาที่การจราจรติดขัดมากที่สุดคือช่วงเวลากลางวัน รองลงมาคือ ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น ช่วงเวลากลางคืน และช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า ตามลำดับ โดยเฉลี่ยแล้วการเดินทางในวันหยุดราชการเร็วกว่าการเดินทางในวันทำงานราชการ

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะของงานวิจัยนี้ประกอบด้วย การนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ และการวิจัยที่น่าจะศึกษาต่อไปจากการวิจัยนี้ เมื่อทราบลักษณะการแล่นของรถแท็กซี่แล้วทำให้มีข้อมูลในการตัดสินใจถึงความเหมาะสมที่รถจะเป็นรถตรวจวัดค่าการจราจร นอกจากนี้หากนำรถที่ติดตั้งเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสมาใช้เก็บข้อมูลจราจรหรือประยุกต์ใช้งานอื่นในกรุงเทพมหานครพิจารณาช่วงถนนที่อับสัญญาณจีพีเอส อย่างไรก็ตามหากนำระบบจีพีเอสมาใช้งานร่วมกับอุปกรณ์บอกตำแหน่งด้วยการเคลื่อนที่ของรถจะสามารถลดปัญหาเรื่องอับสัญญาณจีพีเอสได้

จากข้อมูลพบว่า ในบางช่วงเวลามีรถแท็กซี่ที่ติดอุปกรณ์เพียง 1 คันแล่นผ่านช่วงถนนแต่ในขณะเดียวกันรถทั้งหมดที่แล่นผ่านช่วงถนนนั้นมีจำนวนมาก เนื่องจากเวลาการเดินทางของรถ 1 คันไม่สามารถเป็นตัวแทนของเวลาการเดินทางของรถทั้งหมดที่แล่นผ่านช่วงถนนนั้นได้ดังนั้นควรมีการศึกษาเพื่อหาจำนวนรถตรวจวัดค่าการจราจรที่เพียงพอต่อการเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางที่ได้รับสามารถเป็นตัวแทนของเวลาการเดินทางของรถทั้งหมดได้ในแต่ละช่วงถนน ควรมีการศึกษาและหาจำนวนรถตรวจวัดค่าการจราจรที่ควรมีในโครงข่ายแล้วทำให้ได้รับข้อมูลเวลาการเดินทางอันน่าเชื่อถือของช่วงถนนสายหลักทุกช่วงถนน นอกจากนี้ควรพัฒนาอุปกรณ์เก็บข้อมูลให้สามารถตรวจสอบได้อย่างอัตโนมัติว่า ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง รถแท็กซี่ที่ติดตั้งอุปกรณ์มีผู้โดยสารอยู่ในรถหรือไม่ รวมทั้งพัฒนาศูนย์ควบคุมข้อมูล ระบบรับส่งข้อมูล และระบบแสดงผลภายในรถ อันจะทำให้สามารถนำรถตรวจวัดค่าการจราจรมาใช้งานแบบทันทีกาลได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

อรรถพร สุริยเลิศ. 2539. พฤติกรรมของคนขับรถแท็กซี่กับปัญหาจราจรในกรุงเทพมหานคร.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาสังคมวิทยา
ภาควิชาสังคมวิทยาและมานุษยวิทยา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Black, A. 1995. Urban mass transportation planning. Singapore: McGraw – Hill.

Bullock, J. B. 1997. GPS antenna placement analysis in an automobile simulation and performance test results [Online]. Available from:

http://www.motorola.com/ies/GPS/doc_pdf/its.pdf [2002, March 22]

Huber, W., Lädke, M., and Ogger, R. 1999. Extended floating-car data for the acquisition of traffic information [Online]. Available from:

www.bmwgroup.com/d/0_0_www_bmwgroup_com/8_science_mobility/8_2_mobilictact_verkehr/pdf/XFCD_englisch.pdf [2003, January 12]

ICSM (International Committee on Surveying & Mapping). (n.d). [Online].

Available from: <http://www.anzlic.org.au/icsm/gdatm> [2002, May 5]

Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, and Caltrans.

(n.d). [Online]. Available from: <http://www.path.berkeley.edu/itsdecision>

[2002, June 21]

Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, and Caltrans.

2003. [Online]. Available from:

http://www.path.berkeley.edu/itsdecision/serv_and_tech/incident_management/incident_detection/loop_detectors/loop_detectors_report.html [2003, August 5]

Internet ITS consortium. (n.d). [Online]. Available from: www.internetits.org/en/top.html

[2002, March 3]

- Kreeger, K. A. ,and McConnell, R. 1996. Structural range image target matching for automated link travel time computation. The Third Annual World Congress on Intelligent Transport Systems Cited in Turner, S. M., Eisele, W. L., Benz, R. J., and Holdener, D.J. 1998. Travel time data collection handbook [Online]. Texas: Texas Transportation Institute (Distributor). Available from:
http://tti.tamu.edu/product/catalog/reports/FHWA-PL-98-035_c5.pdf [2002, March 3]
- Kühne, R. D. ,and Nabel, D. 1995. Section Related Traffic Data Detection Using Pattern Techniques for Inductive Loop Signature Analysis. The International Conference to Transport System Cited in Turner, S. M., Eisele, W. L., Benz, R. J., and Holdener, D.J. 1998. Travel time data collection handbook [Online]. Texas: Texas Transportation Institute (Distributor). Available from:
http://tti.tamu.edu/product/catalog/reports/FHWA-PL-98-035_c5.pdf [2002, March 3]
- Land Transport Authority, Ministry of Transport, Singapore. (n.d). [Online]. Available from: <http://traffic.smart.lta.gov.sg/aboutus/aboutus.jsp> [2003, April 4]
- Melgard, T.E., Lachapelle, G., and Gehue, H. 1994. GPS signal availability in an urban area – receiver performance analysis [Online]. Available from:
<http://www.novotel.com/documents/papers/file14.pdf> [2002, February 18]
- Quddus, M., Ochieng, W. Y., Zhao, L., and Noland, R. B. 2003. A general map matching algorithm for transport telematics applications [Online]. Available from:
<http://www.cts.cv.ic.ac.uk/documents/publications/iccts00271.pdf> [2003, February 20]
- Quiroga, C.A., and Bullock, D. 1998. Travel time studies with global positioning and geographic information systems: an integrated methodology. Transportation Research Part C 6: 101-127.
- Robertson, H. D., Hummer, J. E., and Nelson, D. C. 1994. Manual of transportation engineering studies. United States of America: Prentic – Hall, Inc.
- Satirapod, C., Rizos, C., and Wang, J. 2000. GPS single point positioning with SA off: how accurate can we get? [Online]. Available from:
http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/publications/chon_etal2000b.pdf [2002, May 12]
- Srinivasan, K. K., and Jovanis, P. P. 1996. Determination of number of probe vehicles required for reliable travel time measurement in urban network. Transportation Research Record 1537: 15 - 22

- Sugino, K., Asakura, Y., Daito, T., and Matsuo, T. 2001. Traffic information service in road network using mobile location data [Online]. Available from: <http://www.e-tsu.org/pdfs/its2000-02.pdf> [2002, November 16]
- Suh, Y., Konishi, Y., Hakamata, T., and Shibasaki, R. 2002. Development of a simulation system for assessing the layout of pseudolites in urban environment [Online]. GIS development Pvt. Ltd.(Distributor). Available from: <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2002/gis/189.pdf> [2002, August 8]
- Taylor, M. A. P., Young, W., and Bonsall, P. W. 1996. Understanding traffic systems. England: Avebury Texhncial.
- Turner, S. M., Eisele, W. L., Benz, R. J., and Holdener, D.J. 1998. Travel time data collection handbook [Online]. Texas: Texas Transportation Institute (Distributor). Available from: http://tti.tamu.edu/product/catalog/reports/FHWA-PL-98-035_c5.pdf [2002, March 3]
- Woods, D. L., Cronin, B. P., and Hamm, R.A. 1994. Speed measurement with inductance loop speed traps. TTI Research Report 1392-8. Texas: Texas Transportation Institute. Cited in Turner, S. M., Eisele, W. L., Benz, R. J., and Holdener, D.J. 1998. Travel time data collection handbook [Online]. Texas: Texas Transportation Institute (Distributor). Available from: http://tti.tamu.edu/product/catalog/reports/FHWA-PL-98-035_c5.pdf[2002, March 3]
- Yim, Y., and Cayford, R. 2001. Investigation of vehicles as probes using GPS and cellular phone tracking [Online]. California: Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley (Producer). Available from: <http://www.its.berkeley.edu/pubilcations/UCB/2001/pwp/UCB-ITS-PWP-2001-09.pdf> [2002, May 14]
- Yokota, T., Inoue T., Kobayashi Y., and Takagi ,K. 1996. Travel time measuring system based on platoon matching: A field study. Proceedings of the 1996 Annual Meeting of ITS America: 576-580.
- Zheng, Jianyang, Wang, Y., and Nihan, N. L. 2003. Tracking vehicles: Is GPS a sufficient solution? Proceedings of the 13th Annual Meeting of ITS America 13: 51-62.

Zito, R., D'Este, G., and Taylor, M. A. P. 1995. Global positioning systems in the time domain: how useful a tool for intelligent vehicle-highway systems. Transport Research Part C Vol. 3, No. 4: 193-209.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2541. หลักสถิติ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร:

โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เฉษฎา เกียรติพรมงคค, สุรวีร์ ลิพัหรัถนรักรัษ และ องอาจ รัชวรพงค. 2542. การประยุกต์ใช้ GPS

ในงานวิศวกรรมจราจร โครงการทางวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (ม.ป.ท.). (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

ศูนย์วิจัยไมทเซนซิงและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (ม.ป.ป.).

[Online]. แหล่งที่มา : http://www.rs.psu.ac.th/index_th.htm [16 มีนาคม 2545]

สรรพคัใจ กลินดาว. 2542. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์: หลักการเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1.

กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สวัสดัศัชย เกรียงไกรเพชร. 2535. เส้นโครงแผนที่. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร:

สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Aoki, K., Ueda, T., and Fujii, H. 2000. Research, development and field tests of the probe car system. Japan: Association of electronics technology for automobile traffic and driving. (Mimeographed)

Ishizaka, T., Fukuda, A., Tipagornwong, C., and Narupiti, S. 2003. The use of global positioning system for recording travel time of vehicles in Bangkok. Proceedings of the fifth international summer symposium 5: 301-304.

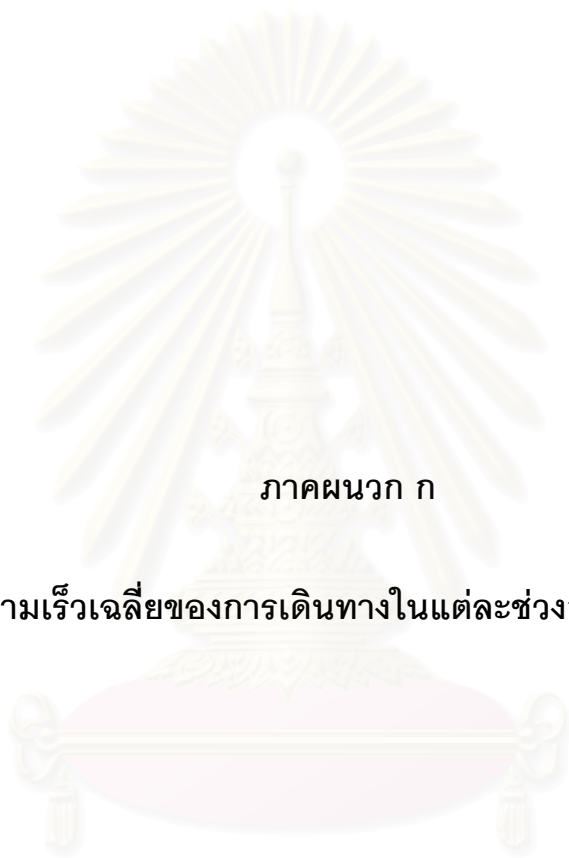
Kottegoda, N. T., and Rosso, R. 1997. Statistics, probability, and reliability for civil and environmental engineers. United States of America: McGraw-Hill.

Taylor, M. A. P., Woolley, J. E., and Zito, R. 2000. Integration of the global positioning and geographic information systems for traffic congestion studies. Transportation Research Part C 8: 257-285.



ภาคผนวก

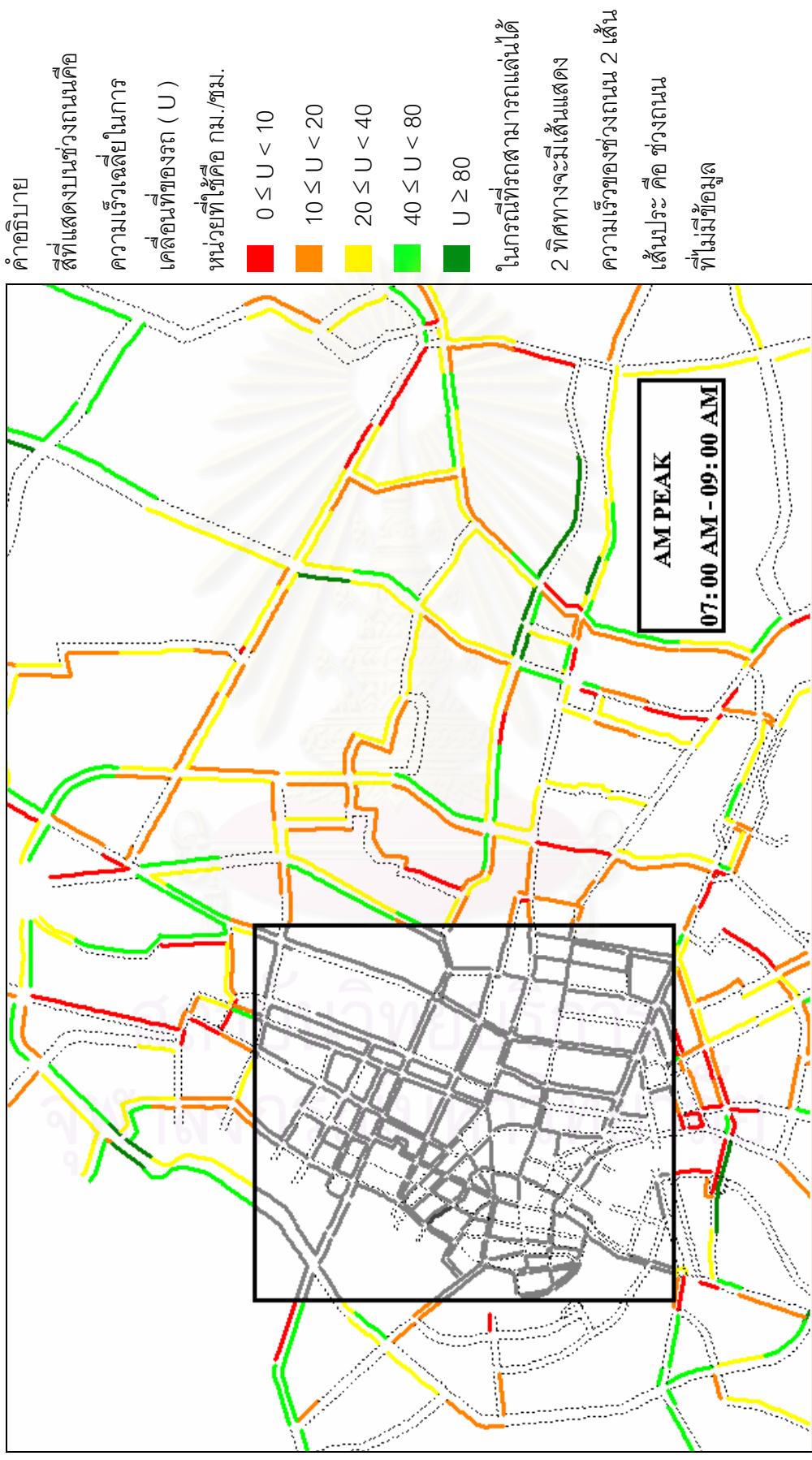
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



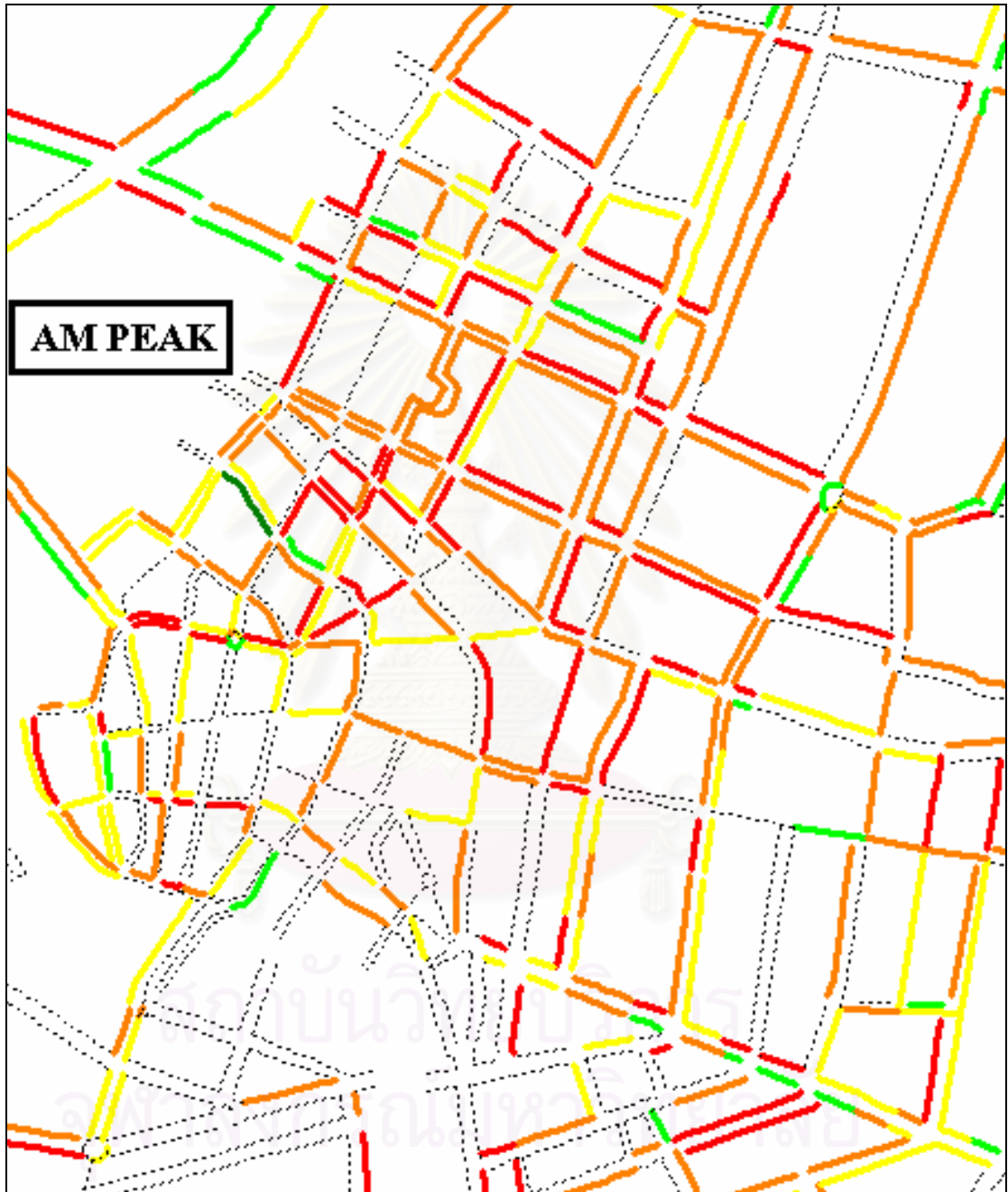
ภาคผนวก ก

ความเร็วเฉลี่ยของการเดินทางในแต่ละช่วงถนนที่ได้รับ

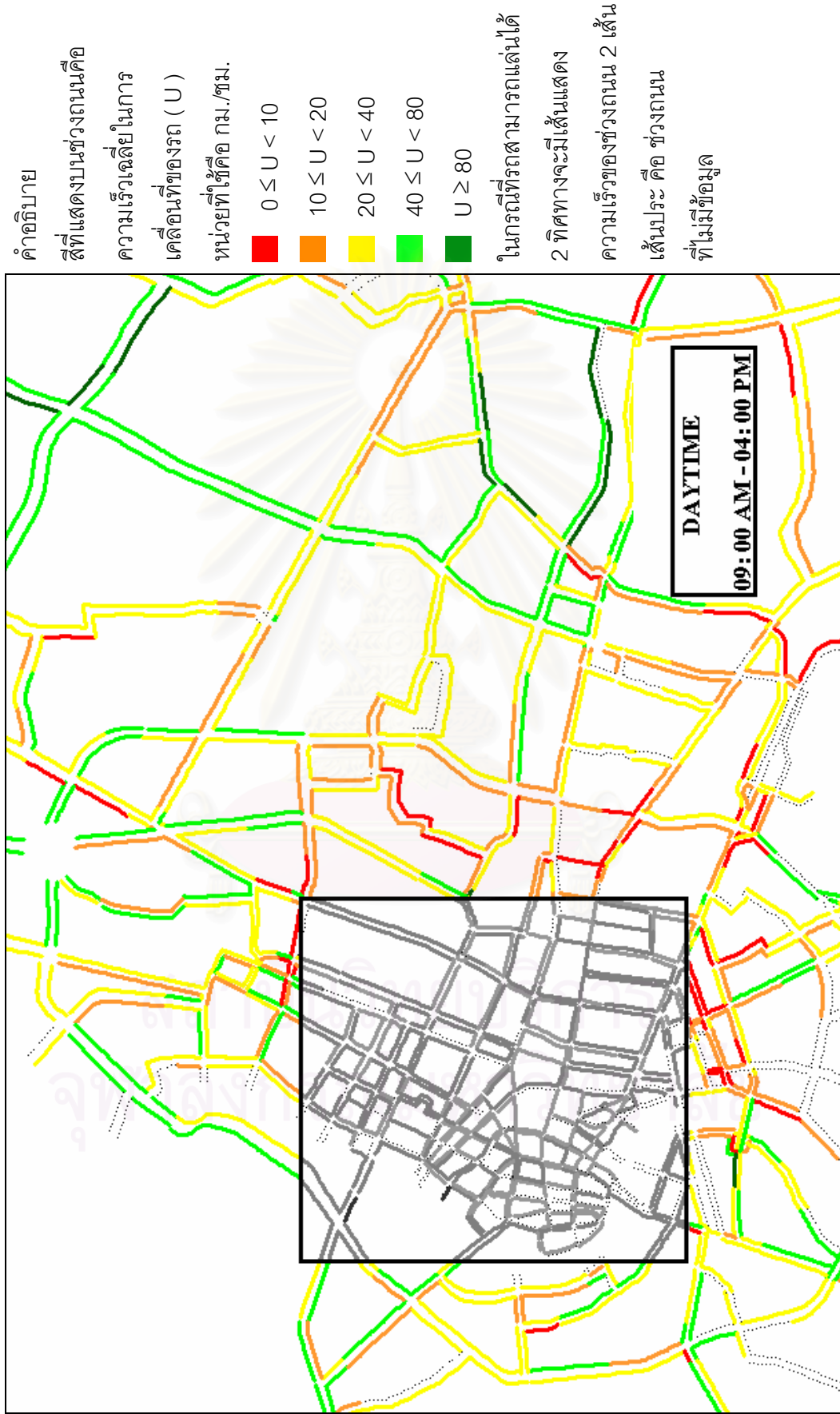
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



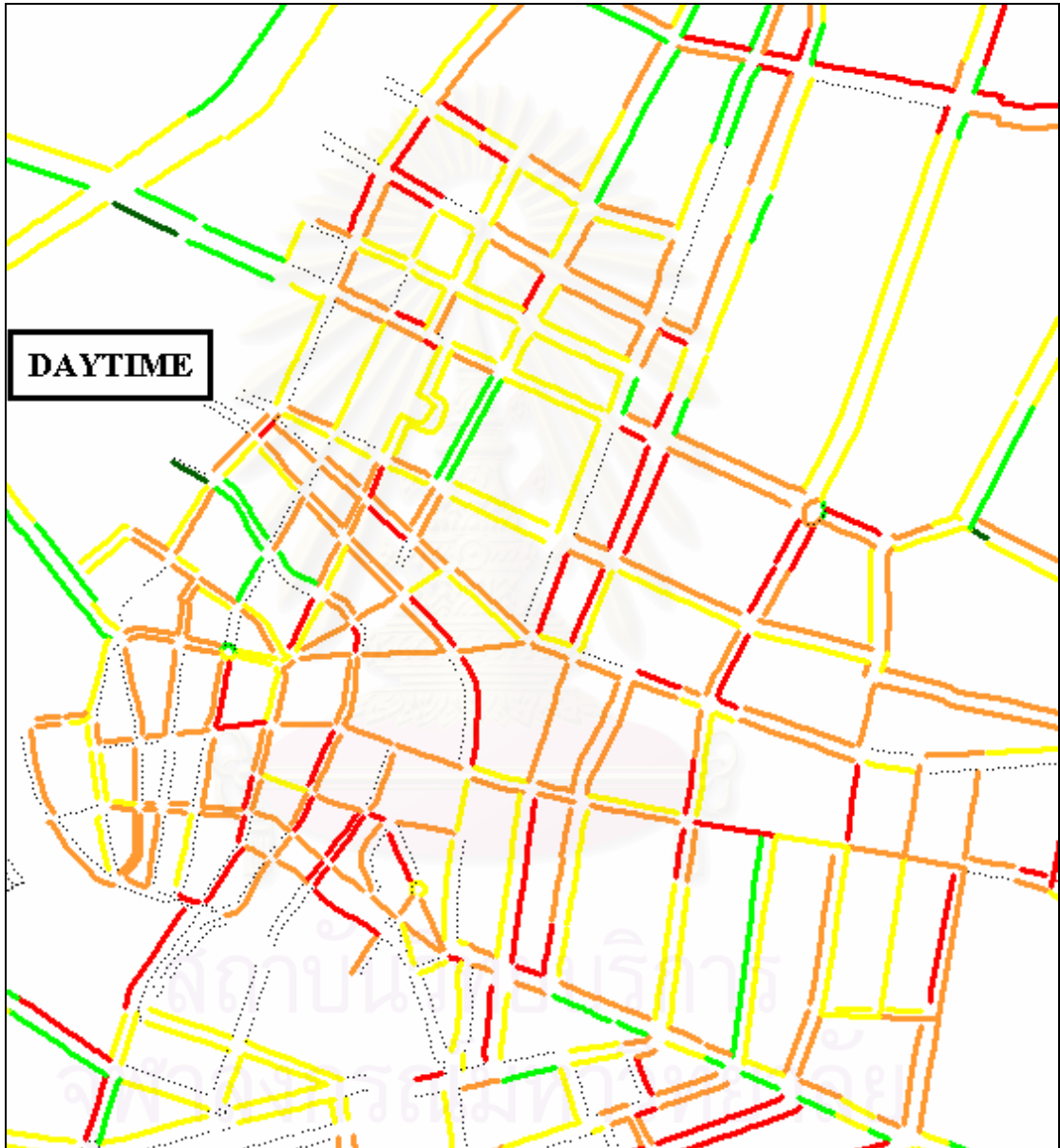
รูปที่ ก.1 ความเร็วเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนในลักษณะที่แยกทิศทางการเคลื่อนที่ ในวันทำงานราชการ ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า



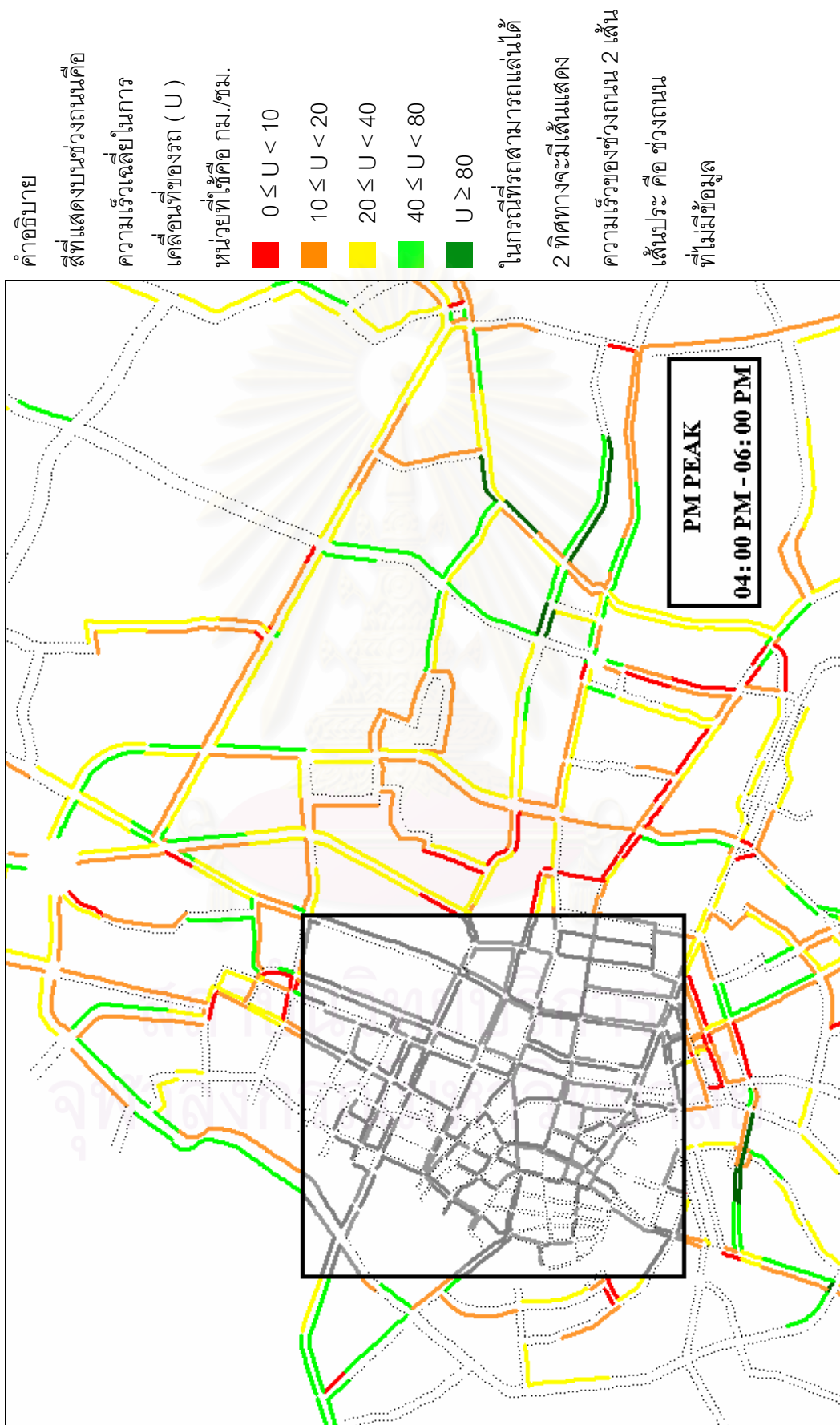
รูปที่ ก.2 ความเร็วเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนในลักษณะที่แยกทิศทางการเคลื่อนที่ ใน
วันทำงานราชการ ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า ในบริเวณใจกลางเมือง



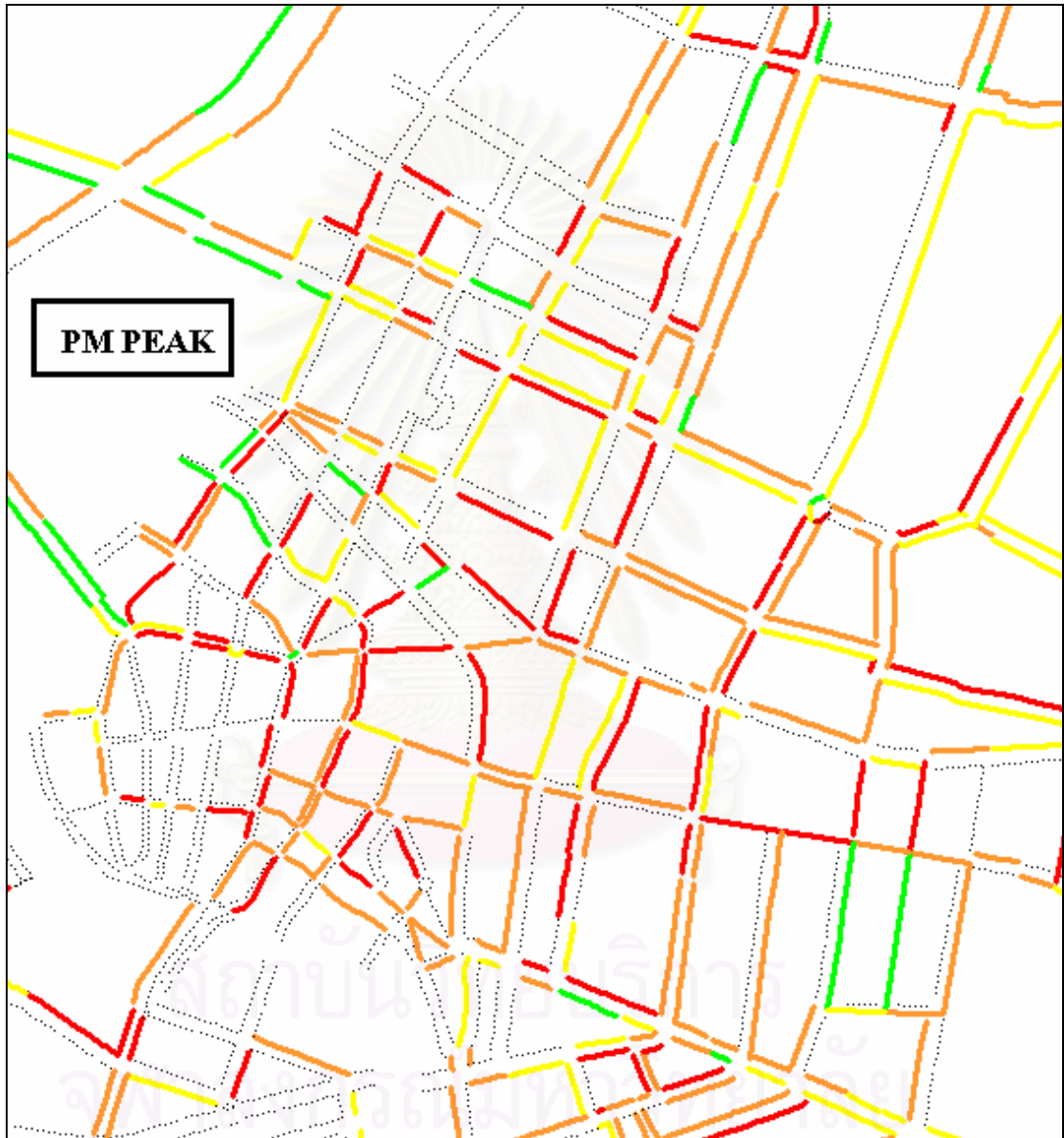
รูปที่ ก.3 ความเร็วเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนในลักษณะที่แยกทิศทางการเคลื่อนที่ ในวันทำงานราชการ ช่วงเวลากลางวัน



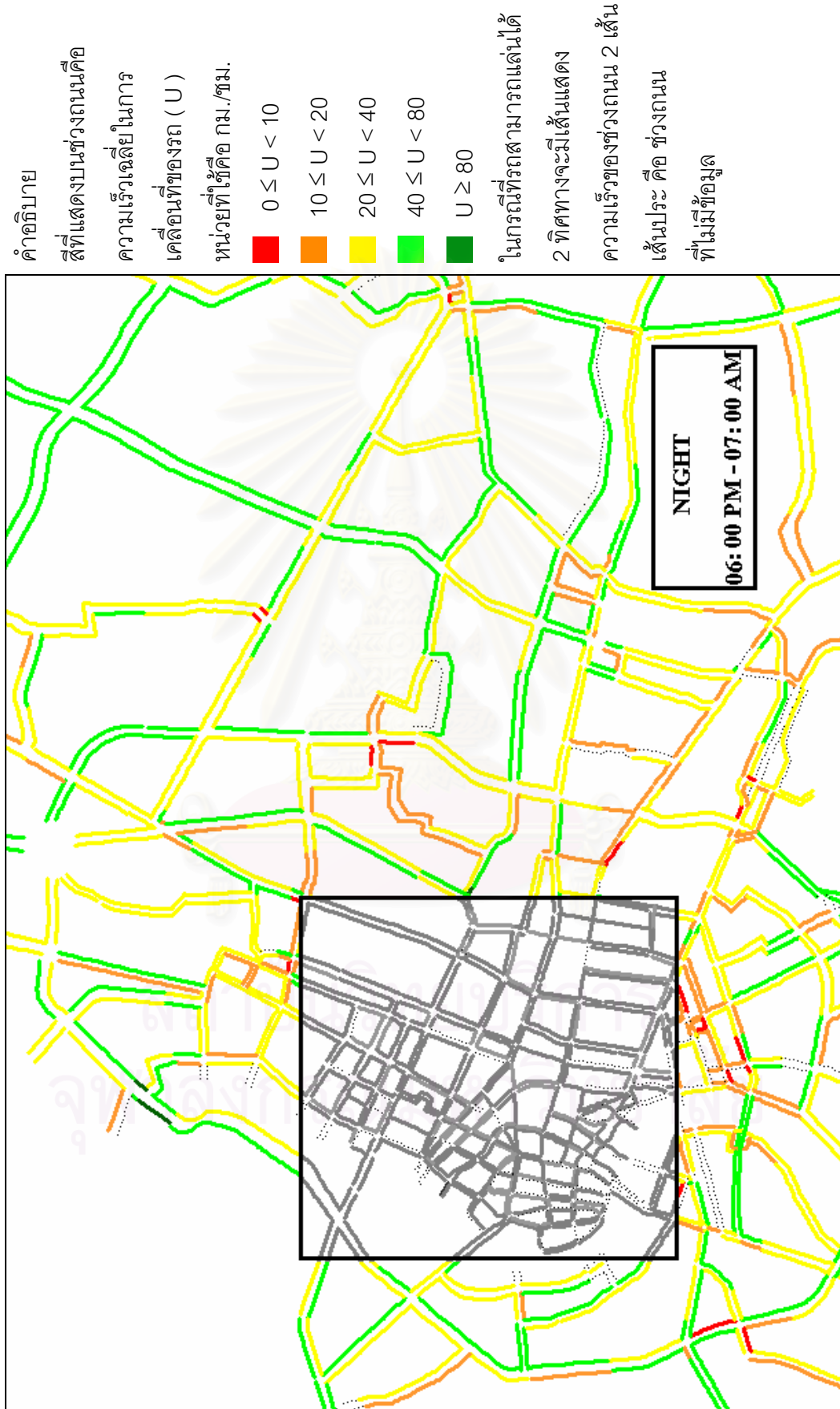
รูปที่ ก.4 ความเร็วเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนในลักษณะที่แยกทิศทางการเคลื่อนที่ใน
วันทำงานราชการ ช่วงเวลากลางวัน ในบริเวณใจกลางเมือง



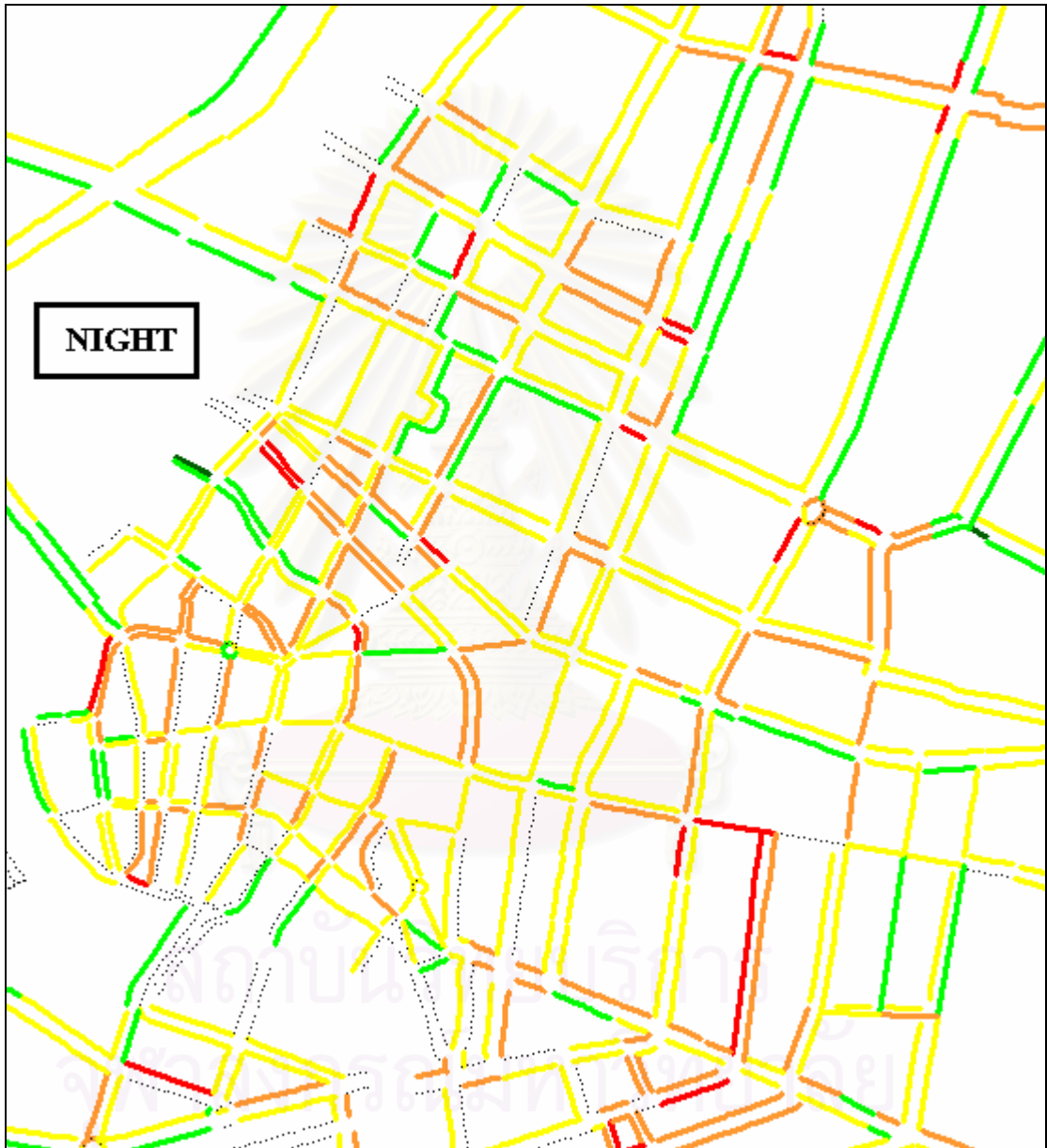
รูปที่ ก.5 ความเร็วเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนในลักษณะที่แยกทิศทางเคลื่อนที่ ในวันทำงานราชการ ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น



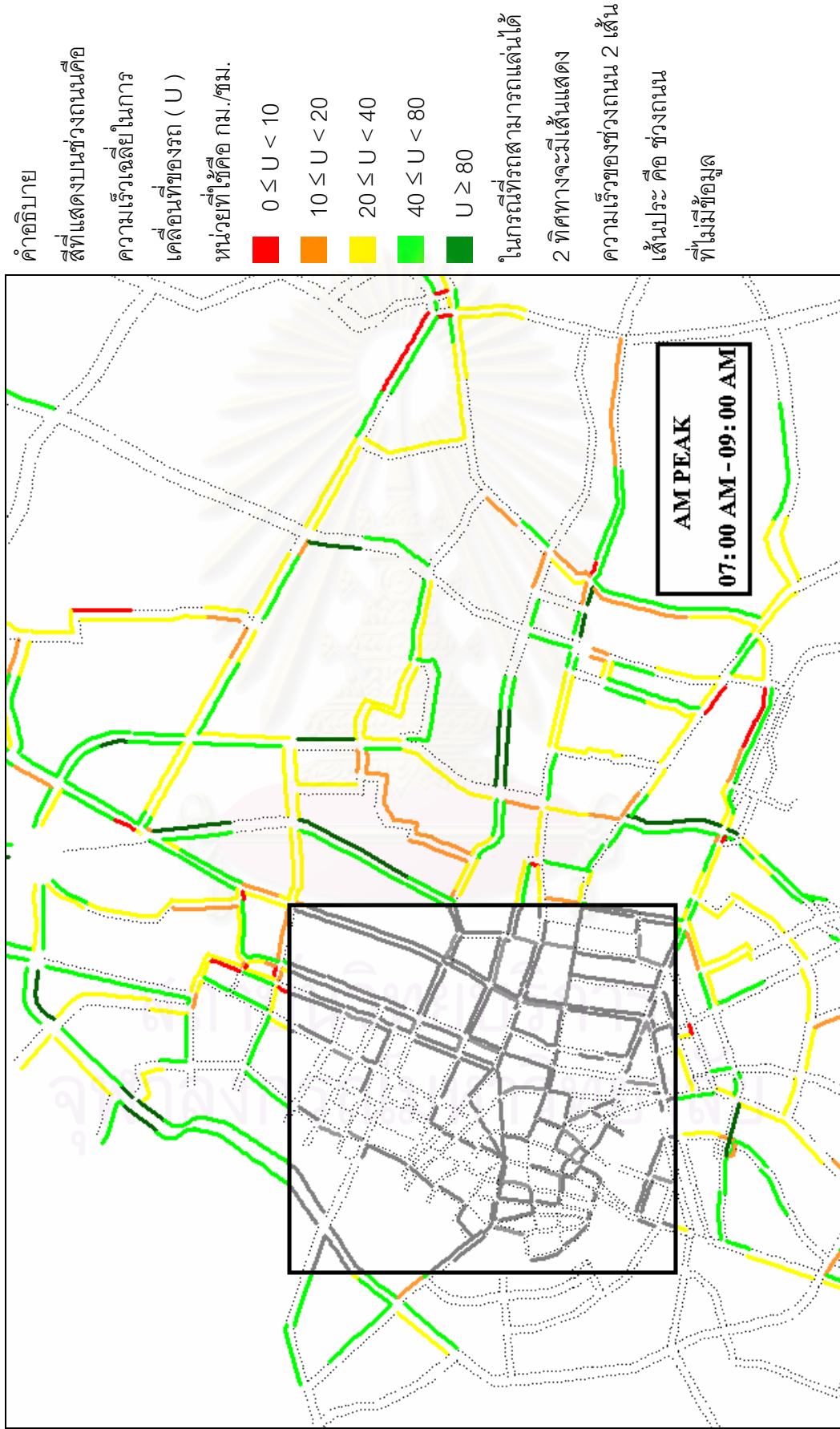
รูปที่ ก.6 ความเร็วเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนในลักษณะที่แยกทิศทางการเคลื่อนที่ใน
วันทำงานราชการ ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น ในบริเวณใจกลางเมือง



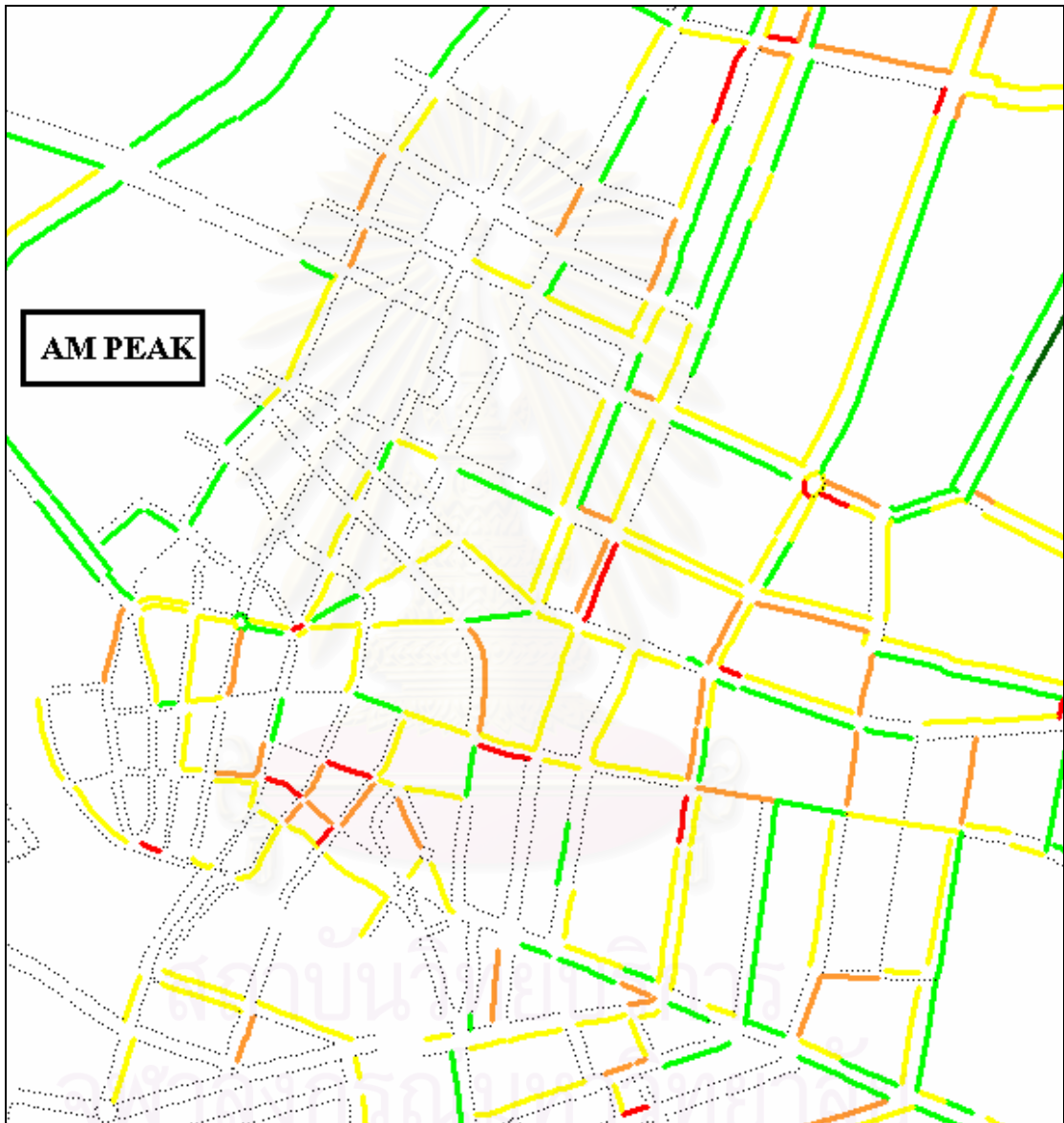
รูปที่ ก.7 ความเร็วเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนในลักษณะที่แยกทิศทางการเคลื่อนที่ ในวันทำงานราชการ ช่วงเวลากลางคืน



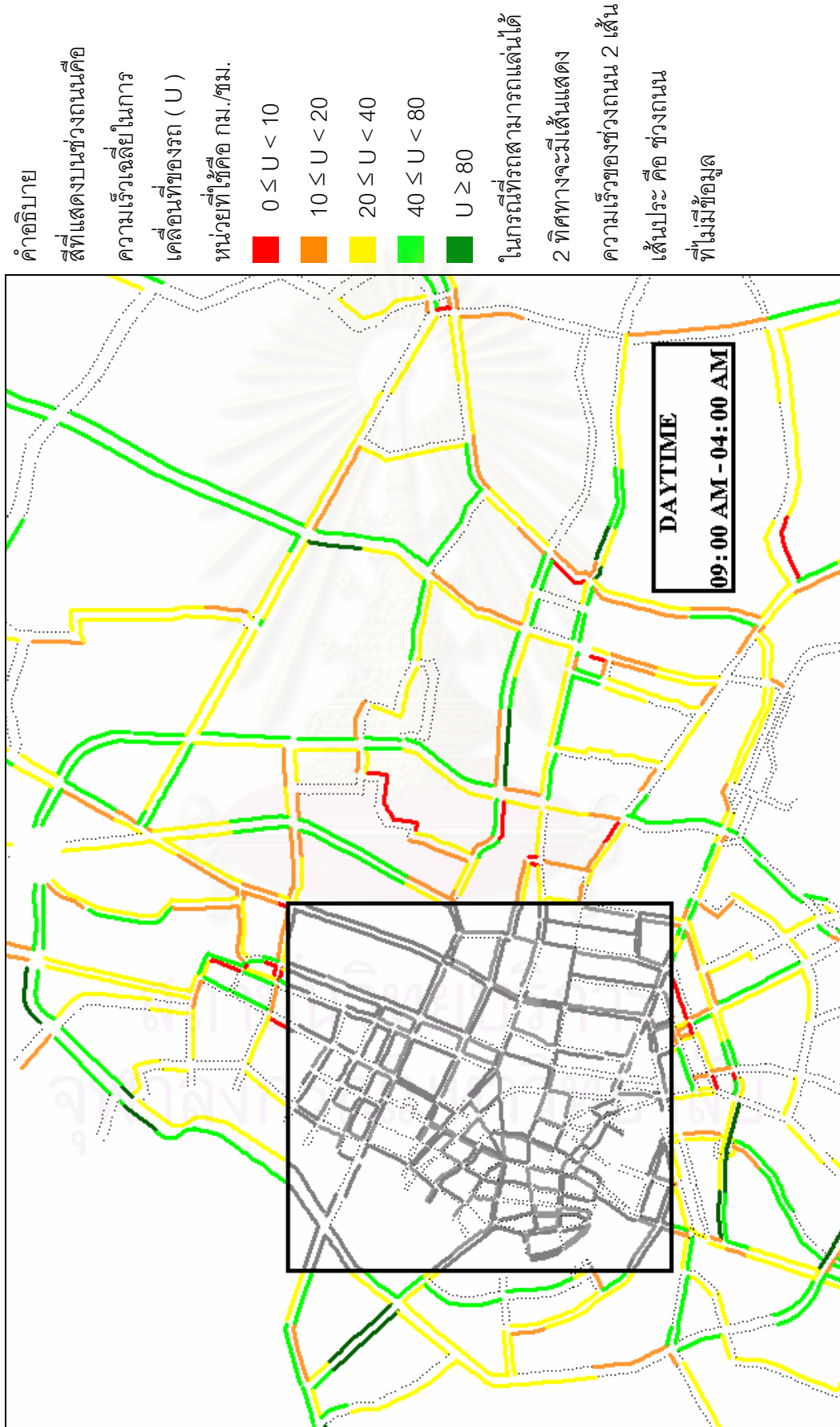
รูปที่ ก.8 ความเร็วเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนในลักษณะที่แยกทิศทางการเคลื่อนที่ใน
วันทำงานราชการ ช่วงเวลากลางคืน ในบริเวณใจกลางเมือง



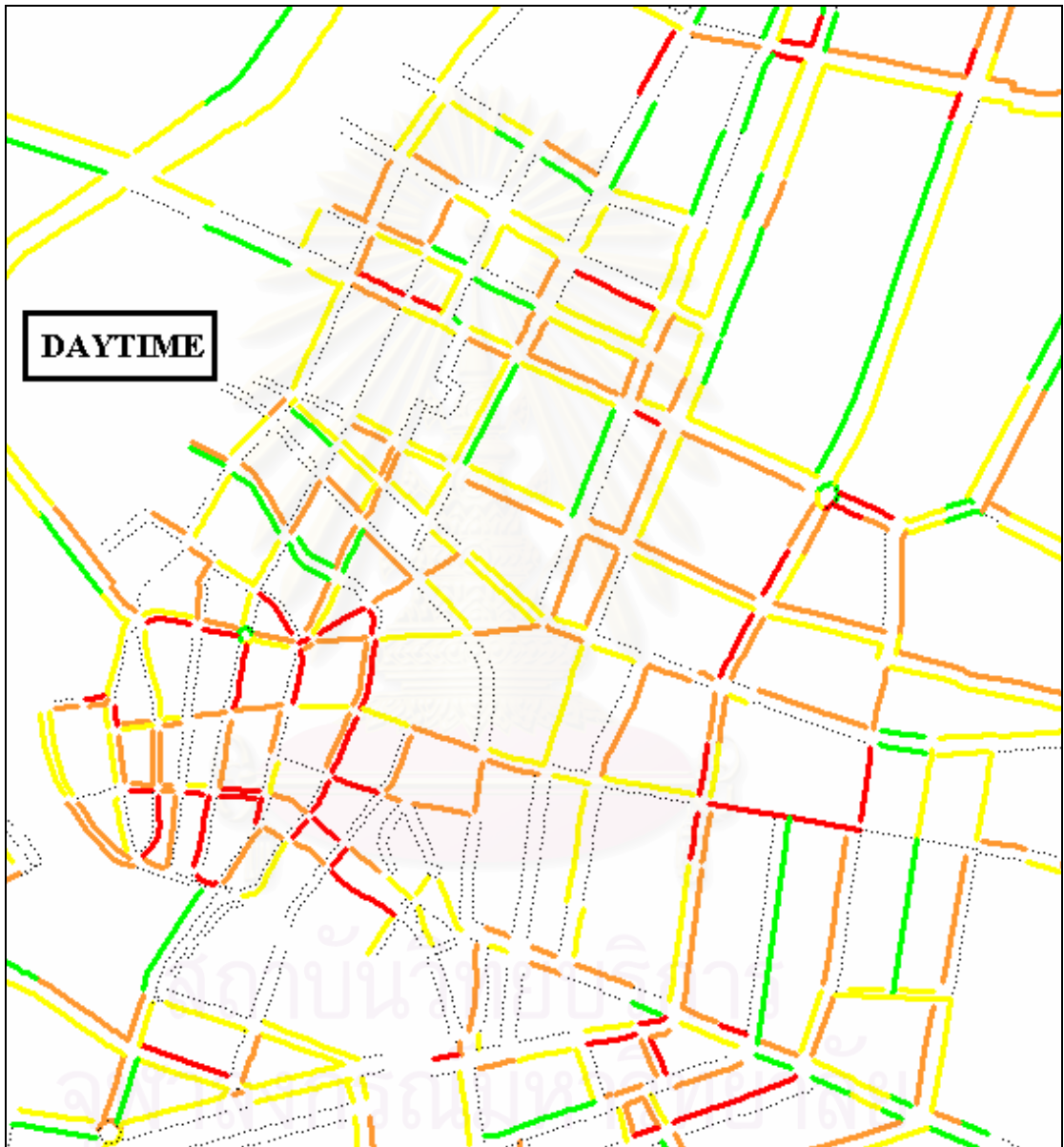
รูปที่ ก.9 ความเร็วเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนในลักษณะที่แยกทิศทางการเคลื่อนที่ ในวันหยุดราชการ ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า



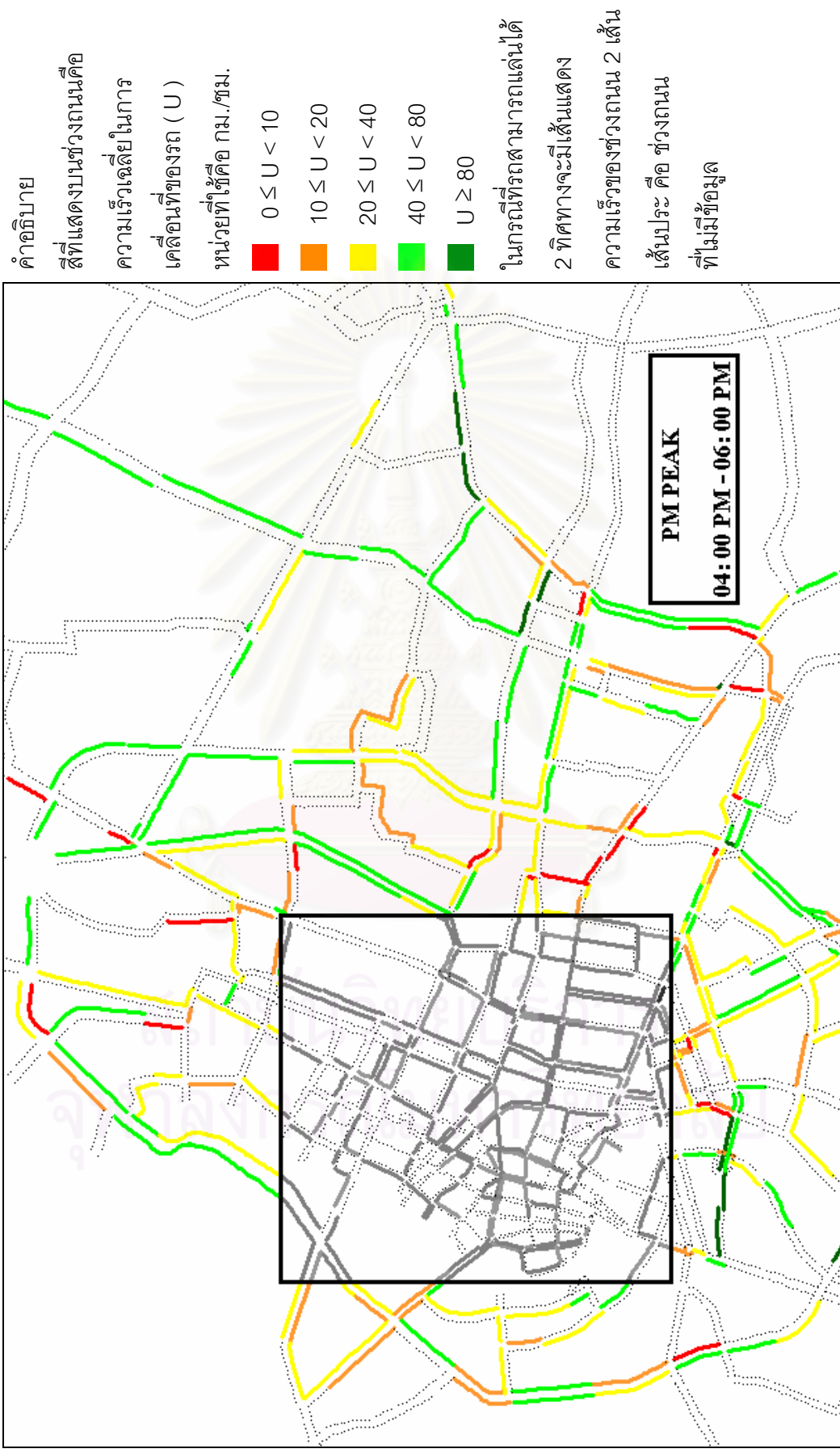
รูปที่ ก.10 ความเร็วเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนในลักษณะที่แยกทิศทางการเคลื่อนที่ใน
วันหยุดราชการ ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า ในบริเวณใจกลางเมือง



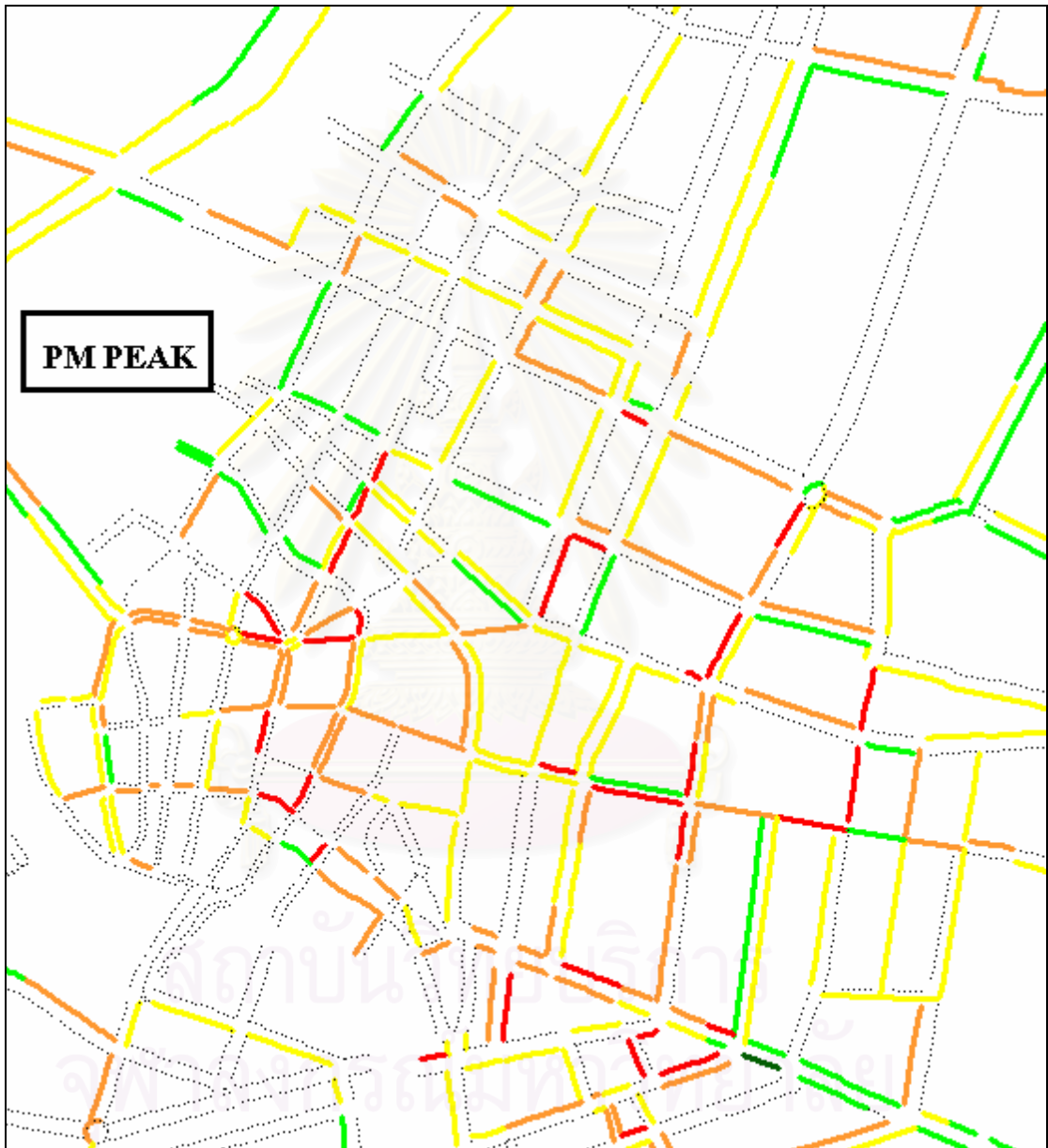
รูปที่ ก.11 ความเร็วเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนในลักษณะที่แยกทิศทางการเคลื่อนที่ ในวันหยุดราชการ ช่วงเวลากลางวัน



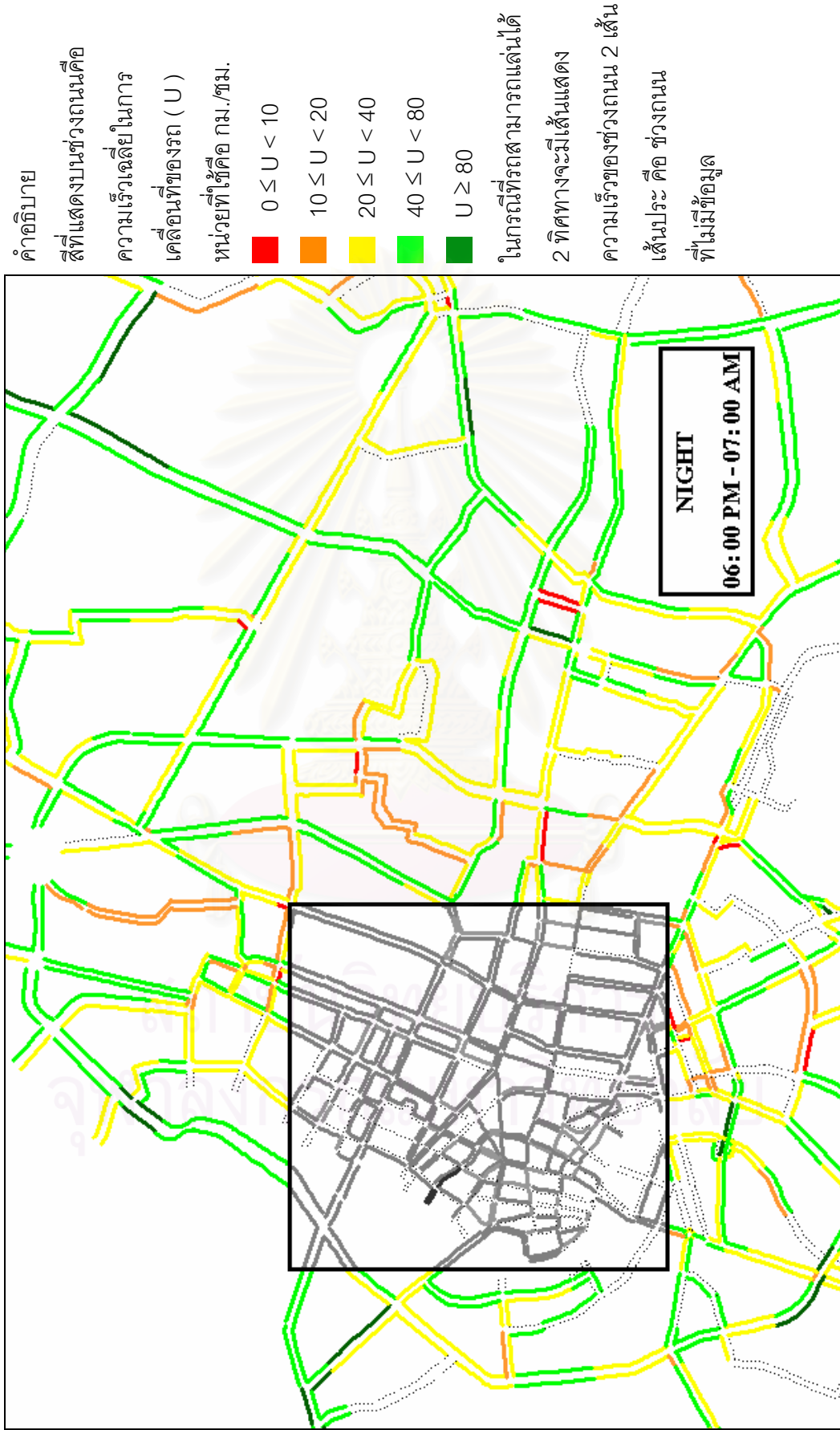
รูปที่ ก.12 ความเร็วเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนในลักษณะที่แยกทิศทางการเคลื่อนที่ ใน วันหยุดราชการ ช่วงเวลากลางวัน ในบริเวณใจกลางเมือง



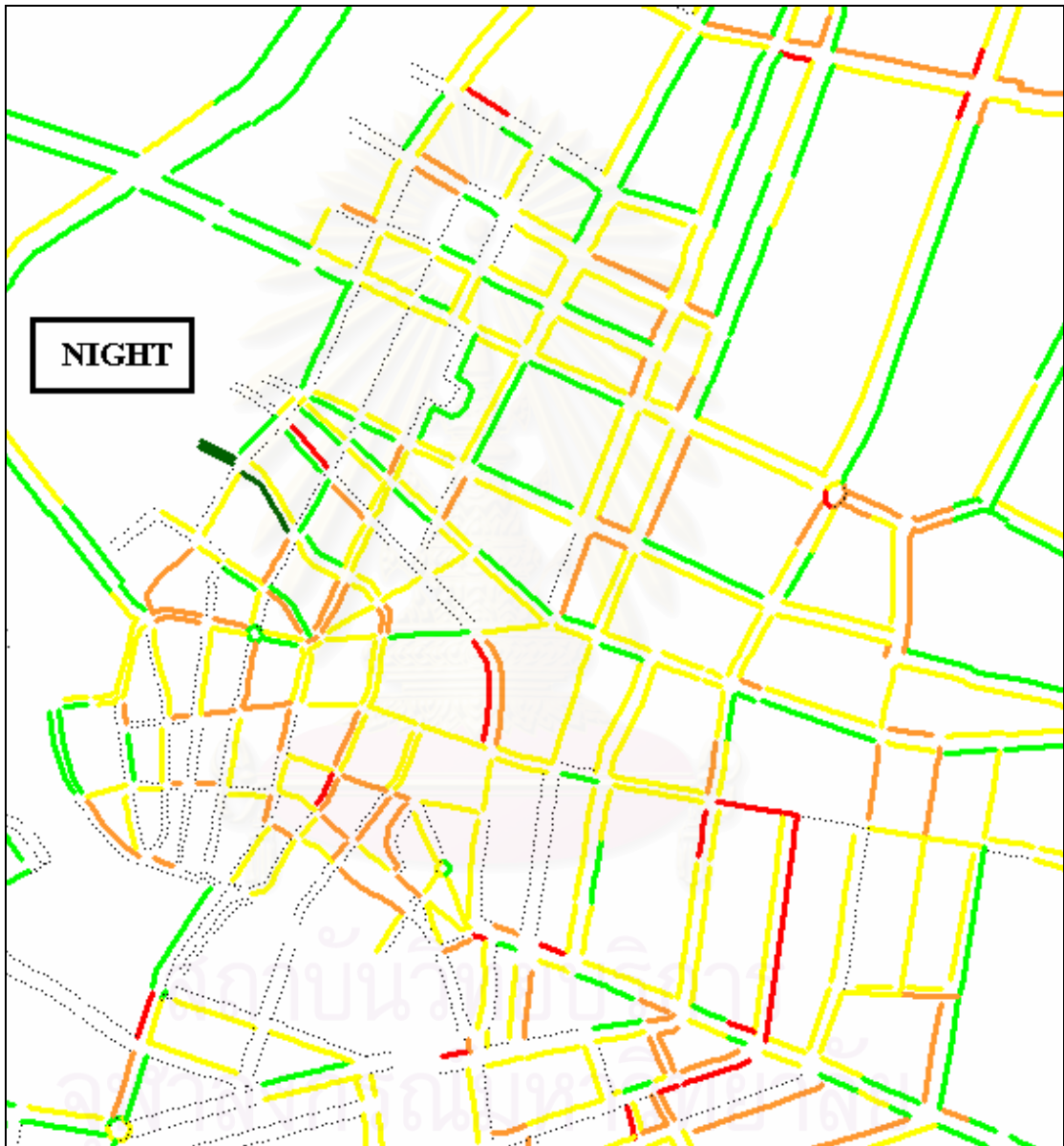
รูปที่ ก.13 ความเร็วเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนในลักษณะที่แยกทิศทางการเคลื่อนที่ ในวันหยุดราชการ ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น



รูปที่ ก.14 ความเร็วเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนในลักษณะที่แยกทิศทาง การเคลื่อนที่ ใน วันหยุดราชการ ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น ในบริเวณใจกลางเมือง



รูปที่ ก.15 ความเร็วเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนในลักษณะที่แยกทิศทางการเคลื่อนที่ ในวันหยุดราชการ ช่วงเวลากลางคืน



รูปที่ ก.16 ความเร็วเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนในลักษณะที่แยกทิศทางการเคลื่อนที่ใน
วันหยุดราชการ ช่วงเวลากลางคืน ในบริเวณใจกลางเมือง



ภาคผนวก ข

ถนนสายหลักที่เลือกศึกษาเพื่อประเมินความสามารถในการรับสัญญาณจีพีเอส
เพื่อคำนวณผลลัพธ์ในลักษณะภาพรวม สำหรับพื้นที่ศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข.1 ถนนสายหลักที่เลือกศึกษาในเขตปทุมวัน

ถนนที่เลือกศึกษาในเขตปทุมวัน ได้แก่

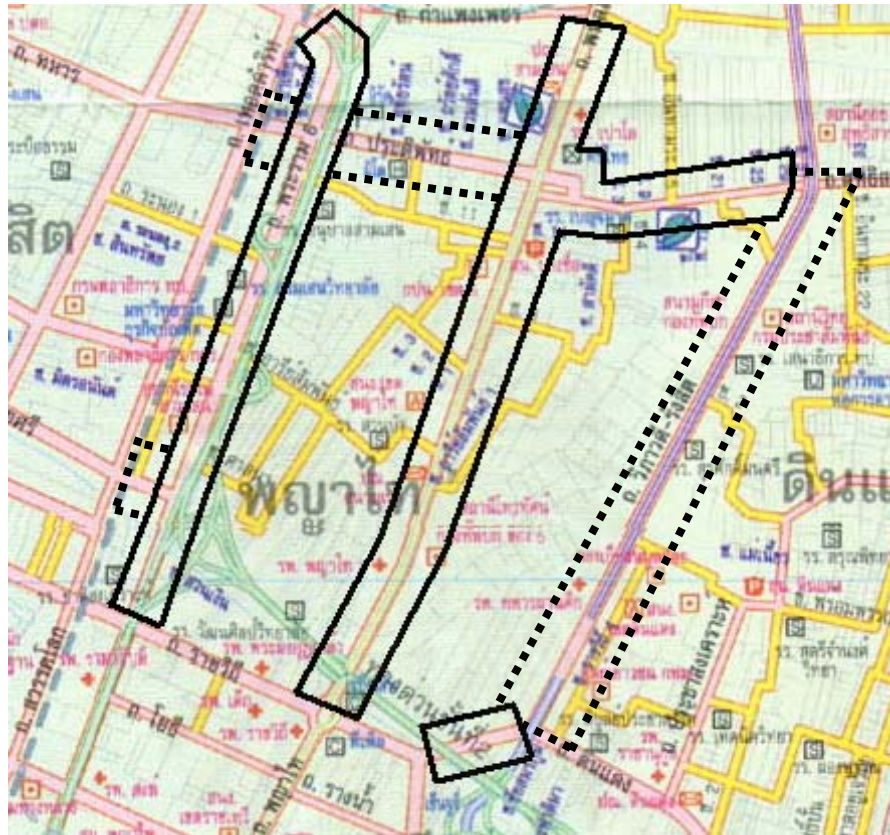
- | | |
|---------------------|--|
| 1. ถนน จารุเมือง | ตั้งแต่ ถนนพระราม 4 ถึง ถนนพระราม 1 |
| 2. ถนน บรรทัดทอง | ตั้งแต่ ถนนพระราม 4 ถึง ถนนพระราม 1 |
| 3. ถนน พญาไท | ตั้งแต่ ถนนพระราม 4 ถึง ถนนพระราม 1 |
| 4. ถนน อังรีดุนันต์ | ตั้งแต่ ถนนพระราม 4 ถึง ถนนพระราม 1 |
| 5. ถนน ราชดำริ | ตั้งแต่ ถนนพระราม 4 ถึง ถนนเพชรบุรี |
| 6. ถนน พระราม 4 | ตั้งแต่ ทางแยกหัวโพง ถึง จุดขึ้นลงทางด่วนชั้นที่ 1 |
| 7. ถนน สารสิน | ตั้งแต่ ถนนราชดำริ ถึง ถนนวิทญู |
| 8. ถนน หลังสวน | ตั้งแต่ ถนนสารสิน ถึง ถนนเพลินจิต |
| 9. ถนน วิทญู | ตั้งแต่ ถนนพระราม 4 ถึง ถนนเพชรบุรี |
| 10. ถนน พระราม 1 | ตั้งแต่ ถนนกรุงเกษม ถึง ถนนเพลินจิต |
| 11. ถนน เพลินจิต | ตั้งแต่ ถนนพระราม 1 ถึง ถนนสุขุมวิท |
| 12. ถนน ชิดลม | ตั้งแต่ ถนนเพลินจิต ถึง ถนนเพชรบุรี |



รูปที่ ข.2 ถนนสายหลักที่เลือกศึกษาในเขตราชเทวี

ถนนที่เลือกศึกษาในเขตราชเทวี ได้แก่

- | | |
|--------------------|--|
| 1. ถนน บรรทัดทอง | ตั้งแต่ ถนนพระราม 1 ถึง ถนนเพชรบุรี |
| 2. ถนน พระราม 6 | ตั้งแต่ ถนนพระราม 1 ถึง ถนนราชวิถี |
| 3. ถนน เพชรบุรี | ตั้งแต่ ถนนหลานหลวง ถึง ถนนอโศก-ดินแดง |
| 4. ถนน อโศก-ดินแดง | ตั้งแต่ ถนนดินแดง ถึง ถนนเพชรบุรี |
| 5. ถนน มักกะสัน | ตั้งแต่ ถนนราชปรารภ ถึง ถนนเพชรบุรี |
| 6. ถนน ราชปรารภ | ตั้งแต่ ถนนเพชรบุรี ถึง ถนน ราชวิถี |
| 7. ถนน ศรีอยุธยา | ตั้งแต่ ถนนพระราม 6 ถึง ถนนราชปรารภ |
| 8. ถนน พญาไท | ตั้งแต่ ถนนเพชรบุรี ถึง อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ |
| 9. ถนน ราชวิถี | ตั้งแต่ ถนนสวรรคโลก ถึง ถนนราชปรารภ |



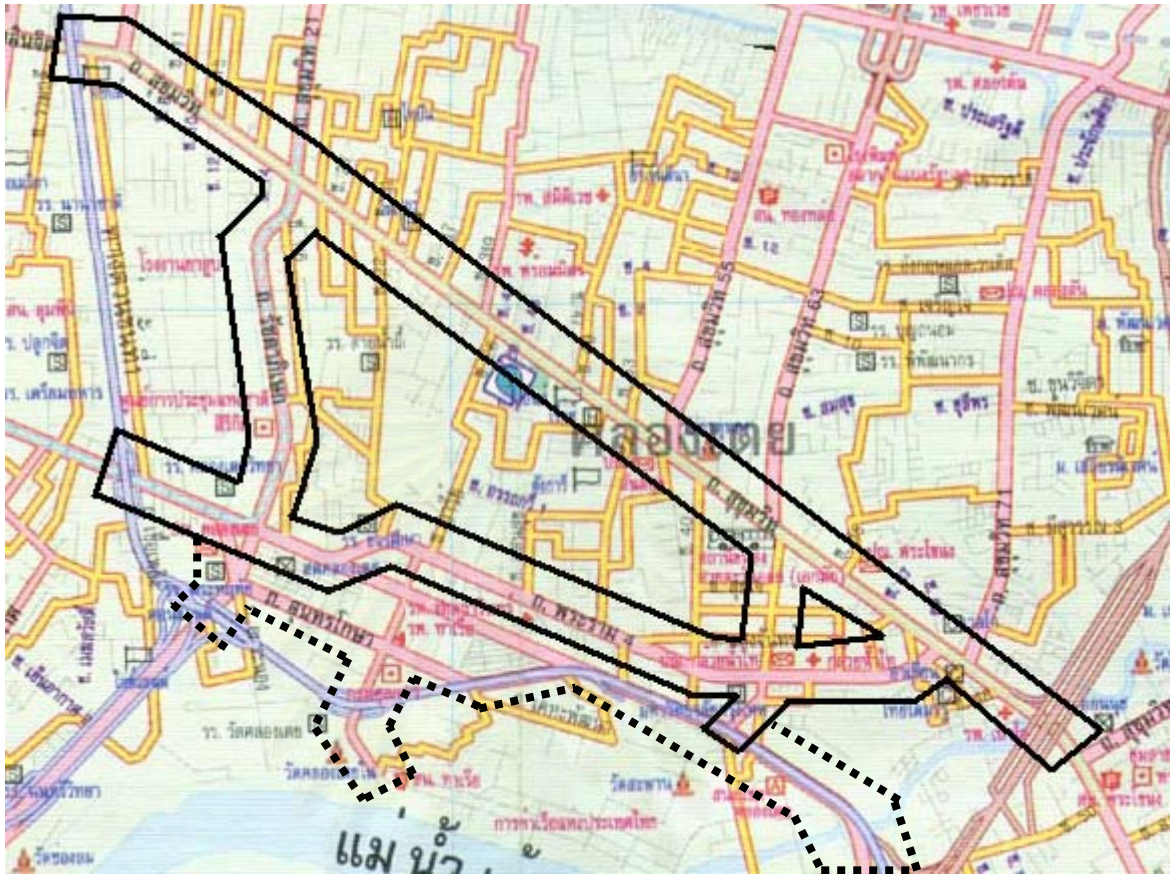
รูปที่ ข.3 ถนนสายหลักที่เลือกศึกษาในเขตพญาไท

ถนนที่เลือกศึกษาในเขตพญาไท ได้แก่

- | | |
|-------------------------|---|
| 1. ถนน พหลโยธิน | ตั้งแต่ อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ถึง ถนนกำแพงเพชร |
| 2. ถนน ดินแดง | ตั้งแต่ ถนนราชปรารภ ถึง ถนนวิภาวดีรังสิต |
| 3. ถนน พระราม 6 | ตั้งแต่ ถนนราชวิถี ถึง ถนนกำแพงเพชร |
| 4. ถนน สุทธิสารวินิจฉัย | ตั้งแต่ ถนนพหลโยธิน ถึง ถนนวิภาวดีรังสิต |

ถนนที่ไม่เลือกศึกษาในเขตพญาไท (ถนนที่ล้อมรอบด้วยเส้นประ) ได้แก่

- | | |
|-----------------------|---|
| 1. ถนน วิภาวดี รังสิต | ตั้งแต่ ถนนดินแดง ถึง ถนนสุทธิสารวินิจฉัย |
| 2. ถนน ประดิพัทธ์ | ตั้งแต่ ถนนเทอดดำริ ถึง ถนนพหลโยธิน |
| 3. ถนน นครชัยศรี | ตั้งแต่ ถนนสวรรคโลก ถึง ถนนพระราม 6 |



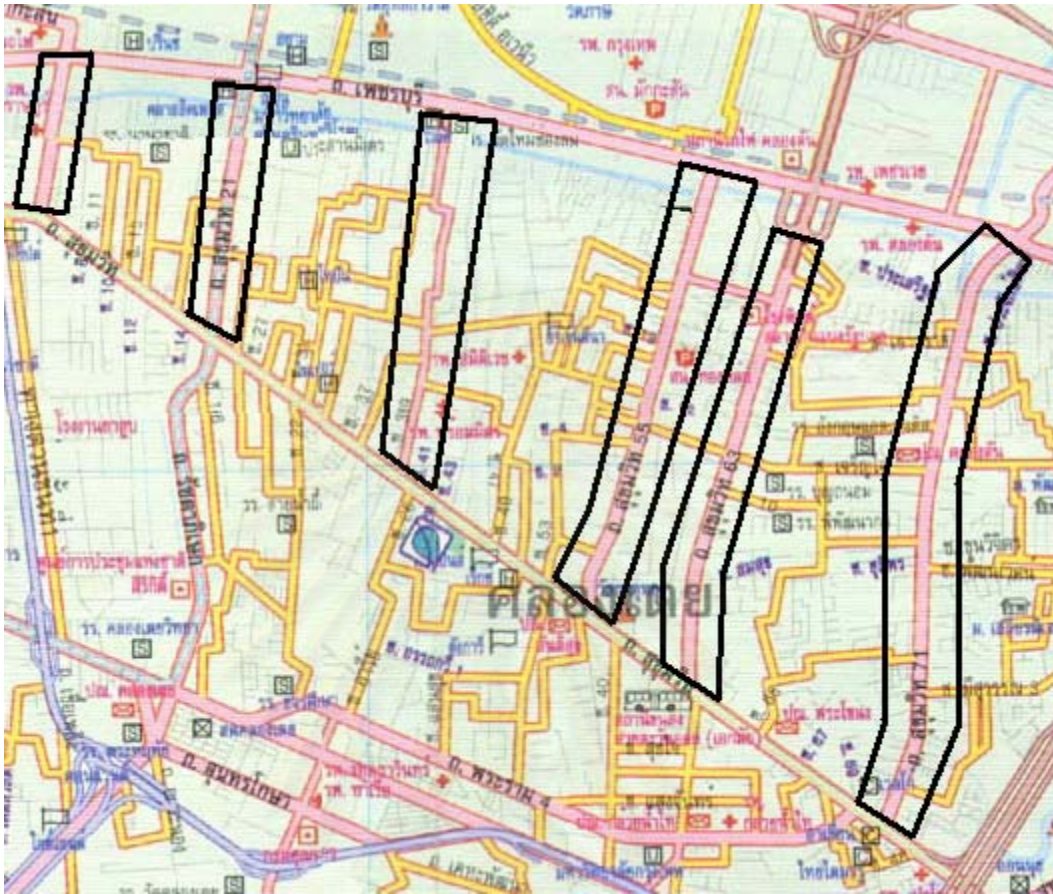
รูปที่ ข.4 ถนนสายหลักที่เลือกศึกษาในเขตคลองเตย

ถนนที่เลือกศึกษาในเขตคลองเตย ได้แก่

- | | |
|-------------------|---|
| 1. ถนน สุขุมวิท | ตั้งแต่ ถนนเพลินจิต ถึง ถนนอ่อนนุช |
| 2. ถนน รัชดาภิเษก | ตั้งแต่ ถนนสุขุมวิท ถึง ถนนพระราม 4 |
| 3. ถนน พระราม 4 | ตั้งแต่ จุดขึ้นลงทางด่วนชั้นที่ 1 ถึง ถนนสุขุมวิท |
| 4. ถนน กัลยน้ำไท | ตั้งแต่ ถนนสุขุมวิท ถึง ถนน ทางรถไฟเก่า |

ถนนที่ไม่เลือกศึกษาในเขตคลองเตย (ถนนที่ล้อมรอบด้วยเส้นประ) ได้แก่

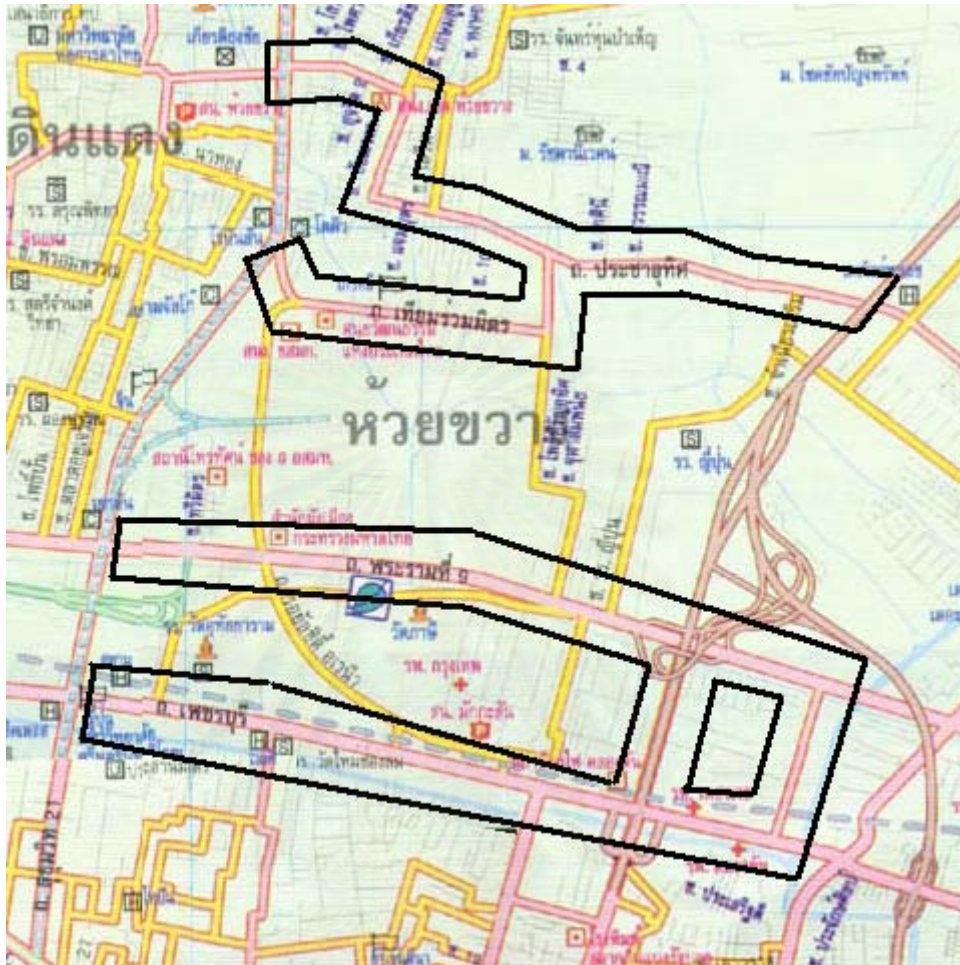
- | | |
|--------------------|--|
| 1. ถนน สุนทรโกษา | ตั้งแต่ ถนนพระราม 4 ถึง ถนนเกษมราษฎร์ |
| 2. ถนน เกษมราษฎร์ | ตลอดทั้งสาย |
| 3. ถนน ทางรถไฟเก่า | ตั้งแต่ ถนนพระราม 4 ถึง ซอยสุขุมวิท 50 |
| 4. ถนน อาจณรังค์ | ตลอดทั้งสาย |



รูปที่ ข.5 ถนนสายหลักที่เลือกศึกษาในเขตวัฒนา

ถนนที่เลือกศึกษาในเขตวัฒนา ได้แก่

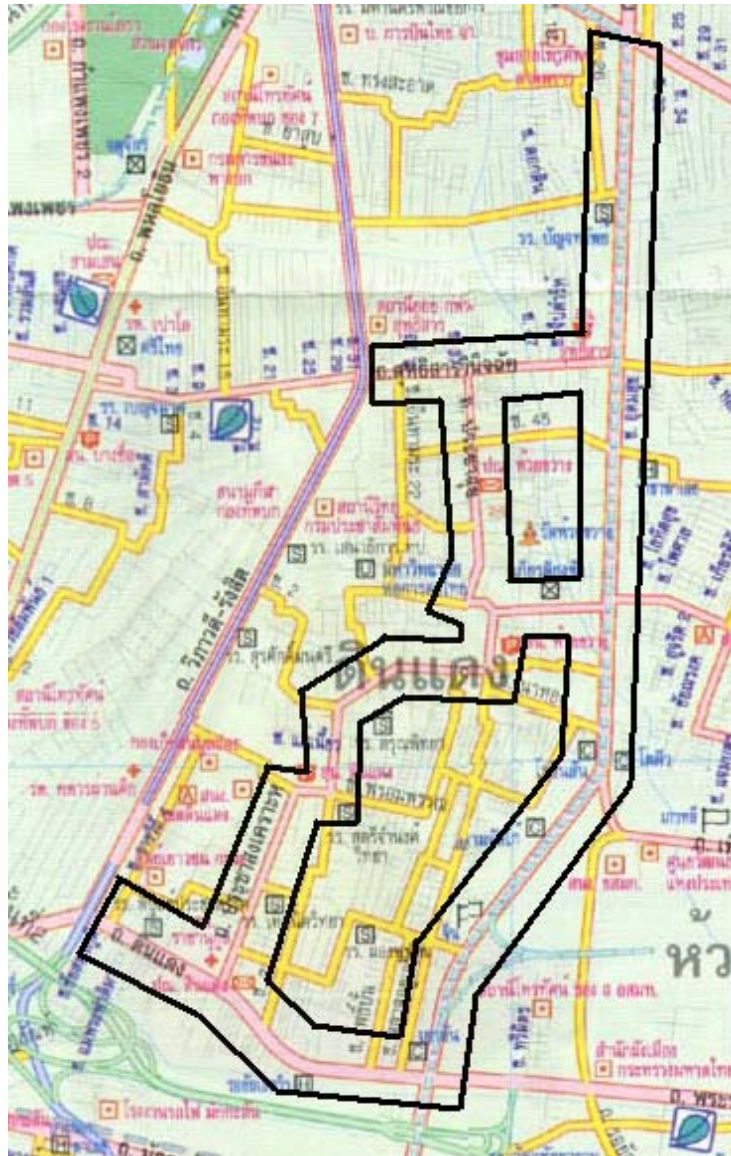
- | | |
|-------------------------------------|-------------|
| 1. ถนน นานาเหนือ (ซอยสุขุมวิท 3) | ตลอดทั้งสาย |
| 2. ถนน อโศก (ซอยสุขุมวิท 21) | ตลอดทั้งสาย |
| 3. ถนน พร้อมพงษ์ (ซอยสุขุมวิท 39) | ตลอดทั้งสาย |
| 4. ถนน ทองหล่อ (ซอยสุขุมวิท 55) | ตลอดทั้งสาย |
| 5. ถนน เอกมัย (ซอยสุขุมวิท 63) | ตลอดทั้งสาย |
| 6. ถนน คลองตัน (ซอยสุขุมวิท 71) | ตลอดทั้งสาย |



รูปที่ ข.6 ถนนสายหลักที่เลือกศึกษาในเขตห้วยขวาง

ถนนที่เลือกศึกษาในเขตห้วยขวาง ได้แก่

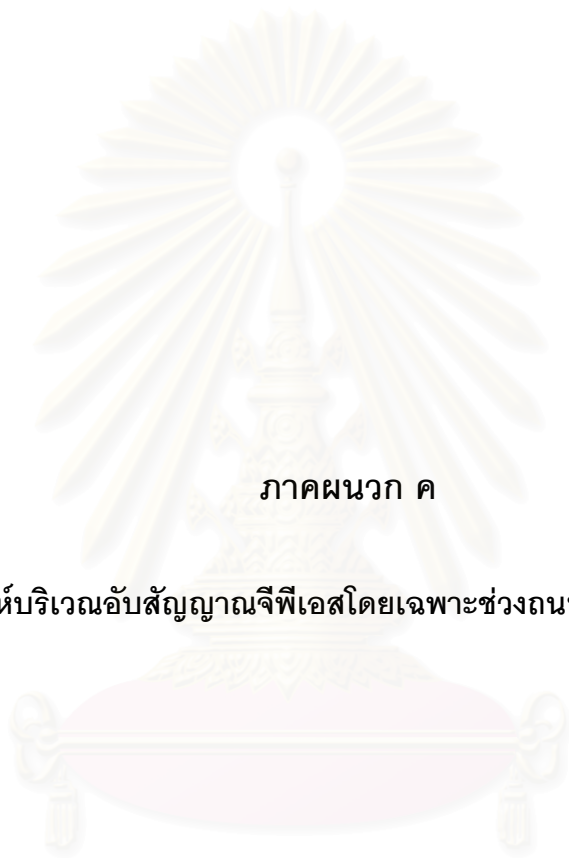
- | | |
|----------------------------|--|
| 1. ถนน เพชรบุรี | ตั้งแต่ ถนนอโศก ถึง ถนนพระราม 9 – เพชรบุรี |
| 2. ถนน พระราม 9 | ตั้งแต่ ถนนรัชดาภิเษก ถึง ถนนพระราม 9 – เพชรบุรี |
| 3. ถนน ประดิษฐ์มนูธรรม | ตั้งแต่ ถนนเพชรบุรี ถึง ถนนพระราม 9 |
| 4. ถนน พระราม 9 – เพชรบุรี | ตลอดทั้งสาย |
| 5. ถนน เทียมร่วมมิตร | ตลอดทั้งสาย |
| 6. ถนน ประชาอุทิศ | ตลอดทั้งสาย |
| 7. ถนน ประชาราษฎร์บำเพ็ญ | ตลอดทั้งสาย |



รูปที่ ข.7 ถนนสายหลักที่เลือกศึกษาในเขตดินแดง

ถนนที่เลือกศึกษาในเขตดินแดง ได้แก่

- | | |
|------------------------|--|
| 1. ถนน ดินแดง | ตั้งแต่ ถนนวิภาวดีรังสิต ถึง ถนนรัชดาภิเษก |
| 2. ถนน ประชาสงเคราะห์ | ตลอดทั้งสาย |
| 3. ถนน รัชดาภิเษก | ตั้งแต่ ถนนดินแดง ถึง ถนนลาดพร้าว |
| 4. ถนน สุทธิสารวิจิษฐ์ | ตั้งแต่ ถนนวิภาวดีรังสิต ถึง ถนนรัชดาภิเษก |
| 5. ถนน ประชาสุข | ตลอดทั้งสาย |



ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์บริเวณอับสัญญาณจีพีเอสโดยเฉพาะช่วงถนนที่รับสัญญาณได้ไม่ดีนัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.1 สัดส่วนของผลรวมความยาวของส่วนย่อยของช่วงถนนที่มีค่าร้อยละสัญญาณหายไปเกินค่าใดค่าหนึ่งต่อความยาวช่วงถนน

ช่วงถนน	ความยาว ช่วงถนน (เมตร)	สัดส่วนของผลรวมความยาวของส่วนย่อยของ ช่วงถนนที่มีค่า Percentage loss ไม่เกิน..... ต่อความยาวช่วงถนน			
		≤ 20 %	≤ 40 %	≤ 60 %	≤ 80 %
ถนนดินแดง ช่วงที่เริ่มจากแยกพระราม 9 ไปทิศตะวันตกอีก 469 เมตร					
ทิศทางการแล่น : ตะวันออก	469	0 %	6.18 %	38.59 %	70.36 %
ทิศทางการแล่น : ตะวันตก	469	19.62 %	51.81 %	79.53 %	100 %
ถนนพญาไท ตั้งแต่ แยกอนุสาวรีย์ ถึง แยกพญาไท					
ทิศทางการแล่น : เหนือ	798	4.01 %	39.22 %	79.32 %	79.32 %
ทิศทางการแล่น : ใต้	798	4.01 %	46.62 %	71.30 %	79.32 %
ถนนพญาไท ตั้งแต่ แยกพญาไท ถึง แยกราชเทวี					
ทิศทางการแล่น : เหนือ	588	0 %	5.10 %	64.29 %	75.17 %
ทิศทางการแล่น : ใต้	588	0 %	16.33 %	65.14 %	70.07 %
ถนนพระราม 1 ตั้งแต่ แยกราชประสงค์ ถึง แยกเฉลิมเผ่า					
ทิศทางการแล่น : ตะวันตก	481	0 %	0 %	53.64 %	100 %
ถนนพระราม 1 ตั้งแต่ แยกเฉลิมเผ่า ถึง แยกปทุมวัน					
ทิศทางการแล่น : ตะวันตก	558	0 %	0 %	6.45 %	31.72 %
ถนนพระราม 4 ตั้งแต่ แยกศาลาแดง ผ่านแยกอังรีดูนังต์ ไปทางตะวันตก 200 เมตร					
ทิศทางการแล่น : ตะวันออก	566	5.30 %	37.46 %	85.16 %	100 %
ทิศทางการแล่น : ตะวันตก	566	0 %	0 %	5.48 %	75.27 %

ตารางที่ ค.1 สัดส่วนของผลรวมความยาวของส่วนย่อยของช่วงถนนที่มีค่าร้อยละสัญญาณหายไปเกินค่าใดค่าหนึ่งต่อความยาวช่วงถนน (ต่อ)

ช่วงถนน	ความยาว ช่วงถนน (เมตร)	สัดส่วนของผลรวมความยาวของส่วนย่อยของ ช่วงถนนที่มีค่า Percentage loss ไม่เกิน..... ต่อความยาวช่วงถนน			
		≤ 20 %	≤ 40 %	≤ 60 %	≤ 80 %
ถนนพระราม 6 ตั้งแต่ แยกตึกชัย ถึง แยกประดิพัทธ์					
ทิศทางการแล่น : เหนือ	2686	71.33 %	82.54 %	89.09 %	93.71 %
ทิศทางการแล่น : ใต้	2686	0 %	39.09 %	73.12 %	82.02 %
ถนนพระจารุเมือง ตั้งแต่ แยกพงษ์พระราม ถึง แยกด่วนพระราม 6					
ทิศทางการแล่น : เหนือ	1249	11.69 %	48.60 %	72.78 %	92.55 %
ทิศทางการแล่น : ใต้	1249	10.17 %	24.18 %	42.43 %	87.59 %
ถนนพระราม 6 ตั้งแต่ แยกอุรุพงษ์ ถึง แยกตึกชัย					
ทิศทางการแล่น : เหนือ	1541	0 %	0 %	1.23 %	23.75 %
ทิศทางการแล่น : ใต้	1541	0 %	0 %	3.37 %	10.06 %
ถนนพระราม 9 ช่วงที่เริ่มจากแยกพระราม 9 ไปทิศตะวันออกอีก 1042 เมตร					
ทิศทางการแล่น : ตะวันออก	1042	29.74 %	72.36 %	97.12 %	100 %
ทิศทางการแล่น : ตะวันตก	1042	0 %	0 %	6.05 %	93.95 %
ถนนพระราม 9 ตั้งแต่ แยกพระราม 9ตัดประดิษฐ์มนูธรรม ไปทิศตะวันตกอีก 1047 เมตร					
ทิศทางการแล่น : ตะวันออก	1047	0 %	6.21 %	58.93 %	100 %
ทิศทางการแล่น : ตะวันตก	1047	0 %	2.58 %	57.78 %	100 %
ถนนพระราม 9 ตั้งแต่ แยกรามคำแหง ถึง แยกพระราม 9ตัดประดิษฐ์มนูธรรม					
ทิศทางการแล่น : ตะวันออก	1394	0 %	95.55 %	100 %	100 %
ทิศทางการแล่น : ตะวันตก	1394	0 %	0 %	6.89 %	100 %

ตารางที่ ค.1 สัดส่วนของผลรวมความยาวของส่วนย่อยของช่วงถนนที่มีค่าร้อยละสัญญาณหายไปเกินค่าใดค่าหนึ่งต่อความยาวช่วงถนน (ต่อ)

ช่วงถนน	ความยาว ช่วงถนน (เมตร)	สัดส่วนของผลรวมความยาวของส่วนย่อยของ ช่วงถนนที่มีค่า Percentage loss ไม่เกิน..... ต่อความยาวช่วงถนน			
		≤ 20 %	≤ 40 %	≤ 60 %	≤ 80 %
ถนนพหลโยธิน ตั้งแต่ ซอยพหลโยธิน 2 ถึง แยกสะพานควาย					
ทิศทางการแล่น : เหนือ	1604	0 %	26.31 %	68.33 %	90.15 %
ทิศทางการแล่น : ใต้	1604	0 %	3.80 %	52.62 %	90.27 %
ถนนพหลโยธิน ตั้งแต่ ซอยพหลโยธิน 2 ถึง อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ					
ทิศทางการแล่น : เหนือ	1205	5.64 %	44.98 %	77.43 %	90.12 %
ทิศทางการแล่น : ใต้	1205	4.98 %	38.26 %	69.71 %	90.12 %
ถนนเพชรบุรี ช่วงที่เริ่มจากแยกคลองตัน ไปทิศตะวันออกอีก 237 เมตร และไปทิศตะวันตกอีก 171 เมตร					
ทิศทางการแล่น : ตะวันออก	408	0 %	0 %	22.79 %	41.69 %
ถนนเพชรบุรี ช่วงที่เริ่มจากแยกคลองตัน ไปทิศตะวันออกอีก 142 เมตร และไปทิศตะวันตกอีก 321 เมตร					
ทิศทางการแล่น : ตะวันตก	463	0 %	0 %	12.31 %	38.23 %
ถนนเพลินจิต ตั้งแต่ แยกชิดลม ถึง แยกราชประสงค์					
ทิศทางการแล่น : ตะวันตก	395	0 %	5.32 %	11.90 %	28.10 %
ถนนศรีอยุธยา ช่วงที่เริ่มจากแยกมักกะสัน ไปทิศตะวันออกอีก 185 เมตร					
ทิศทางการแล่น : ตะวันออก	185	0 %	42.16 %	100 %	100 %
ทิศทางการแล่น : ตะวันตก	185	0 %	15.68 %	48.11 %	67.57 %

ตารางที่ ค.1 สัดส่วนของผลรวมความยาวของส่วนย่อยของช่วงถนนที่มีค่าร้อยละสัญญาณหายไปเกินค่าใดค่าหนึ่งต่อความยาวช่วงถนน (ต่อ)

ช่วงถนน	ความยาว ช่วงถนน (เมตร)	สัดส่วนของผลรวมความยาวของส่วนย่อยของ ช่วงถนนที่มีค่า Percentage loss ไม่เกิน..... ต่อความยาวช่วงถนน			
		≤ 20 %	≤ 40 %	≤ 60 %	≤ 80 %
ถนนสุขุมวิท ตั้งแต่ แยกนานา ถึง แยกอโศก					
ทิศทางการแล่น : ตะวันออก	1097	0 %	14.95 %	37.19 %	66.82 %
ทิศทางการแล่น : ตะวันตก	1097	0 %	6.75 %	49.41 %	70.28 %
ถนนสุขุมวิท ตั้งแต่ แยกอโศก ถึง แยกตัดกับถนนพร้อมพงษ์					
ทิศทางการแล่น : ตะวันออก	1214	0 %	9.97 %	27.35 %	63.84 %
ทิศทางการแล่น : ตะวันตก	1214	0 %	24.96 %	52.80 %	82.21 %
ถนนสุขุมวิท ตั้งแต่ แยกตัดกับถนนพร้อมพงษ์ ถึง แยกทองหล่อ					
ทิศทางการแล่น : ตะวันออก	1198	0 %	15.28 %	61.19 %	88.48 %
ทิศทางการแล่น : ตะวันตก	1198	0 %	50.75 %	85.89 %	88.48 %
ถนนสุขุมวิท ตั้งแต่ แยกเอกมัย ถึง แยกพระโขนง					
ทิศทางการแล่น : ตะวันออก	1294	0 %	27.51 %	61.75 %	82.61 %
ทิศทางการแล่น : ตะวันตก	1294	0 %	58.19 %	73.57 %	80.76 %
ถนนสีลม ตั้งแต่ แยกศาลาแดง ถึง แยกสีลม-นราธิวาส					
ทิศทางการแล่น : เหนือ	998	2.91 %	2.91 %	8.42 %	30.76 %
ทิศทางการแล่น : ใต้	998	2.91 %	6.11 %	9.02 %	24.15 %

ตารางที่ ค.2 อธิบายทางแยกที่ปรากฏในตาราง ค.1

ชื่อทางแยก	ถนนที่ตัดหรือบรรจบกัน	
	ถนนสายที่ 1	ถนนสายที่ 2
พระราม 9	รัชดาภิเษก	พระราม 9
พญาไท	พญาไท	ศรีอยุธยา
ราชเทวี	พญาไท	เพชรบุรี
เฉลิมเผ่า	พระราม 1	อังรีดูนังต์
ราชประสงค์	พระราม 1	ราชดำริ
ปทุมวัน	พระราม 1	พญาไท
ศาลาแดง	พระราม 4	สีลม
อังรีดูนังต์	พระราม 4	อังรีดูนังต์
ตึกชัย	พระราม 6	ราชวิถี
ประดิพัทธ์	พระราม 6	ประดิพัทธ์
พงษ์พระราม	พระราม 1	พระราม 6
ด่วนพระราม 6	พระราม 4	จารุเมือง
อรุณพงษ์	พระราม 6	เพชรบุรี
พระราม 9ตัดประดิษฐ์มุนุธรรม	พระราม 9	ประดิษฐ์มุนุธรรม
รามคำแหง	พระราม 9	รามคำแหง
สะพานควาย	พหลโยธิน	สุทธิสารวินิจฉัย
คลองตัน	เพชรบุรี	คลองตัน
ราชประสงค์	พระราม 1	ราชดำริ
ชิดลม	เพลินจิต	ชิดลม
มักกะสัน	ศรีอยุธยา	ราชปรารภ
นานา	สุขุมวิท	นานาเหนือ
อโศก	สุขุมวิท	อโศก
ทองหล่อ	สุขุมวิท	ทองหล่อ
เอกมัย	สุขุมวิท	เอกมัย
พระโขนง	สุขุมวิท	คลองตัน
สีลม-นราธิวาส	สีลม	นราธิวาสราชนครินทร์

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ชวลิต ทิพากรวงศ์ เกิดเมื่อ วันที่ 24 กรกฎาคม พ.ศ. 2523 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2543 และในปีการศึกษา 2544 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่งและจราจร ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะ วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย