

การประมาณเวลาในการเดินทางบนทางพิเศษในเขตกรุงเทพมหานคร
จากการประมวลผลภาพวีดิทัศน์



นายวรวงศ์ วังนะเสถียรกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TRAVEL TIME ESTIMATION ON BANGKOK EXPRESSWAY
FROM VIDEO IMAGE PROCESSING



Mr. Worapong Wajanasathienkul

ศูนย์วิทยทรัพยากร

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

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

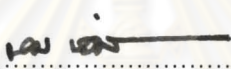
Chulalongkorn University

Academic Year 2010

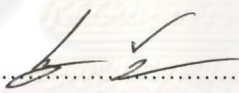
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประมาณเวลาในการเดินทางบนทางพิเศษในเขต
	กรุงเทพมหานครจากการประมวลผลภาพวีดิทัศน์
โดย	นายวรพงศ์ วัจนะเสถียรกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.พลเทพ เลิศวรรณิช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ



..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศนირวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกษม ชูจารุกุล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ดร.พลเทพ เลิศวรรณิช)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ศักดิ์ดา พรรณไวย)

บรรณานุกรม : วรรณะเสถียรกุล : การประมาณเวลาในการเดินทางบนทางพิเศษในเขตกรุงเทพมหานครจากการประมวลผลภาพวีดิทัศน์. (TRAVEL TIME ESTIMATION ON BANGKOK EXPRESSWAY FROM VIDEO IMAGE PROCESSING) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติ, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : ดร. พลเทพ เลิศวรรณิช, 161 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการประมาณเวลาการเดินทางโดยใช้ค่าความเร็วที่รวบรวมได้จากการประมวลผลภาพวีดิทัศน์แบบทันทีทันใด พื้นที่ศึกษาได้แก่ทางพิเศษเฉลิมมหานคร ช่วงดาวคะนอง-ท่าเรือระยะทาง 8.137 กม. มีสถานีรวบรวมความเร็วทั้งสิ้น 7 สถานี ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยอยู่ในช่วง 5:00-22:00 น. มีปริมาณการจราจร 6,140 คันต่อชั่วโมง ข้อมูลความเร็วนำมาประมาณค่าเวลาการเดินทางบนแต่ละช่วงทางได้จาก 4 วิธีได้แก่ การประมาณจากความเร็วที่จุดกึ่งกลาง ค่าความเร็วเฉลี่ย ค่าความเร็วโดยการถ่วงน้ำหนักจากปริมาณการจราจร และ วิธีชานอันโตนิโอ และรวมค่าเวลาการเดินทางของทั้งสายทางได้จาก 2 วิธีได้แก่ วิธี instantaneous และ วิธี timeslice จากนั้นเปรียบเทียบกับค่าเวลาการเดินทางจริงที่รวบรวมได้จากกล้องวีดิทัศน์เป็นจำนวน 1,632 คัน ผลการศึกษาพบว่าความถูกต้องขึ้นอยู่กับช่วงเวลา (และระดับการติดขัดของการจราจร) กล่าวคือในสภาพการจราจรคล่องตัววิธีชานอันโตนิโอจะให้ความถูกต้องสูงสุด (MAPE มีค่าร้อยละ 11 เมื่อเทียบกับร้อยละ 14-15 โดยวิธีอื่นๆ) สภาพปริมาณการจราจรหนาแน่นวิธีความเร็วที่จุดกึ่งกลางจะให้ความถูกต้องสูงสุด (MAPE ในช่วงการจราจรเร่งด่วนเข้ามีค่าร้อยละ 12 เมื่อเทียบกับร้อยละ 23-26 โดยวิธีอื่นๆ) เมื่อเปรียบเทียบวิธีการรวมค่าเวลาการเดินทางของทั้งสายทางพบว่า วิธี timeslice จะให้ค่าเวลาการเดินทางรวมบนสายทางที่แม่นยำกว่าเมื่อพิจารณาวิธีการประมาณค่าเวลาการเดินทางกรณี offline (ทราบข้อมูลทั้งหมด) และ online (มีการคาดการณ์ความเร็วในช่วงเวลาถัดไป) พบว่า วิธี online จะให้ความแม่นยำที่ไม่แตกต่างจากวิธี offline มากนัก ในการนำวิธีการหาค่าเวลาการเดินทางไปใช้งานจริงอาจนำวิธีการประมาณค่าเวลาการเดินทางวิธีต่างๆมาใช้ตามเวลา โดยสามารถปรับปรุงเพิ่มความแม่นยำได้มากกว่าการใช้วิธีการหาค่าเวลาเดินทางวิธีเดียวตลอดทั้งวัน โดยมีความแม่นยำรวมร้อยละ 11 เมื่อเทียบกับการใช้วิธีการประมาณค่าเวลาการเดินทางเดียวที่มีความแม่นยำร้อยละ 14-20

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา.....

ลายมือชื่อนิสิต วรรณะ เสถียรกุล.....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา.....

ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก สรวิศ นฤปิติ.....

ปีการศึกษา 2553.....

ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม พลเทพ เลิศวรรณิช.....

5070425021 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORDS : TRAVEL TIME / ESTIMATION / SPEED / EXPRESSWAY

WORAPONG WAJANASATHIENKUL : TRAVEL TIME ESTIMATION ON
BANGKOK EXPRESSWAY FROM VIDEO IMAGE PROCESSING. THESIS
ADVISOR: ASSOC. PROF. SORAWIT NARUPITI, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR:
PONLATHEP LERTWORAWANICH, Ph.D., 161 pp.

The objective of this research is to determine travel time technique for traffic on using traffic speed from real-time image processing. They study area is the 8.137 km Chalerm Mahanakorn expressway Dao-Kanong – Port section in Bangkok, where traffic speed were collected at 7 stations. The traffic data was obtained during 5:00-22:00, containing 6,140 vph. Four methods are used to convert speed into travel time for each link, namely mid-point, section average, weighted section average, and San Antonio's (lower speed). Two methods of link travel time aggregation into route travel time are instantaneous and timeslice. The estimated travel times were then compared with the actual travel time collection from 1,632 vehicles. The results indicate that the accuracy depends on time period (and level of traffic congestion). The San Antonio's method results in the highest accuracy during off-peak period (MAPE 11% compared to 14-15% from other methods). The mid-point method yields the highest accuracy during peak period (MAPE 12% compared to 23-26% from other methods). Considering route travel time, the time slice method gives slightly better accuracy than instantaneous method. Comparing the offline (all data present) and online (short-term forecast of speed in the next timeslice) travel time estimation, the two methods yield similar accuracy. The findings of the research imply that the practical travel time estimation may need several methods suitable for each time period. The improved estimation can increase the accuracy over a single method, decreasing the MAPE from 14-20% to 11%.

Department:: Civil Engineering.....

Student's Signature Worapong Wajanasathienkul

Field of Study : Civil Engineering.....

Advisor's Signature Sorawit Narupiti

Academic Year : 2010.....

Co-Advisor's Signature Ponlathep Lertworawanich

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษา ตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วง และผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกษม ชูจารุกุล ซึ่งเป็นประธานคณะกรรมการ ดร.พลเทพ เลิศวรรณิช ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และ ดร.ศักดิ์ดา พรรณไวย ซึ่งเป็นกรรมการ ที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะประเด็นที่สำคัญที่ควรพิจารณาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาแก่ผู้เขียนจนสามารถดำเนินงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วง

นอกจากนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณทางพิเศษแห่งประเทศไทย และศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติที่อำนวยความสะดวกและประสานงานในการรวบรวมข้อมูลในการวิจัยนี้เป็นอย่างดี และขอขอบคุณนายปิติ โรจน์วรรณสินธุ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำในการทำวิจัย อีกทั้งรุ่นพี่ เพื่อน และน้องๆที่เป็นกำลังใจและช่วยสนับสนุนในระหว่างการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดามารดา และญาติพี่น้องที่คอยให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้เสมอมา จึงทำให้ผู้เขียนสามารถดำเนินมาจนถึงจุดนี้ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 ขั้นตอนการวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.6 ลำดับในการนำเสนอ.....	6
บทที่ 2 การทบทวนผลงานที่ผ่านมา.....	7
2.1 การเก็บข้อมูลจราจร.....	7
2.2 การประมาณเวลาการเดินทาง.....	12
2.2.1 ตัวอย่างพื้นที่ศึกษาที่มีการประมาณเวลาการเดินทาง.....	12
2.2.2 การประมาณค่าเวลาการเดินทางโดยตรง.....	15
2.2.3 การประมาณค่าเวลาการเดินทางโดยทางอ้อมจากความเร็ว.....	15
2.2.4 การประมาณเวลาการเดินทางโดยทางอ้อมจากปริมาณการจราจร.....	21
2.3 การปรับปรุงวิธีการประมาณเวลาการเดินทางให้เหมาะกับลักษณะการจราจร.....	23
2.4 การเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลเวลาการเดินทาง.....	24
2.5 สรุปการทบทวนผลงานที่ผ่านมา.....	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	28
3.1 พื้นที่ศึกษา.....	29
3.2 การติดตั้งอุปกรณ์ประมวลผลภาพ.....	31
3.2.1 อุปกรณ์ประมวลผลภาพ.....	31

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.2 ลักษณะตำแหน่งการติดตั้ง	34
3.3 การตรวจสอบและปรับแก้อุปกรณ์ประมวลผลภาพ	36
3.4 การถอดข้อมูลการจราจร	42
3.5 การหาเวลาการเดินทางจริงด้วยวิธีการพิจารณาจากภาพวีดิทัศน์	46
3.6 พิจารณาลักษณะของข้อมูล	47
3.7 การหาค่าเวลาการเดินทาง	51
3.7.1 การหาค่าเวลาการเดินทางบนช่วงทางจากการคำนวณด้วยความเร็ว	51
3.7.2 การคาดการณ์โดยใช้วิธี Moving Average	54
3.7.3 การรวมเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง	54
3.8 การวิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะเวลาการเดินทางที่ได้แต่ละวิธี	55
3.9 การปรับปรุงวิธีการโดยประยุกต์ให้เหมาะสมกับลักษณะการจราจร	57
3.10 ตรวจสอบความแม่นยำและทำการเปรียบเทียบวิธีการ	58
3.11 ทดลองกระบวนการในกรณีนำไปใช้งานจริง	58
3.12 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	58
บทที่ 4 ข้อมูลที่ใช้ศึกษา	59
4.1 ลักษณะข้อมูลปริมาณการจราจรบนช่วงทาง	59
4.2 ข้อมูลความเร็วบนช่วงทาง	61
4.3 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการจราจรและความเร็ว	68
4.4 การรวบรวมข้อมูลเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง	70
บทที่ 5 การประมาณเวลาการเดินทาง	74
5.1 การประมาณเวลาการเดินทางบนช่วงทาง (ข้อมูล SMS)	75
5.2 การประมาณเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง (ข้อมูล SMS)	81
5.2.1 การรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นโดยตรง ณ ช่วงเวลาเดียวกัน (Instantaneous)	81
5.2.2 การรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นแบบขั้นบันได (Timeslice)	83
5.2.3 ผลต่างของวิธีการรวมเวลาการเดินทางแบบ Instantaneous และ Timeslice	83
5.2.4 การเปรียบเทียบวิธีการประมาณเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง	87

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.3 การวิเคราะห์และเลือกใช้วิธีการหาค่าเวลาการเดินทางที่เหมาะสม (ข้อมูล SMS)	92
5.3.1 การเลือกวิธีการหาค่าเวลาการเดินทางให้เหมาะสมกับช่วงเวลา ตามสภาพข้อมูล (ปรับปรุงแบบที่ 1, D1)	92
5.3.2 การเลือกวิธีการหาค่าเวลาการเดินทางให้เหมาะสมกับช่วงระยะ เวลาการเดินทาง (ปรับปรุงแบบที่ 2, D2)	95
5.3.3 สรุปผลแนวทางในการปรับปรุงเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อน.....	104
5.4 การประมาณเวลาการเดินทางบนช่วงทาง (ข้อมูล TMS)	106
5.5 การประมาณเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง (ข้อมูล TMS)	109
5.5.1 การรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นโดยตรง ณ ช่วงเวลาเดียวกัน (Instantaneous)	109
5.5.2 การรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นแบบขั้นบันได (Timeslice).....	110
5.5.3 ผลต่างของวิธีการรวมเวลาการเดินทางแบบ Instantaneous และ Timeslice	110
5.5.4 การเปรียบเทียบวิธีการประมาณเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง	114
5.6 การวิเคราะห์และเลือกใช้วิธีการหาค่าเวลาการเดินทางที่เหมาะสม (ข้อมูล TMS)	118
5.6.1 การเลือกวิธีการหาค่าเวลาการเดินทางให้เหมาะสมกับช่วงเวลา ตามสภาพข้อมูล (ปรับปรุงแบบที่ 1, D1)	118
5.6.2 การเลือกวิธีการหาค่าเวลาการเดินทางให้เหมาะสมกับ ช่วงระยะเวลาการเดินทาง (ปรับปรุงแบบที่ 2, D2).....	120
5.6.3 สรุปผลแนวทางในการปรับปรุงเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อน.....	127
5.7 สรุปการประมาณเวลาการเดินทาง.....	128
บทที่ 6 แนวทางการหาค่าเวลาการเดินทางแบบ Online	132
6.1 การคาดการณ์ข้อมูลเพื่อหาเวลาการเดินทาง	132
6.2 เวลาการเดินทางทั้งเส้นทางจากข้อมูลการคาดการณ์.....	134
6.3 เวลาการเดินทางทั้งเส้นทางโดยเริ่มจากข้อมูลในช่วงเวลาก่อนหน้า	140
6.4 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบ	146

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	152
7.1 สรุปผลการวิจัย	152
7.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อข้อมูลการจราจร	152
7.1.2 วิธีการประมาณค่าเวลาการเดินทาง	153
7.1.3 การรวมค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง	154
7.1.4 การหาค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางแบบ Online.....	154
7.1.5 แนวทางการเลือกใช้วิธีการประมาณเวลา.....	155
7.2 ข้อเสนอแนะ	156
รายการอ้างอิง.....	158
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	161



 ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ประเภทของข้อมูลจากแต่ละอุปกรณ์.....	8
2.2 การเปรียบเทียบระบบ GPS ANPR และ Remote Sensing	11
2.3 ผลของช่วงความถี่การเฉลี่ยข้อมูลต่อความแม่นยำในการประมาณ	25
3.1 ตัวอย่างสถานะและแผนการแก้ไขอุปกรณ์ประมวลผลภาพ.....	38
3.2 สถานะการทำงานของอุปกรณ์ประมวลผลภาพเมื่อวันที่ 3 มิถุนายน 2553.....	39
3.3 ตัวอย่างข้อมูลในการนำมาใช้ที่แปลงจากข้อมูลที่บันทึก	45
3.4 ตัวอย่างข้อมูลจัดเรียงในการนำมาใช้งาน.....	46
3.5 ปริมาณข้อมูลที่ขาดหายแต่ละสถานี	47
3.6 รูปแบบการเติมข้อมูลที่ขาดหายโดยการเฉลี่ยจากข้อมูลแนวราบ.....	48
3.7 รูปแบบการเติมข้อมูลที่ขาดหายโดยการเฉลี่ยจากข้อมูลแนวตั้ง	48
3.8 รูปแบบการเติมข้อมูลที่ขาดหายโดยการ Moving average.....	49
3.9 ตัวอย่างค่าการประมาณจากการเลือกใช้ค่า n	50
3.10 ตัวอย่างความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเลือกใช้ค่า n	50
3.11 การรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นโดยตรง	54
3.12 การรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นแบบขั้นบันได	55
4.1 ตัวอย่างข้อมูลความเร็วเฉลี่ยทุก 5 นาทีแต่ละสถานี	61
4.2 ตัวอย่างการจัดเรียงข้อมูลภาพถ่ายวีดีทัศน์เพื่อใช้ถอดข้อมูล.....	71
4.3 ตัวอย่างค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง.....	72
5.1 สรุปค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ในแต่ละช่วงเวลา (SMS).....	90
5.2 สรุปวิธีที่เหมาะสมกับแต่ละช่วงเวลาตามสภาพข้อมูล (SMS)	93
5.3 การเปรียบเทียบผลจากวิธีการปรับปรุงแบบที่ 1 (SMS)	94
5.4 การเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับช่วงระยะเวลาการเดินทาง (SMS).....	99
5.5 การเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับช่วงระยะเวลาการเดินทาง (นำข้อมูลช่วง 5:00-6:00น. ออก - SMS)	101
5.6 MAPE ของวิธีการหาค่าเวลาการเดินทางอ้างอิงแต่ละรูปแบบ (SMS)	102
5.7 การเปรียบเทียบผลจากวิธีการปรับปรุงแบบที่ 2 (SMS)	103
5.8 การเปรียบเทียบผลจากวิธีการทั้งหมด (SMS).....	105

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.9	สรุปค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ในแต่ละช่วงเวลา (TMS)..... 117
5.10	สรุปวิธีที่เหมาะสมกับแต่ละช่วงเวลาตามสภาพข้อมูล (TMS)..... 118
5.11	การเปรียบเทียบผลจากวิธีการปรับปรุงแบบที่ 1 (TMS) 119
5.12	การเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงระยะเวลาการเดินทาง (TMS) 124
5.13	การเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงระยะเวลาการเดินทาง (นำข้อมูลช่วง 5:00-6:00น. ออก - TMS)..... 126
5.14	การเปรียบเทียบผลจากวิธีการปรับปรุงแบบที่ 2 (TMS) 127
5.15	การเปรียบเทียบผลจากวิธีการทั้งหมด (TMS)..... 128
5.16	ผลของจำนวนสถานีเก็บข้อมูลที่มีต่อความคลาดเคลื่อนในการ ประมาณเวลาการเดินทาง (SMS) 129
6.1	ตัวอย่างการคาดการณ์ข้อมูลปริมาณการจราจร 133
6.2	ค่า MAPE วิธีการประมาณเวลาการเดินทางด้วยข้อมูลการคาดการณ์ ทั้งหมด (SMS) 137
6.3	ค่า MAPE วิธีการประมาณเวลาการเดินทางด้วยข้อมูลการคาดการณ์ ทั้งหมด (TMS) 138
6.4	ค่า MAPE วิธีการประมาณเวลาการเดินทางโดยเริ่มจากข้อมูลที่มี ในช่วงเวลาก่อนหน้า (SMS) 143
6.5	ค่า MAPE วิธีการประมาณเวลาการเดินทางโดยเริ่มจากข้อมูลที่มี ในช่วงเวลาก่อนหน้า (TMS)..... 144
6.6	การเปรียบเทียบค่า MAPE จากวิธีการทั้งหมด (SMS) 147
6.7	การเปรียบเทียบค่า MAPE จากวิธีการทั้งหมด (TMS) 150

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1	แหล่งที่มาของการบริการข้อมูลการจราจรแบบทันกาล 9
2.2	ชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูลเวลาการเดินทาง 10
2.3	โครงข่ายถนนที่ติดตั้งระบบการหาเวลาการเดินทาง 10
2.4	ลักษณะเวลาและระยะทางในแต่ละช่วงเวลาการเดินทาง 16
2.5	ลักษณะของเวลาการเดินทางบนช่องทาง 19
2.6	รูปแบบช่องทางบนทางพิเศษ 22
3.1	ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย 28
3.2	ลักษณะพื้นที่และการจราจรบนทางพิเศษคลองรัช 29
3.3	แผนที่จุดสำรวจในการเก็บข้อมูลสายดาวคะนอง-ท่าเรือ 31
3.4	ตำแหน่งกล้องวีดีทัศน์และป้ายบอกทางของการทางพิเศษ 32
3.5	ตัวอย่างภาพจากกล้องวีดีทัศน์ของการทางพิเศษ 32
3.6	ภาพอุปกรณ์ประมวลผลภาพที่พัฒนาในระยะแรก 33
3.7	ตัวอย่างภาพอุปกรณ์ประมวลผลภาพแยกติดตั้ง 33
3.8	ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งกล้อง 34
3.9	ลักษณะการเก็บข้อมูล 34
3.10	ตำแหน่งติดตั้งกล้องประมวลผลภาพบนทางพิเศษ สายดาวคะนอง-ท่าเรือ 35
3.11	ระยะทางระหว่างกล้องประมวลผลภาพบนทางพิเศษสายดาวคะนอง-ท่าเรือ 35
3.12	การแก้ไขปรับปรุงอุปกรณ์ในภาคสนามเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2553 37
3.13	รายละเอียดของกล้องประมวลผลภาพที่นำมาศึกษา 40
3.14	มุมกล้องและตำแหน่งของบริเวณตรวจจับ (sensor) 42
3.15	ตัวอย่างข้อมูลและความหมายตัวแปรต่างๆจากระบบประมวลผลภาพ 43
3.16	ตัวอย่างภาพจากกล้องต้นทางและปลายทาง 47
3.17	ตัวแปรข้อมูลบนทางหลัก 51
3.18	ความเร็วเฉลี่ย 52
3.19	ความเร็วโดยถ่วงน้ำหนักจากปริมาณการจราจร 52
3.20	ความเร็วโดยวิธีชานอันโตนิโอ 53
3.21	ความเร็วโดยวิธีความเร็วที่จุดกึ่งกลาง 53

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 ข้อมูลปริมาณการจราจร	59
4.2 แผนภูมิลักษณะข้อมูลความเร็วแต่ละสถานี	64
4.3 แผนภูมิความสัมพันธ์ค่า TMS และ SMS แต่ละสถานีในพื้นที่ศึกษา	65
4.4 ข้อมูลความเร็ว	66
4.5 ตัวอย่างการจราจรช่วงที่มีความแตกต่างของข้อมูลในช่วงเวลาใกล้เคียงกันสูง	67
4.6 แผนภูมิปริมาณการจราจรและความเร็วแต่ละสถานี	68
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการจราจร	69
4.8 ตัวอย่างภาพการถอดข้อมูลเวลาการเดินทาง	72
4.9 ข้อมูลเวลาการเดินทางและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	73
5.1 รายละเอียดการกำหนดช่วงทาง	75
5.2 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาการเดินทางบนช่วงทางในแต่ละวิธี (SMS)	76
5.3 เวลาการเดินทางบนช่วงทางที่ได้จากวิธีประมาณเวลาเดินทางแต่ละวิธี (SMS)	79
5.4 เวลาการเดินทางด้วยวิธี Instantaneous (SMS)	82
5.5 เวลาการเดินทางด้วยวิธี TimeSlice (SMS)	83
5.6 ผลต่างวิธีการรวมเวลาการเดินทางแบบ Instantaneous และ Timeslice (SMS)	84
5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเดินทางและผลต่างของวิธีการรวม เวลาการเดินทาง (SMS)	85
5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างการรวมเวลาการเดินทางแบบ Instantaneous และ Timeslice (SMS)	86
5.9 ผลต่างวิธีการรวมเวลาการเดินทางแบบ Instantaneous และ Timeslice (SMS) ช่วง 6:00-10:00 น.	86
5.10 ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณเวลาการเดินทาง (SMS)	88
5.11 ค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ในการประมาณเวลาการเดินทาง (SMS)	89
5.12 การจัดเรียงเวลาการเดินทางเปรียบเทียบค่า MAPE (การรวมเวลาแบบ Instantaneous-SMS)	96
5.13 การจัดเรียงเวลาการเดินทางเปรียบเทียบค่า MAPE (การรวมเวลาแบบ Timeslice-SMS)	97

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.14 การเปรียบเทียบค่า MAPE ตามช่วงระยะเวลาการเดินทาง (การรวมเวลาแบบ Instantaneous-SMS)	98
5.15 การเปรียบเทียบค่า MAPE ตามช่วงระยะเวลาการเดินทาง (การรวมเวลาแบบ Timeslice-SMS)	98
5.16 การเปรียบเทียบค่า MAPE ตามช่วงระยะเวลาการเดินทาง (การรวมเวลาแบบ Instantaneous-SMS-นำข้อมูล 5:00-6:00 น. ออก)	100
5.17 การเปรียบเทียบค่า MAPE ตามช่วงระยะเวลาการเดินทาง (การรวมเวลาแบบ Timeslice-SMS-นำข้อมูล 5:00-6:00 น. ออก)	100
5.18 ตัวอย่างภาพในช่วงเวลาฝนตก	105
5.19 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาการเดินทางบนช่องทางในแต่ละวิธี (TMS)	106
5.20 เวลาการเดินทางบนช่องทางที่ได้จากวิธีประมาณเวลาเดินทางแต่ละวิธี (TMS)	108
5.21 เวลาการเดินทางด้วยวิธี Instantaneous (TMS).....	109
5.22 เวลาการเดินทางด้วยวิธี TimeSlice (TMS)	110
5.23 ผลต่างวิธีการรวมเวลาการเดินทางแบบ Instantaneous และ Timeslice (TMS).....	111
5.24 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเดินทางและผลต่างของวิธีการรวมเวลา การเดินทาง (TMS).....	112
5.25 ความสัมพันธ์ระหว่างการรวมเวลาการเดินทางแบบ Instantaneous และ Timeslice (TMS).....	113
5.26 ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณเวลาการเดินทาง (TMS).....	115
5.27 ค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ในการประมาณเวลาการเดินทาง (TMS).....	116
5.28 การจัดเรียงเวลาการเดินทางเปรียบเทียบค่า MAPE (การรวมเวลาแบบ Instantaneous-TMS)	121
5.29 การจัดเรียงเวลาการเดินทางเปรียบเทียบค่า MAPE (การรวมเวลาแบบ Timeslice-TMS).....	122
5.30 การเปรียบเทียบค่า MAPE ตามช่วงระยะเวลาการเดินทาง (การรวมเวลาแบบ Instantaneous-TMS)	123

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.31 การเปรียบเทียบค่า MAPE ตามช่วงระยะเวลาการเดินทาง (การรวมเวลาแบบ Timeslice-TMS).....	123
5.32 การเปรียบเทียบค่า MAPE ตามช่วงระยะเวลาการเดินทาง (การรวมเวลาแบบ Instantaneous-TMS-นำข้อมูล 5:00-6:00 น. ออก)	125
5.33 การเปรียบเทียบค่า MAPE ตามช่วงระยะเวลาการเดินทาง (การรวมเวลาแบบ Timeslice-TMS-นำข้อมูล 5:00-6:00 น. ออก).....	125
5.34 จำนวนสถานีเก็บข้อมูล – ความคลาดเคลื่อน	129
5.35 การกระจายตัวของค่าเวลาการเดินทาง.....	131
6.1 เวลาการเดินทางทั้งเส้นทางจากข้อมูลการคาดการณ์ทั้งหมด.....	134
6.2 ผลต่างวิธีการประมาณเวลาจากข้อมูลการคาดการณ์ทั้งหมด	135
6.3 เวลาการเดินทางทั้งเส้นทางโดยเริ่มจากข้อมูลในช่วงเวลาก่อนหน้า	140
6.4 ผลต่างวิธีการประมาณเวลาที่เริ่มจากข้อมูลที่มีในช่วงเวลาก่อนหน้า.....	141

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพัฒนาาระบบสารสนเทศ สำหรับผู้เดินทางเป็นหนึ่งในวิธีการที่นำระบบขนส่งและการจราจรอัจฉริยะมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มศักยภาพการเดินทาง ซึ่งข้อมูลพื้นฐานที่มีความสำคัญสำหรับกระบวนการตัดสินใจเลือกเส้นทางในการเดินทางสำหรับผู้เดินทางก็คือข้อมูลเวลาการเดินทาง โดยสามารถนำไปใช้ในการบริหารจัดการการจราจรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นได้ แต่ทว่าระบบสารสนเทศข้อมูลสำหรับผู้เดินทางที่มีประสิทธิภาพนั้น ลักษณะของข้อมูลเวลาการเดินทางที่ใช้ ควรจะเป็นข้อมูลแบบทันกาล เพื่อที่จะได้สามารถตอบสนองความต้องการทางด้านข้อมูลได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด แต่ทว่าปัจจุบันประเทศไทยยังขาดข้อมูลส่วนนี้ เนื่องจากยังไม่มีกระบวนการรวบรวมข้อมูลไว้อย่างเป็นระบบ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษา ทั้งทางด้านพัฒนาาระบบและเทคนิคในการเก็บข้อมูล เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพของถนนแต่ละประเภท รวมทั้งพัฒนาวิธีการในการคำนวณและพิจารณาตัวแปรข้อมูลการจราจรต่างๆ ให้ออกมามีความสอดคล้องกับสภาพความจริง

อุปกรณ์ ที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลการจราจรที่เกิดขึ้นในอดีตจนถึงปัจจุบันที่ผ่านมา มีหลากหลายประเภททั้งในส่วนของอุปกรณ์ตรวจจับประเภทต่างๆ อาทิ เช่น อุปกรณ์ขดลวดเหนียวนำ เครื่องตรวจจับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า อัลตราโซนิก หรืออุปกรณ์ที่ติดตั้งในยานพาหนะโดยตรง เช่น จีพีเอส หรือ Global Positioning System (GPS) อุปกรณ์แต่ละประเภทก็มีข้อดีข้อด้อยและความเหมาะสมในการนำไปใช้งานที่แตกต่างกันไปตามคุณสมบัติและข้อจำกัดของแต่ละอุปกรณ์ และเนื่องจากในปัจจุบันความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีมีเพิ่มมากขึ้น จึงมีการพัฒนากระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลการจราจรที่น่าสนใจอีกรูปแบบหนึ่งขึ้นมา โดยเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนากระบวนการทางด้านภาพเพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูล ซึ่งก็คือการประมวลผลภาพวีดิทัศน์ ที่สามารถรวบรวมทั้งในส่วนของคุณภาพการจราจรอีกทั้งสามารถใช้เพื่อติดตามดูสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นในแต่ละขณะจากภาพได้อีกด้วย จึงคาดว่าวิธีการดังกล่าวน่าจะมีศักยภาพสูงในการประยุกต์ใช้งานในอนาคต

การหาค่าเวลาการเดินทาง ในปัจจุบันได้มีผู้นำเสนอวิธีการขึ้นมาหลากหลาย แต่แตกต่างกันไปตามวิธีการในการเก็บข้อมูล และลักษณะประเภทของข้อมูลที่รวบรวมได้จาก อุปกรณ์แต่ละชนิด เช่น ค่าความเร็ว ปริมาณการจราจร เวลาในการเดินทาง เป็นต้น และรวมไปถึง วิธีคิดและทฤษฎีที่นำมาประยุกต์ใช้ โดยวิธีหาค่าเวลาเดินทางโดยทั่วไปนั้นสามารถจำแนก ออกได้ เป็น 2 ประเภท คือ การหาค่าเวลาการเดินทางโดยทางตรง เช่น การหาค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจาก Probe แต่ทว่าวิธีการดังกล่าวนี้ถึงแม้จะมีข้อมูลที่มีความแม่นยำสูง แต่จะมีปริมาณข้อมูลที่น้อย ในการที่จะนำมาใช้ในการทำงาน ดังนั้นส่วนใหญ่จึงนิยมใช้การหาค่าเวลาในแบบที่สอง ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าเวลาการเดินทางโดยทางอ้อมที่คำนวณเวลาในการเดินทางจากข้อมูลการจราจรอื่นๆ ที่รวบรวมได้แทน เนื่องจากสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้ในปริมาณที่มากกว่าจึงเหมาะสมและเพียงพอต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาต่างๆและนำไปใช้งานมากกว่านั่นเอง โดยในความเป็นจริงพบว่า วิธีการที่นิยมนำมาใช้จริง มักจะเป็นการคำนวณตามหลักการเบื้องต้น โดยคำนวณจากข้อมูลการจราจรโดยตรง เช่น การคำนวณหาค่าเวลาเดินทางจากข้อมูลความเร็วที่เก็บได้จากสถานีสำรวจ ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถหาค่าเวลาการเดินทางได้อย่างทันกาลเนื่องจากใช้เวลาในขั้นตอนการคำนวณและประมวลผลไม่สลับซับซ้อนเท่าใดนัก แต่ทว่าวิธีการดังกล่าวยังมีข้อจำกัดที่ทำให้ไม่สมบูรณ์สอดคล้องตามหลักการทางด้านทฤษฎีเท่าใดนัก อันเนื่องมาจากข้อจำกัดทางด้านต่างๆ เช่น ความสามารถในการเก็บรวบรวมข้อมูล ค่าใช้จ่าย ข้อจำกัดของอุปกรณ์ที่เลือกใช้ จึงเป็นสาเหตุทำให้ระดับความแม่นยำที่เกิดขึ้น มีความแม่นยำอยู่แค่ในระดับหนึ่ง ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่น่าจะทดลองนำวิธีการดังกล่าวที่มีการใช้อยู่ในต่างประเทศมาทดสอบ และประยุกต์ใช้กับสภาพการจราจรในประเทศไทยที่แตกต่างจากการจราจรในต่างประเทศ โดยปรับปรุงและประยุกต์ไปตามลักษณะของข้อมูลการจราจรที่เกิดขึ้นเพื่อที่จะเป็นการเพิ่มระดับของความแม่นยำในการหาค่าให้เหมาะสมและอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ในการนำมาใช้งานในประเทศไทยต่อไป

การศึกษา ที่ได้กล่าวมาทั้งหมดในข้างต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลแบบทันกาลและเรียนรู้ถึงหลักการและข้อจำกัดในการทำงานจริง การศึกษาครั้งนี้จึงจะแสดงขั้นตอนในการทำงานที่รวบรวมข้อมูลโดยเลือกใช้อุปกรณ์ประมวลผลภาพวิดิทัศน์ และวิธีการในการประมาณเวลาการเดินทาง โดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้จากเทคโนโลยีการประมวลผลที่สนับสนุนทางด้านอุปกรณ์ที่กำลังพัฒนาจากทางศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ โดยเน้นหนักไปถึงวิธีการในการคำนวณหาค่าเวลาการเดินทางโดยทางอ้อมจากค่าความเร็วที่เป็นที่นิยมนำมาใช้ในการหาเวลาการเดินทางในภาคสนามในปัจจุบัน โดยที่มาของค่าความเร็วที่นำมาใช้นั้นมีวิธีการคำนวณที่

หลากหลาย จึงน่าจะมีความเหมาะสมในการเลือกนำมาใช้งานที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงเป็นอีกจุดหนึ่งที่น่าสนใจในการลองเปิดถึงข้อมูลความแตกต่างดังกล่าว ที่จะส่งผลถึงการหาค่าเวลาการเดินทางโดยนำมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความถูกต้องในแต่ละวิธีกับข้อมูลเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริงที่ถอดได้จากการบันทึกเวลาด้วยคนจากภาพวิดีโอ ในช่วงเวลาและบริเวณตำแหน่งที่กำหนด โดยการศึกษานี้จะเสนอวิธีการประมาณเวลาการเดินทาง รวมไปถึงวิธีการปรับปรุงวิธีการเพื่อให้เกิดความแม่นยำที่มากขึ้น ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่สลับซับซ้อนและรองรับถึงความเหมาะสมที่จะเลือกนำไปใช้ตามสภาพโดยรวมของการเก็บข้อมูลในภาคสนามที่เกิดขึ้นจริงแบบทันทีทันใด และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง ใช้งานได้จริง อีกทั้งทำการวิเคราะห์ถึงลักษณะของข้อมูล ขอบเขตและข้อจำกัดที่พบเพื่อที่จะเป็นข้อมูลในการนำไปพัฒนาวิธีการในการเก็บข้อมูลเพื่อหาค่าเวลาการเดินทางบนทางพิเศษให้มีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ทบทวนแนวคิดทฤษฎี และการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการหาค่าเวลาการเดินทางที่มีการนำมาใช้จริงของการจราจรบนทางพิเศษ
2. ศึกษากระบวนการลักษณะและขอบเขตในการเก็บข้อมูลบนทางพิเศษด้วยการถอดข้อมูลจากภาพถ่ายวีดิทัศน์
3. ศึกษาและพัฒนาวิธีการในการเก็บข้อมูลการจราจร ที่มีความถูกต้องแม่นยำเหมาะสมกับสภาพการจราจรในประเทศไทย
4. หาค่าเวลาการเดินทางสำหรับเป็นข้อมูลให้แก่ผู้เดินทาง รวมทั้งนำไปใช้ในการบริหารจัดการการจราจรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษารุ่นนี้ เลือกใช้พื้นที่บริเวณทางพิเศษชั้นที่ 1 ช่วงด่าน ดาวคะนอง – ท่าเรือ เป็นพื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์ประมวลผลภาพเก็บรวบรวมข้อมูลการจราจร โดยเลือกใช้ข้อมูลการจราจรจากสถานีเก็บข้อมูลที่มีความพร้อมในการเก็บข้อมูลบนพื้นที่ดังกล่าว

ในส่วนของการศึกษาหาค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นบนทางพิเศษ ใช้ข้อมูลจากเทคโนโลยีประมวลผลภาพที่กำลังพัฒนาโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

แห่งชาติในการถอดภาพหาค่าการจราจรในแต่ละตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวอยู่ในช่วงการพัฒนา จึงเกิดความคลาดเคลื่อนและการขาดหายของข้อมูลในบางช่วงเวลาที่บ่อยครั้ง ดังนั้นต้องตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลก่อนนำมาใช้ โดยพบว่าข้อมูลที่มีความสมบูรณ์เพียงพอต่อการศึกษาเป็นข้อมูลเฉลี่ยในช่วงเวลา 5 นาทีโดยพบปริมาณข้อมูลที่ขาดหายต่ำอีกทั้งเป็นช่วงความถี่ข้อมูลเหมาะสมที่นิยมเลือกใช้ในแต่ละประเทศ โดยข้อมูลค่อนข้างสมบูรณ์และต่อเนื่องกันในช่วงเวลา 5:00 – 22:00 น. ของวันพุธที่ 9 มิถุนายน 2553 ซึ่งมีความยาวของเส้นทางจำนวนและระยะห่างระหว่างสถานีเหมาะสมเพียงพอในการนำมาใช้ ตามขั้นตอนของกระบวนการศึกษาที่กำหนดไว้

จากข้อจำกัดของข้อมูลการจราจรที่สามารถรวบรวมได้เฉพาะข้อมูลช่วงระยะห่างเวลาระหว่างยานพาหนะและความเร็วจากกลุ่มตัวอย่างยานพาหนะ ดังนั้นเมื่อจัดการข้อมูลจะสามารถหาค่าได้ในส่วนของ ความเร็วเฉลี่ย จำนวนยานพาหนะ และอัตราปริมาณการจราจร โดยมีข้อมูลครบบนช่องทางจราจรหลัก แต่ทว่ายังขาดข้อมูลบริเวณช่องทางเข้าออกเนื่องจากยังมีข้อจำกัดของข้อมูลอยู่ ดังนั้นวิธีการในการศึกษาครั้งนี้จึงจะดำเนินการและปรับปรุงประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมตามสภาพของข้อมูลที่มีอยู่ โดยใช้ค่าความเร็วรูปแบบต่างๆ ในการประมาณค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นเป็นหลักเพื่อให้ได้ข้อมูลแบบทันทีกาล และปรับปรุงทำการศึกษาเปรียบเทียบความแม่นยำเพื่อให้ได้วิธีการที่แม่นยำและเหมาะสมตามข้อจำกัดที่มีอยู่

1.4 ขั้นตอนการวิจัย

การศึกษาเกี่ยวกับการหาค่าเวลาการเดินทางบนทางพิเศษในครั้งนี้ สามารถแบ่งขั้นตอนในการศึกษาและวิจัยออกได้ ดังนี้

1. ทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการเก็บข้อมูลและหาค่าเวลาการเดินทางจากอุปกรณ์ตรวจนับการจราจรด้วยระบบประมวลผลภาพ
2. กำหนดพื้นที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการศึกษา
3. การติดตั้งอุปกรณ์ประมวลผลภาพวีดิทัศน์
4. การตรวจสอบและปรับแก้อุปกรณ์
5. การถอดข้อมูลการจราจร
6. การหาเวลาการเดินทางจริงด้วยวิธีการพิจารณาจากภาพวีดิทัศน์

7. พิจารณาลักษณะของข้อมูลที่รวบรวมได้
8. การหาค่าและวิเคราะห์เวลาการเดินทางบนช่องทาง
9. รวมค่าและวิเคราะห์เวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง
10. การวิเคราะห์และเปรียบเทียบลักษณะเวลาการเดินทางที่ได้ในแต่ละวิธี
11. การปรับปรุงวิธีการโดยประยุกต์ให้เหมาะสมกับลักษณะการจราจร
12. ตรวจสอบความแม่นยำและทำการเปรียบเทียบวิธีการ
13. ทดลองกระบวนการในกรณีนำไปใช้งานจริง
14. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. รับทราบถึงวิธีการ ขั้นตอน ขอบเขตและปัญหาในการเก็บข้อมูลโดยกระบวนการประมวลผลภาพวีดิทัศน์บนทางพิเศษ บริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา
2. รับทราบถึงลักษณะข้อมูลจราจรบนทางพิเศษในประเทศไทยในพื้นที่ศึกษา ว่ามีลักษณะความสัมพันธ์ ในแต่ละช่องทาง หรือในแต่ละช่วงเวลาเป็นอย่างไร
3. รับทราบถึงวิธีการหาค่าเวลาการเดินทางของการจราจรบนทางพิเศษที่ทันกาล ด้วยวิธีการคำนวณจากค่าความเร็วรูปแบบต่างๆ ที่นิยมนำมาใช้ในปัจจุบัน ที่ไม่สลับซับซ้อนและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ง่ายกับข้อมูลพื้นฐานที่รวบรวมได้จากอุปกรณ์โดยทั่วไป
4. รับทราบถึงความเหมาะสมและระดับความถูกต้องแม่นยำของการเก็บข้อมูล การหาค่าเวลาการเดินทาง รวมถึงเงื่อนไขการใช้แต่ละวิธีและสาเหตุของปัญหาที่พบในแต่ละขั้นตอน
5. ได้รับข้อมูลเวลาการเดินทางที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้เดินทาง ทั้งสามารถนำไปใช้ในการบริหารจัดการการจราจรให้มีประสิทธิภาพและใช้ในการศึกษาวิจัยอื่นๆในอนาคตต่อไป

1.6 ลำดับในการนำเสนอ

โครงสร้างวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหา 7 บท โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

บทที่ 1 เป็นส่วนของบทนำประกอบไปด้วยความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย ขั้นตอนการวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

บทที่ 2 เป็นการทบทวนผลงานที่ผ่านมา ประกอบด้วย การเก็บข้อมูลจราจร การประมาณเวลาการเดินทาง การปรับปรุงวิธีการประมาณเวลาการเดินทางให้เหมาะกับลักษณะการจราจร การเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลเวลาการเดินทาง

บทที่ 3 อธิบายวิธีดำเนินการวิจัย เริ่มจากการกำหนดพื้นที่ศึกษา ติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลด้วยระบบประมวลผลภาพ ถอดข้อมูล หาเวลาการเดินทางบนช่องทาง รวมเวลาทั้งเส้นทาง ปรับปรุงวิธีการประมาณเวลา วิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลและผลจากวิธีการประมาณเวลาการเดินทางในรูปแบบต่างๆ เพื่อศึกษาหาวิธีการประมาณเวลาการเดินทางที่เหมาะสม

บทที่ 4 แสดงรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ศึกษา ทั้งข้อมูลปริมาณการจราจร ข้อมูลความเร็ว ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการจราจรและความเร็ว และเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง

บทที่ 5 เป็นกระบวนการประมาณเวลาการเดินทางด้วยชุดข้อมูลที่สมบูรณ์ เพื่อใช้ในการพิจารณาผลของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากแต่ละวิธี ก่อนตัดสินใจเลือกวิธีการที่เหมาะสมไปพัฒนาประยุกต์ใช้ในการหาค่าเวลาการเดินทางแบบทันกาล

บทที่ 6 แนวทางการหาค่าเวลาการเดินทางแบบ Online โดยแสดงกระบวนการประมาณเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นในกรณีนำวิธีการประมาณไปใช้งานจริง ซึ่งต้องมีการคาดการณ์ข้อมูลขึ้นมา เพื่อนำมาใช้กับวิธีการประมาณเวลาการเดินทาง

บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ รวมถึงแนวทางการนำการศึกษาไปใช้

บทที่ 2

การทบทวนผลงานที่ผ่านมา

การประมาณเวลาการเดินทางบนทางพิเศษในเขตกรุงเทพมหานครจากการประมวลผลภาพวีดิทัศน์ในการศึกษาครั้งนี้ จากกระบวนการของขั้นตอนการศึกษาสามารถจำแนกหัวข้อที่น่าสนใจในการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ออกได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ คือ

1. การเก็บข้อมูลจราจร
2. การประมาณเวลาการเดินทาง
3. การปรับปรุงวิธีการประมาณเวลาการเดินทางให้เหมาะกับลักษณะการจราจร
4. การเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลเวลาการเดินทาง

ซึ่งเป็นการจำแนกตามขั้นตอนการหาค่าเวลาการเดินทางที่มีในการศึกษาและการประยุกต์ใช้งานทั่วไปในปัจจุบัน โดยรูปแบบวิธีการ การศึกษา แนวคิดและทฤษฎีจะมีความแตกต่างกันออกไป โดยมีรายละเอียดของหัวข้อดังกล่าว ดังนี้

2.1 การเก็บข้อมูลจราจร

Tomaz Kastelic และคณะ (2008) ได้ศึกษาเกี่ยวกับระบบข้อมูลแบบทันทีโดยได้จำแนกประเภทของแหล่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาออกได้เป็นกลุ่มดังนี้

- ข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับประเภทต่างๆ
- ข้อมูลที่สามารถหาได้จากบริเวณด้านเก็บค่าผ่านทาง เช่น จำนวนรถ
- ข้อมูลที่ได้จากสัญญาณระบบมือถือ (GSM, UMTS and GPRS)
- ข้อมูลที่ได้จากการติดตั้งอุปกรณ์ที่รถ
- ข้อมูลจากแหล่งอื่นๆ เช่น จากภาพถ่าย จากการบันทึกข้อมูลของตำรวจจราจรหรือหน่วยงานอื่นๆ

ข้อมูลการจราจรมีทั้งชนิดที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา และชนิดที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยในการพัฒนาระบบข้อมูลแบบทันทีนั้นจำเป็นต้องมีการรวบรวมข้อมูล และส่งต่อให้ผู้ใช้

ได้รับรู้ก่อนที่การเดินทางจะเริ่มขึ้น รวมทั้งในระหว่างที่เกิดการเดินทางด้วย โดยในปัจจุบันจากการสำรวจในประเทศเยอรมันนี้ พบว่าข้อมูลด้านเวลาการเดินทาง มีค่าความแม่นยำโดยเฉลี่ยเพียง 30 เปอร์เซ็นต์ จึงจำเป็นต้องพัฒนาในด้านนี้ให้มากยิ่งขึ้น โดยได้แสดงตัวอย่างข้อมูลสำหรับผู้ใช้ที่สามารถรวบรวมได้จากอุปกรณ์ต่างๆ ไว้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ประเภทของข้อมูลจากแต่ละอุปกรณ์

ข้อมูล	ที่มา
ปริมาณการจราจร	ขดลวดเหนี่ยวนำ, เครื่องตรวจจับไมโครเวฟ, กล้องตรวจจับภาพ
ความเร็ว	ขดลวดเหนี่ยวนำ, เครื่องตรวจจับไมโครเวฟ, กล้องตรวจจับภาพ
เวลาการเดินทาง	ไม่ระบุ
ภาพ	ทีวีวงจรปิด
จุดเริ่มต้น-สิ้นสุด	Ljubljana model
อุปกรณ์และการปิดถนน	www.promet.si. Http://zapore.gis.ljubljana.si/
เหตุการณ์	ไม่ระบุ
ฐานข้อมูล	Directorate of the Republic of Slovenia for Roads, Ljubljana CITY
สภาพอากาศ	สถานีตรวจอากาศ
แผนที่โต้ตอบ	www.promet.si

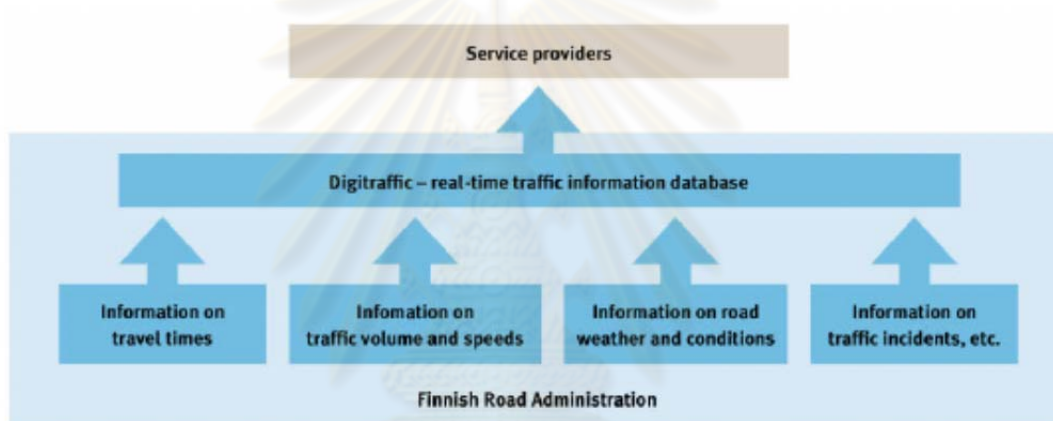
ที่มา: Tomaz Kastelic และคณะ (2008)

จากตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่าประเภทของข้อมูลที่รวบรวมได้นั้นมีความแตกต่างกันออกไปตามชนิดของอุปกรณ์ ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับความต้องการของข้อมูลที่จะนำไปใช้ โดยมีขอบเขตข้อจำกัดตามแต่ละการศึกษาและการทำงานนั่นเอง จากการศึกษาสรุปได้ว่าข้อมูลจราจรแบบทันกาลที่ดี ข้อมูลต่างๆ ควรที่จะมีการรวบรวมไว้ในแหล่งเดียวกัน เพื่อที่ว่าข้อมูลจะได้ไม่กระจัดกระจาย และผู้ใช้สามารถเข้าถึงเพื่อนำไปใช้ได้สะดวก

การศึกษาค่าเวลาการเดินทางส่วนใหญ่มักจะนิยมใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้จากขดลวดเหนี่ยวนำ แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าขึ้น จึงได้มีการพัฒนาวิธีการใหม่ๆ ขึ้นมาใช้งาน Pasi Halttunen และ Reijo Prokkola (2008) ได้กล่าวถึงโครงการที่จะพัฒนาข้อมูลจราจรแบบทันกาลในประเทศฟินแลนด์ โดยหน่วยงาน Finnish Road Administration ซึ่งมีโครงการที่จะติดตั้งกล้องเก็บข้อมูลในถนนสายต่างๆ ภายในประเทศ เพื่อหาเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นโดยแบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. การตรวจจับเวลาการเดินทางแบบทันที
2. ฐานข้อมูลการจราจรแบบทันที (Digitraffic)

ซึ่งก็คือการติดตั้งอุปกรณ์รวบรวมข้อมูลเพื่อหาระยะเวลาการเดินทางจริง และจัดทำฐานข้อมูลการจราจรแบบทันที โดยเรียกว่า Digitraffic โดยข้อมูลที่ต้องการได้แก่ ข้อมูลปริมาณการจราจร ข้อมูลเวลาการเดินทางในแต่ละเส้นทาง โดยมีรูปแบบแนวคิดในการรวบรวมข้อมูล จัดทำฐานข้อมูล เพื่อที่จะทำการพัฒนาข้อมูลการจราจรให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นแล้วส่งต่อข้อมูลไปยังผู้ใช้ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แหล่งที่มาของการบริการข้อมูลการจราจรแบบทันที
ที่มา: Pasi Halttunen และ Reijo Prokkola (2008)

โดยวางแผนหาค่าระยะเวลาการเดินทางบนถนนแต่ละช่วง จากข้อมูลที่ได้รับจากกล้องอินฟราเรดรูปที่ 2.2 ซึ่งจะติดตั้งมากกว่า 500 จุดภายในเส้นทางโครงการ ดังรูปที่ 2.3 โดยติดตั้งทุกระยะ 3-5 กม. ในถนนเขตเมือง และ 20-40 กม. ในถนนเขตพื้นที่ชนบท ซึ่งค่าตัวแปรที่จะนำมาใช้หาระยะเวลาการเดินทางนั้นจะเป็นค่าที่เฉลี่ยของข้อมูลที่ทำกรรวบรวมทุกๆ ช่วง 5 นาที



รูปที่ 2.2 ชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูลเวลาการเดินทาง
ที่มา: Pasi Halttunen และ Reijo Prokkola (2008)



รูปที่ 2.3 โครงข่ายถนนที่ติดตั้งระบบการหาเวลาการเดินทาง
ที่มา: Pasi Halttunen และ Reijo Prokkola (2008)

Steve Robinson และ John Polak (2004) ศึกษาเวลาการเดินทางบนถนนในเขตเมือง โดยกล่าวว่าถนนบนทางด่วนต่างจากถนนในเขตเมืองเนื่องจากการวิ่งหลายช่องจราจรในทิศทางเดียวมีการควบคุมทิศทางการวิ่งและสามารถวิ่งได้ด้วยความเร็วคงที่ที่ค่อนข้างสูง และได้กล่าวถึงประสิทธิภาพของระบบการหาเวลาการเดินทางจากการเก็บข้อมูลจราจรด้วยระบบ Global Positioning System (GPS) ระบบ Automatic Number Plate Recognition systems (ANPR) และระบบ Remote Sensing โดยเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียไว้ดังตารางที่ 2.2 ซึ่งพบว่าอุปกรณ์แต่ละประเภทก็มีประสิทธิภาพในการทำงานตามรูปแบบของลักษณะข้อมูลการจราจรที่ต้องการ แตกต่างกันไป แต่อย่างไรก็ดีการสำรวจเวลาในการเดินทางบนช่วงทางด้วยระบบรายงานตำแหน่งด้วยพิกัดดาวเทียม การบันทึกและจับคู่หมายเลขป้ายนั้น ต่างก็เป็นการเก็บข้อมูลสู่มาจากตัวอย่างรถยนต์แค่บางส่วนที่แล่นผ่านช่วงทางไม่ใช่ข้อมูลการจราจรทั้งหมด

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบระบบ GPS ANPR และ Remote Sensing

เทคโนโลยี	ความสามารถในการระบุเวลาเข้าออกจากช่วงทาง	ความสามารถในการตรวจสอบยานพาหนะที่เดินทางระหว่างจุด A-B	ความสามารถในการจับประชากรยานพาหนะ
GPS	ต่ำจนถึงปานกลาง - ขึ้นอยู่กับความละเอียดของแผนที่และโปรแกรม	ปานกลาง - ขึ้นอยู่กับการอนุมาน	ต่ำ - ยานพาหนะที่ติดตั้งระบบ GPS มีจำนวนน้อย
ANPR	ดี	ต่ำ - ขึ้นอยู่กับการอนุมาน	ดี - ตรวจจับได้เกินกว่า ร้อยละ 80
Remote Sensing	ปานกลางถึงดี - ขึ้นอยู่กับความละเอียดของภาพและโปรแกรมประมวลผลภาพ	ดี - ภาพแสดงยานพาหนะที่เดินทางบนช่วงทาง	ดี - ภาพชัดเจน ไม่มีข้อมูล - ไม่มีภาพหรือมีเมฆบดบังถนน

ที่มา: Steve Robinson และ John Polak (2004)

จาก Traffic Detector Handbook (2006) พบว่าวิธีการในการเก็บข้อมูลจราจรแต่ละรูปแบบมีจุดเด่นจุดด้อยและลักษณะของข้อมูลที่ได้แตกต่างกัน โดยให้ค่าความแม่นยำระดับความละเอียดของข้อมูลรวมถึงปริมาณข้อมูลที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับความสามารถและข้อจำกัดของแต่ละอุปกรณ์ ดังนั้นในการทำงานจึงต้องพิจารณาเลือกใช้วิธีการและอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลที่ต้องการ

2.2 การประมาณเวลาการเดินทาง

วิธีการหาค่าเวลาการเดินทาง ปัจจุบันได้มีการคิดและนำเสนอวิธีการในรูปแบบต่างๆ ขึ้นมามากมาย ซึ่งวิธีการที่เลือกใช้ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับประเภทของข้อมูลที่สามารถรวบรวมได้จากอุปกรณ์เก็บข้อมูลแต่ละประเภท และลักษณะของพื้นที่ในการศึกษา แต่ทว่าวิธีการที่นำมาประยุกต์ใช้จริงส่วนใหญ่ นั้น มักจะนิยมใช้กระบวนการที่สะดวก รวดเร็วที่สามารถให้ผลของค่าเวลาในการเดินทางที่แม่นยำในระดับที่ยอมรับได้มาใช้ในการทำงานมากกว่าการที่จะพยายามทำให้ค่ามีความแม่นยำมากแต่ไม่สามารถตอบสนองการให้ข้อมูลแบบทันกาลได้ ซึ่งในการประมาณเวลาการเดินทางนั้นจะแบ่งตามข้อมูลที่นำมาใช้โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

- การประมาณค่าเวลาการเดินทางโดยตรง
- การประมาณค่าเวลาการเดินทางโดยทางอ้อม

ในส่วนนี้จึงจะสรุปหัวข้อในการการทบทวนเรื่องการประมาณเวลาการเดินทางตามประเด็นดังต่อไปนี้ คือ

- ตัวอย่างพื้นที่ศึกษาที่มีการประมาณเวลาการเดินทาง
- การประมาณค่าเวลาการเดินทางโดยตรง
- การประมาณค่าเวลาการเดินทางโดยทางอ้อมจากความเร็ว
- การประมาณเวลาการเดินทางโดยทางอ้อมจากปริมาณการจราจร

2.2.1 ตัวอย่างพื้นที่ศึกษาที่มีการประมาณเวลาการเดินทาง

Sirisha M. Kothuri และคณะ (2007) ได้สำรวจวิธีการในการเก็บข้อมูลและหาค่าเวลาการเดินทางที่มีการนำมาใช้จริงในปัจจุบันในพื้นที่ต่างๆ พบว่าจากการศึกษาในอดีตที่ผ่านมา เปอร์เซ็นต์ของค่าความคลาดเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้ในการจะนำข้อมูลไปใช้ อยู่ที่ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ โดยตัวอย่างพื้นที่ที่มีการเก็บข้อมูลและหาค่าเวลาการเดินทาง เพื่อแสดงเป็นข้อมูลให้แก่ผู้เดินทางที่มีการดำเนินการจริงแล้ว ได้แก่

Portland, Oregon จัดทำระบบป้ายแจ้งเวลาการเดินทาง มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลทุกกระยะ 2-3 นาที โดยใช้ข้อมูลความเร็วจากอุปกรณ์ขดลวดเหนี่ยวนำแบบคู่ มาทำการหาค่าเวลาการเดินทาง ด้วยการคำนวณจากสัดส่วนของระยะทางต่อความเร็ว ที่บริเวณช่วงกึ่งกลางของถนน

Seattle, Washington ทำการประมาณหาค่าเวลาการเดินทางจากค่าการครอบครองถนนของยวดยาน ที่เก็บได้จากอุปกรณ์ขดลวดเหนี่ยวนำที่ติดตั้งทุกกระยะ 0.25 – 0.5 ไมล์ โดยประมาณเวลาการเดินทางในแต่ละช่วงจากความเร็วและระยะทางในแต่ละจุด โดยค่าที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบและปรับแก้กับข้อมูลสถิติที่ได้เก็บรวบรวมไว้ ค่าที่ได้จะแสดงบนป้ายข้อความ โดยเปลี่ยนแปลงข้อมูลทุก 2 นาที พบว่าความถูกต้องที่ได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

Minneapolis – St. Paul, Minnesota ใช้ค่าความเร็วที่คำนวณจากปริมาณการจราจร และค่าการครอบครองถนนของยวดยาน ที่ได้จากอุปกรณ์ขดลวดเหนี่ยวนำที่ติดตั้งทุกกระยะ 0.5 ไมล์ ในการประมาณเวลาการเดินทาง โดยใช้ขั้นตอนวิธีจุดกึ่งกลางที่ถูกแก้ไขในการประมาณเวลาการเดินทางจากค่าความเร็ว และควบคุมแสดงผลบนป้ายข้อความ โดย The Minnesota DOT's Traffic Management Center (TMC) พบว่าค่าเวลาที่ได้อ่อนช้อยจะแม่นยำ ยกเว้นในช่วงที่สภาพการจราจรกำลังเปลี่ยนแปลง

Chicago, IL ติดตั้งอุปกรณ์ขดลวดเหนี่ยวนำ ทุกกระยะ 0.5 ไมล์โดยสามารถบันทึกปริมาณการจราจร ค่าการครอบครองถนนของยวดยาน และความเร็ว จากการคำนวณค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลในภาคสนาม แล้วจึงคำนวณเวลาการเดินทางจากระยะทางหารด้วยความเร็ว โดยค่าที่ได้มีความแม่นยำบวกลบ 2 นาทีจากค่าจริงที่เกิดขึ้น

San Francisco – Bay Area, CA ใช้ข้อมูลเวลาการเดินทางที่ถูกประมาณจากข้อมูลหลายๆ แหล่ง ทั้งข้อมูลจากอุปกรณ์ขดลวดเหนี่ยวนำ การระบุยานพาหนะจากบัตรค่าธรรมเนียมผ่านทาง และ ขดลวดเหนี่ยวนำตรวจจับค่าความเร็วแบบจุด โดยประยุกต์รวมข้อมูลจากทั้งสามแหล่งในการคาดการณ์เวลาการเดินทางที่เกิดขึ้น โดยมีการเช็คความถูกต้องจากบุคคลที่สามพบว่าค่าที่ได้มีความผิดพลาดน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์

Milwaukee, WI ติดตั้งอุปกรณ์ขดลวดเหนี่ยวนำทุกกระยะ 0.25 ไมล์ในเขตเมือง โดยเวลาการเดินทางคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างระยะทางด้วยความเร็ว โดยความเร็วเป็นค่าเฉลี่ยในแต่ละ

จุด โดยเวลาการเดินทางที่คำนวณได้จากโปรแกรมจะแสดงผลบนเว็บไซต์ทุก 2 นาทีและแสดงผลบนป้าย ทุกๆนาที โดยความผิดพลาดที่พบบางครั้งจะถูกแจ้งเข้ามาโดยประชาชน เช่น มีค่าไม่ปรากฏ หรือผิดพลาด

Houston, TX เก็บข้อมูลเวลาการเดินทางจากการระบุนยานพาหนะจากบัตรค่าธรรมเนียมผ่านทางที่มีตัวอ่านค่ามากกว่า 200 จุดตามด่านเก็บค่าผ่านทาง โดยอ่านค่าจากผู้ใช้ทางกว่า 2 ล้านคนแล้วประมวลผลแสดงเวลาการเดินทางบนป้ายแสดงข้อความทุก 10 นาที โดยโปรแกรมที่ทำการพัฒนาขึ้นโดย Texas Transportation Institute (TTI) และ Southwest Research Institute (SWRI) เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้ใช้นำไปใช้ในการตัดสินใจเลือกเส้นทางในการเดินทาง

Nashville, TN ใช้อุปกรณ์ Remote Traffic Microwave Sensor (RTMS) ติดตั้งทุกระยะ 0.25 ไมล์ในการรวบรวมข้อมูล แล้วคำนวณหาเวลาการเดินทางจากระยะทางและความเร็วเฉลี่ยที่หามาได้ โดยจะแสดงเวลาการเดินทางของจุดหมายที่อยู่ในระยะไม่เกิน 5 ไมล์จากป้ายแสดงข้อความ โดยแสดงค่าทุกช่วง 2-3 นาที

Atlanta, GA ใช้ระบบการตรวจจับภาพวีดิทัศน์ในการบันทึกคำนวณหาความเร็วและปริมาณการจราจร จากนั้นส่งข้อมูลเข้าสู่ศูนย์ควบคุมการจราจร แล้วจึงแสดงค่าบนป้ายแสดงข้อความ โดยคำนวณเวลาการเดินทางระหว่างช่วงเวลา 6.00 - 21.00 น. จากความเร็วเฉลี่ยที่เก็บได้

San Antonio, TX คำนวณเวลาการเดินทางจาก ความเร็วที่รวบรวมด้วยอุปกรณ์ขดลวดเหนี่ยวนำ และ ระบบการตรวจจับภาพวีดิทัศน์ ที่ติดตั้งทุกระยะ 0.5 ไมล์ โดยวิธีการคำนวณจะสมมติโดยทำการกำหนดแบ่งช่วงระยะตามสถานีเก็บข้อมูล จากนั้นทำการเลือกความเร็วค่าที่ต่ำกว่ามาใช้ในการคำนวณ จากสัดส่วนระยะทางหารด้วยความเร็วโดยจะแสดงเวลาการเดินทางของจุดหมายที่อยู่ในระยะไม่เกิน 5-10 ไมล์จากป้ายข้อความ

Toronto, CA ใช้อุปกรณ์ขดลวดเหนี่ยวนำที่ติดตั้งทุกระยะ 1/3 ไมล์ ในการเก็บค่าความเร็วมาใช้คำนวณหาเวลาการเดินทาง จากอัตราส่วนระยะทางหารด้วย และเมื่อเวลาการเดินทางที่ได้มากกว่า 40 นาที ป้ายจะไม่แสดงเวลาแต่แสดงข้อความ “stop and go conditions”

จากการศึกษาพบว่าแต่ละพื้นที่ก็จะใช้อุปกรณ์และเทคนิคที่แตกต่างกัน แต่ส่วนใหญ่จะนิยมใช้วิธีการที่ประยุกต์จากข้อมูลที่รวบรวมได้จากขดลวดเหนี่ยวนำในการเก็บข้อมูล ทางด้านการหาเวลาการเดินทางมักจะคำนวณด้วยวิธีการคำนวณที่จุดกึ่งกลางของถนน โดยบางแห่งที่มีการกระจายข้อมูลนี้ไปให้หน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง แต่ละแห่งก็จะมีการพัฒนาวิธีการ เพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำขึ้น แตกต่างกันไปโดยบางพื้นที่ได้มีการเผยแพร่ข้อมูลเวลาการเดินทางออกสู่สาธารณะชนและมีมาตรฐานเกี่ยวกับความแม่นยำของข้อมูลที่ได้แต่ทว่าในบางพื้นที่ก็ยังไม่มีการเผยแพร่ในส่วนนี้ออกมา

2.2.2 การประมาณค่าเวลาการเดินทางโดยตรง

การประมาณค่าเวลาการเดินทางสามารถกระทำได้โดยตรง โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากยานพาหนะทดสอบหรือ Probe ที่แล่นบนเส้นทางที่ต้องการทราบค่าเวลาการเดินทาง หรือแม้กระทั่งการสำรวจในสนามเพื่อบันทึกเวลาและป้ายทะเบียนของรถยนต์ที่แล่นผ่านในแต่ละจุด และจับคู่เพื่อประมาณเวลาการเดินทางผ่านในแต่ละจุดสำรวจ อีกทั้งสามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากยานพาหนะที่ติดตั้งอุปกรณ์บอกพิกัดจีพีเอส ซึ่งสามารถประมาณเวลาการเดินทางผ่านช่วงทางได้จากสมการที่ (2.1)

$$tt_p = \frac{\sum_{n=1}^N (t_d^n - t_u^n)}{N} \quad (2.1)$$

เมื่อ tt_p คือระยะเวลาการเดินทางบนช่วงทางที่ได้จากยานพาหนะที่ติดตั้งจีพีเอส t_u^n คือเวลาที่ยานพาหนะทดสอบแล่นผ่านจุดต้นทางของช่วงทาง t_d^n คือเวลาที่ยานพาหนะทดสอบแล่นผ่านจุดปลายทางของช่วงทาง และ N คือจำนวนของยานพาหนะทดสอบที่วิ่งผ่านช่วงทาง

2.2.3 การประมาณค่าเวลาการเดินทางโดยทางอ้อมจากความเร็ว

วิธีการคำนวณที่นิยมใช้ทั่วไปนั้นมักจะใช้ค่าความเร็ว ในการคำนวณหาเวลาการเดินทาง โดย Lianyu Chu, Jun-Seok Oh และ Will Recker (2005) ที่ประยุกต์ใช้วิธี Kalman Filter for Data Fusion ในการศึกษา ได้กล่าวถึงเกี่ยวกับวิธีการที่คำนวณด้วยความเร็วไว้ โดยใช้สมการเบื้องต้นในการหาค่าความเร็วเฉลี่ยของ Gerlough, D. และ M. Huber (1975)

$$\bar{v} = \frac{\sum_{n=1}^N \left\{ \min(x_{t+1}^n, x_d) - \max(x_t^n, x_u) \right\}}{\sum_{n=1}^N \left\{ \min(t+1, t_d^n) - \max(t, t_u^n) \right\}} \quad (2.2)$$

โดยกำหนดให้

N = จำนวนรถที่ผ่านช่องทางภายในระยะเวลาที่ศึกษา

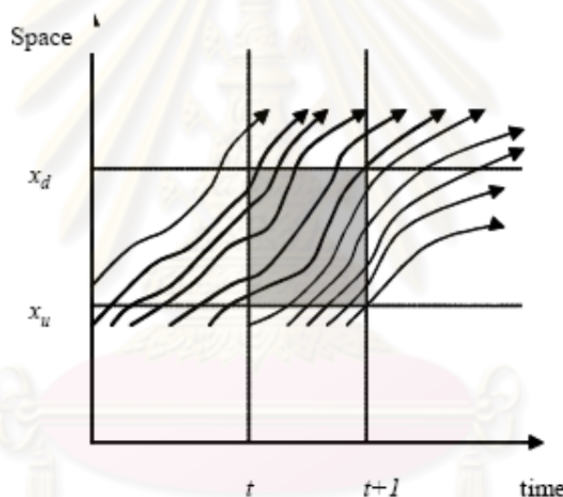
x_t^n = ตำแหน่งของรถคันที่ n ที่เวลา t

x_u = ตำแหน่งของขอบเขตขาเข้า

x_d = ตำแหน่งของขอบเขตขาออก

t_d^n = เวลาที่รถคันที่ n ผ่านขอบเขตขาออก

t_u^n = เวลาที่รถคันที่ n ผ่านขอบเขตขาเข้า



รูปที่ 2.4 ลักษณะเวลาและระยะทางในแต่ละช่วงเวลาเดินทาง

ซึ่งมีรูปแบบการเคลื่อนตัวของยานพาหนะดังรูปที่ 2.4 จากนั้นจึงคำนวณหาระยะเวลาการเดินทางซึ่งจะได้เป็นค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจริงในบริเวณที่ศึกษาจากสมการที่ (2.3)

$$t_s = \frac{x_d - x_u}{\bar{v}} = \frac{\Delta x}{\bar{v}} \quad (2.3)$$

ซึ่งในกระบวนการหาค่าเวลาการเดินทางที่กำหนดให้ตำแหน่งที่เก็บข้อมูลเป็นจุดกึ่งกลางของช่องทางที่พิจารณานั้น จะหาค่าเวลาการเดินทางจากสมการข้างต้นด้วยเช่นกัน

ตัวอย่างวิธีการประมาณเวลาการเดินทางจากค่าความเร็วด้วยวิธีการเก็บข้อมูล จากอุปกรณ์ขดลวดเหนี่ยวนำ ของ Wang, Y. และ Nancy L. N. (2000) และ Hellinga, B. R. (2002) ที่ได้ศึกษาและพัฒนาการหาค่าความเร็วเฉลี่ยในแต่ละช่องทางบนทางพิเศษ กำหนดให้

$$v = \frac{\sum_{i=1}^L (q_i * v_i)}{\sum_{j=1}^L q_j} \quad (2.4)$$

โดย L คือจำนวนช่องจราจร q_i และ v_i คือปริมาณจราจรและความเร็วที่เก็บได้ในแต่ละช่องจราจร i และ j

จากนั้นหาค่าเวลาการเดินทางโดย Chen, C. (2003) กำหนดให้ Δx คือ ระยะของช่วงทางที่ประมาณเวลาการเดินทาง ส่วน V_u และ V_d เป็นความเร็วเฉลี่ยตำแหน่งจุดเริ่มและจุดปลายของช่วงทางตามลำดับจะได้ว่า

$$tt_l = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta x}{v_u} + \frac{\Delta x}{v_d} \right) \quad (2.5)$$

ซึ่งจะเหมือนกับการประมาณเวลาการเดินทางจากค่าเฉลี่ยของความเร็วนั่นเอง

โดยสรุปการประมาณค่าเวลาการเดินทางยังสามารถคำนวณได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและความเร็วเฉลี่ยของการจราจรบนช่วงทางที่ต้องการประมาณค่าเวลาการเดินทาง ดังสมการที่ (2.6)

$$tt_s = \frac{\square x}{\tilde{v}_s} \quad (2.6)$$

เมื่อ tt_s คือระยะเวลาการเดินทางบนช่วงทาง $\square x$ คือระยะทางของช่วงทาง และ \tilde{v}_s คือความเร็วเฉลี่ยของการจราจรที่แล่นผ่านบนช่วงทาง

จากสมการที่ (2.6) จะเห็นได้ว่าความน่าเชื่อถือของค่าประมาณเวลาเดินทางนั้น ขึ้นกับความแม่นยำของค่าความเร็วเฉลี่ยของการจราจรที่แล่นบนช่วงทาง ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับการประมาณความเร็วเฉลี่ยของการจราจรบนช่วงทางเพื่อจะส่งผลให้ค่าประมาณเวลาการเดินทางบนช่วงทางมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ และจากการทบทวนพบว่าวิธีการ

ประมาณความเร็วเฉลี่ยบนช่วงทางนั้นสามารถอาศัยข้อมูลการจราจรที่วัดได้จากสถานีตรวจนับค่าการจราจรภาคสนามในหลายรูปแบบ อาทิ เช่น จากขดลวดเหนี่ยวนำแบบคู่ อัลตราโซนิก และระบบประมวลผลภาพวิดีโอ เป็นต้น โดยข้อมูลการจราจรที่สามารถวัดได้จากอุปกรณ์ดังกล่าว ได้แก่ ปริมาณการจราจร ความเร็วของยาน และการครอบครองถนนของยาน

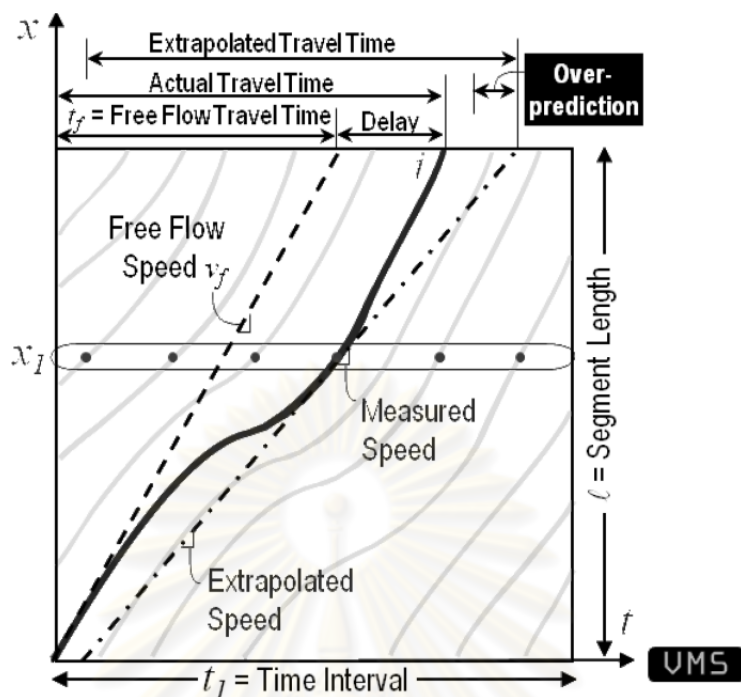
โดยวิธีในการประมาณค่าความเร็วที่ใช้ในทางปฏิบัติมีหลายวิธี ได้แก่ วิธีการประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยจากค่าที่วัดได้จากตัวตรวจนับบริเวณกึ่งกลางของช่วงทาง วิธีการประมาณจากการเฉลี่ยค่าความเร็วจากตัวตรวจนับต้นและปลายของช่วงทาง วิธีการประมาณจากการเฉลี่ยน้ำหนักการจราจรจากตัวตรวจนับต้นและปลายของช่วงทาง และวิธีการประมาณแบบซานอันโตนิโอ โดยสามารถสรุปรายละเอียดของแต่ละวิธีโดยสังเขปได้ดังนี้

วิธีที่ 1 การประมาณความเร็วเฉลี่ยโดยใช้ค่าจากตัวตรวจนับกึ่งกลางแทนช่วงทาง

โดยสมมติให้ความเร็วเฉลี่ยของการจราจรนั้นสม่ำเสมอตลอดทั้งช่วงของถนน ความเร็วของยานที่วัดได้จากจุดสำรวจบริเวณจุดกึ่งกลางของช่วงทาง \tilde{v}_{mid} จึงเทียบเท่ากับความเร็วเฉลี่ยของการจราจร v_{TMS} บนช่วงทางนั้นๆ ดังสมการที่ (2.7)

$$\tilde{v}_{mid} \approx v_{TMS} \quad (2.7)$$

โดยลักษณะของเวลาการเดินทางบนช่วงทางที่หาจากความเร็วที่ได้จากสถานีสำรวจจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.5 โดยระยะเวลาที่เกิดขึ้นจริงนั้นจะใช้เวลามากกว่าเวลาที่คำนวณจากความเร็วในสภาพการจราจรปกติและแตกต่างจากเวลาการเดินทางที่คำนวณได้จากความเร็วบริเวณจุดสำรวจ ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของสถานีว่าวัดความเร็วของยานพาหนะในช่วงความเร็วใด



รูปที่ 2.5 ลักษณะของเวลาการเดินทางบนช่วงทาง

วิธีที่ 2 การประมาณโดยเฉลี่ยค่าความเร็วจากตัวตรวจนับต้นและปลายของช่วงทาง

ใช้ความเร็วบริเวณที่รถเข้าและบริเวณที่รถออก ที่หาได้จากสถานีเริ่มต้นและสิ้นสุดในการเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของค่าความเร็ว \tilde{v}_{avg} บนช่วงทางที่พิจารณา ดังสมการที่ (2.8)

$$\tilde{v}_{avg} = \frac{v_{up} + v_{down}}{2} \quad (2.8)$$

ซึ่งเป็นการกระจายค่าความเร็วที่จุดเริ่มต้น v_{up} และความเร็วที่จุดสิ้นสุด v_{down} ของช่วงทาง เพื่อให้ได้ค่าที่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น แต่ทว่าปริมาณการจราจรในแต่ละจุดนั้นอาจแตกต่างกัน ซึ่งจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าที่ได้ไม่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงเท่าใดนัก

วิธีที่ 3 การประมาณโดยเฉลี่ยค่าความเร็วตามการจราจรที่ตัวตรวจนับต้นและปลายของ ช่วงทาง

ใช้ความเร็วที่ได้จากสถานีเก็บข้อมูลการจราจรทั้ง 2 ด้าน เฉลี่ยตามปริมาณการจราจรที่นับได้ในแต่ละจุด เพื่อเป็นตัวแทนของค่าความเร็วบนช่วงทาง \tilde{v}_{weight} ที่พิจารณา ดังสมการที่ (2.9)

$$\tilde{v}_q = \tilde{v}_{weight} = \frac{q_{up}v_{up} + q_{down}v_{down}}{q_{up} + q_{down}} \quad (2.9)$$

v_{up} q_{up} คือความเร็วและปริมาณการจราจรที่จุดเริ่มต้นของช่วงทาง v_{down} q_{down} คือความเร็วและปริมาณการจราจรที่จุดสิ้นสุดของช่วงทาง การนำปริมาณจราจรมาปรับปรุงวิธีการหาค่าความเร็วนั้นจะทำให้ค่าความเร็วมีความแม่นยำเพิ่มขึ้นในอีกระดับหนึ่ง แต่ทว่าความเป็นจริงแล้วค่าดังกล่าวก็ยังไม่ถูกต้องเท่าใดนัก เนื่องจากในแต่ละจุดบนช่วงทางก็จะมีปริมาณความหนาแน่นของการจราจรที่แตกต่างกันไป รวมทั้งความเร็วของรถแต่ละคันบนท้องถนนก็ไม่เท่ากันอีกด้วย

วิธีที่ 4 การประมาณแบบซานอันโตนิโอ

อาศัยข้อมูลความเร็วที่วัดได้จากจุดต้นทางและปลายทางของช่วงทางโดยใช้ความเร็วบนปลายถนนด้านที่มีความเร็วต่ำกว่า \tilde{v}_{san} เป็นตัวแทนของค่าความเร็วบนช่วงทางที่พิจารณา ดังสมการที่ (2.10)

$$\tilde{v}_{san} = \min(v_{up}, v_{down}) \quad (2.10)$$

การเลือกนำค่าความเร็วที่ต่ำกว่าจากบริเวณจุดรถขาเข้าหรือขาออก มาเป็นตัวแทนของความเร็วถนนทั้งเส้นนั้น ค่อนข้างจะเป็นวิธีการที่ไม่สอดคล้องกับสภาพความจริงของการจราจรที่เกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบจากวิธีการทั้งหมดที่ได้กล่าวมา

จากวิธีการที่กล่าวมาทั้งสี่วิธี วิธีแรกซึ่งใช้ค่าความเร็วที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดแทนค่าความเร็วเฉลี่ยของช่วงทางเลยนั้น สามารถใช้เป็นตัวแทนได้เมื่อช่วงทางนั้นๆ มีระยะทางสั้นและความแปรปรวนของการจราจรบริเวณช่วงทางนั้นมีไม่มาก แต่เมื่อช่วงทางยาวมาก การใช้

ความเร็วที่กึ่งกลางของช่วงทางจึงไม่เหมาะสมในการเป็นตัวแทนค่าเฉลี่ยความเร็วของการจราจรบนช่วงทาง สำหรับสามวิธีที่เหลือนั้นประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยของการจราจรบนช่วงทางโดยอาศัยสมมติฐานที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นค่าความเร็วเฉลี่ยของการจราจรบนช่วงทางที่ได้จากวิธีการทั้งสามวิธีจึงน่าจะมีความแตกต่างกัน ซึ่งการเข้าใจถึงความแตกต่างและเรียนรู้ถึงข้อจำกัดของแต่ละวิธีนั้น จะต้องทำการศึกษาและทดลองนำไปใช้ เพื่อทดสอบเปรียบเทียบค่าประมาณความเร็วเฉลี่ยของการจราจรบนช่วงทางในแต่ละวิธี ซึ่งจะกล่าวถึงในการศึกษาครั้งนี้ในลำดับต่อไป

2.2.4 การประมาณเวลาการเดินทางโดยทางอ้อมจากปริมาณการจราจร

การใช้ปริมาณการจราจรมาคำนวณหาค่านั้นมักใช้ความหนาแน่นมาประยุกต์เพื่อคำนวณ เช่นในการศึกษาของ Lianyu Chu, Jun-Seok Oh และ Will Recker (2005) ที่ประยุกต์ใช้วิธี Kalman Filter for Data Fusion นั้นเบื้องต้นได้ใช้สมมติฐานในทางทฤษฎีการจราจร จากความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของการจราจร และการไหลของการจราจร Lighthill, M. J., และ G. B. Whitham (1957) และ Richards, P. I. (1956) ที่ว่า

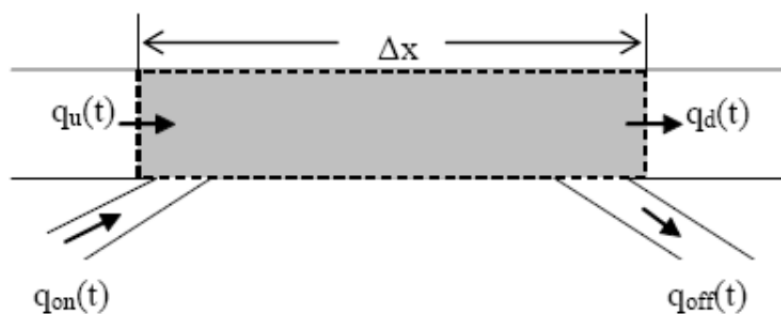
$$\frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial k}{\partial t} = 0 \quad (2.11)$$

โดย q คือปริมาณการจราจร x คือระยะทาง t คือเวลา และ k คือความหนาแน่น จะได้

$$q = k \cdot v \quad (2.12)$$

v คือความเร็ว ดังนั้นกรณีสมมติให้มี 1 ทางขึ้น q_{on} และ 1 ทางลง q_{off} ดังรูปที่ 2.6 เราสามารถหาปริมาณการจราจรที่วิ่งผ่านถนนในช่วงเวลา $(t-1, t)$ ได้จากสมการ

$$q(t) = \alpha \cdot [q_{up}(t) + q_{on}(t)] + (1 - \alpha) \cdot [q_{down}(t) + q_{off}(t)] \quad (2.13)$$



รูปที่ 2.6 รูปแบบช่วงทางบนทางพิเศษ

โดยกำหนด α ในการศึกษาไว้ที่ 0.5 ซึ่งจะทำให้สามารถได้ค่าปริมาณการจราจรมาใช้ในการคำนวณเวลาการเดินทางจากสมการ

$$tt(t) = \frac{\Delta x}{v(t)} = \frac{\Delta x}{q(t)} \cdot k(t) \quad (2.14)$$

ส่วนความหนาแน่นของการจราจรหรือค่า k ที่ใช้หาได้จากอนุกรมเวลาจากสมการ

$$k(t) = k(t-1) + \frac{1}{L * \Delta x} \cdot \{q_{up}(t) + q_{on}(t) - [q_{down}(t) + q_{off}(t)]\} \quad (2.15)$$

โดย q_{up} , q_{down} , q_{on} , q_{off} คือปริมาณยานพาหนะที่บริเวณจุดเริ่มต้น จุดสิ้นสุด ทางเข้า และทางออกของเส้นทาง ตามลำดับ L คือจำนวนช่องจราจร x คือระยะทาง

จากการศึกษาของ Nam และ Drew ที่เรียกว่า N-D model ได้ทำการประมาณเวลาการเดินทางบนทางพิเศษจากค่าปริมาณการจราจร โดยได้จำแนกสภาพการจราจรออกเป็น 2 ประเภทคือ สภาพการจราจรแบบปกติ และสภาพการจราจรแบบติดขัด ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า “เข้าก่อนออกก่อน” โดยพิจารณาจากค่า $m(t_n)$ จากสมการ

$$m(t_n) = Q(x_2, t_n) - Q(x_1, t_{n-1}) \quad (2.16)$$

เมื่อ k คือความหนาแน่น q คือปริมาณยานพาหนะ Q คือปริมาณยานพาหนะสะสม ระยะทาง x ที่ตำแหน่ง i และเวลา t ที่ช่วงเวลาใดๆ n ช่วง โดยประมาณเวลาการเดินทางในสภาพการจราจรแบบปกติเมื่อ ($m(t_n) > 0$) จากสมการ

$$tt(t_n) = \frac{\Delta x}{2} \frac{[q(x_i, t_n)k(t_{n-1}) + q(x_{i+1}, t_n)k(t_n)]}{[q(x_i, t_n)q(x_{i+1}, t_n)]} \quad (2.17)$$

และประมาณเวลาการเดินทางในสภาพการจราจรแบบติดขัดเมื่อ $(m(t_n) \leq 0)$ จากสมการ

$$tt(t_n) = \frac{\Delta x [k(t_{n-1}) + k(t_n)]}{2 * q(x_{i+1}, t_n)} \quad (2.18)$$

โดยคำนวณหาค่าความหนาแน่น k ของการจราจรจากปริมาณการจราจรสะสมจากสมการ

$$k(t_n) = \frac{n(t_n)}{\Delta x} = \frac{Q(x_1, t_n) - Q(x_2, t_n)}{\Delta x} \quad (2.19)$$

เมื่อ $n(t_n)$ คือจำนวนยานพาหนะบนช่วงถนน x ที่เวลา t ใดๆ แต่ทว่าวิธีการดังกล่าวจำเป็นต้องทราบถึงข้อมูลปริมาณยานพาหนะที่เข้าออกจากระบบที่สมบูรณ์ และใช้ความถี่ของข้อมูลที่ค่อนข้างมากเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงในการเข้าออกของยานพาหนะบนแต่ละช่องทาง อีกทั้งต้องทำการกำหนดค่าเริ่มต้นที่เหมาะสมก่อนเริ่มการคำนวณ

2.3 การปรับปรุงวิธีการประมาณเวลาการเดินทางให้เหมาะกับลักษณะการจราจร

สาเหตุที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของการประมาณเวลาการเดินทางนั้นมีหลายสาเหตุไม่ว่าจะเป็นจากการเก็บข้อมูล หรือจากการคำนวณ แต่ทว่าอีกประเด็นหนึ่งที่น่าสนใจก็คือลักษณะและสภาพของการจราจรของถนนที่พิจารณา ซึ่งวิธีการบางอย่างอาจสามารถใช้ได้ดีในบางกรณีเท่านั้นทำให้ต้องมีการวิเคราะห์และเลือกใช้ให้เหมาะสม ดังในวิธีการของ Nam และ Drew (1999) ที่เรียกว่า N-D model นั้น ได้พิจารณาโดยแบ่งแยกสมการที่ใช้เป็นสองลักษณะคือ ตามสภาพปริมาณการจราจรแบบปกติ และปริมาณการจราจรแบบแออัด โดยพิจารณาจากปริมาณของรถที่สามารถเข้าและออกจากช่องทางที่พิจารณาได้ในเวลาที่สนใจตามหลัก “เข้าก่อน ออกก่อน” โดยถ้าค่าดังกล่าว มากกว่าศูนย์ถือเป็นสภาพปริมาณการจราจรแบบปกติ นอกเหนือจากนั้นกำหนดให้เป็นสภาพการจราจรแบบแออัด

โดยสามารถประยุกต์ใช้หลายวิธีร่วมกันในการคำนวณขึ้นอยู่กับสภาพของการจราจร โดย Lelitha และคณะ (2009) ได้ตั้งข้อสังเกตว่าการคำนวณด้วยค่าความเร็วจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีที่ใช้ปริมาณการจราจร ในกรณีที่ถนนมีสภาพปริมาณการจราจรที่ต่ำ โดยได้กำหนดให้ค่าปริมาณการจราจรที่ต่ำกว่า 500 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร ถือเป็นสภาพปริมาณการจราจรที่ต่ำ โดยอ้างจาก HCM (2000) ว่าสภาพดังกล่าวเหมาะที่จะใช้วิธีการคำนวณจากค่า

ความเร็ว นอกเหนือจากกรณีนั้น การใช้ค่าปริมาณการจราจรในการคำนวณจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมกว่า

แต่ทว่าในการประยุกต์ใช้งานจริงนั้นวิธีการที่แตกต่างกันอย่างการประมาณค่าความเร็วที่แตกต่างกันในแต่รูปแบบก็จะส่งผลให้การประมาณค่าเวลาการเดินทางแตกต่างกันเช่นกัน ซึ่งความเหมาะสมในการใช้งานก็จะแตกต่างกันไปตามช่วงเวลาหรือลักษณะความเหมาะสมเฉพาะของช่วงทางนั่นเองซึ่งเป็นจุดที่น่าทดสอบเพื่ออธิบายถึงความเหมาะสมในการนำไปใช้งานของวิธีการดังกล่าว

2.4 การเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลเวลาการเดินทาง

Kristin A. Tufte และคณะ (2008) ได้ศึกษาการตรวจสอบความถูกต้องของการประมาณค่าเวลาการเดินทางจากข้อมูลที่ได้จากขดลวดเหนี่ยวนำ และ ยานพาหนะทดสอบในพื้นที่ถนนเขต Portland metropolitan โดยตัวแปรที่พิจารณาใช้นั้น ได้แก่

- Mean Absolute Percent Error (MAPE) : ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ คำนวณได้จาก

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| * 100 \quad (2.20)$$

เมื่อ A_t และ F_t คือค่าจริงและค่าทดสอบในช่วงเวลา t ใดๆ n ช่วง

- Standard Deviation of Percent Error (SDPE) : ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.21)$$

- Average Percent Error : ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
- Standard Error (SE) : ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (หาได้จาก SDPE หารด้วยรากที่สองของจำนวนข้อมูลที่พิจารณา)
- Percent of estimates with absolute error < 20% : คือเปอร์เซ็นต์ของค่าที่ประมาณส่วนที่มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ต่ำกว่า 20%
- Percent of estimates with absolute error < 30% : คือเปอร์เซ็นต์ของค่าที่ประมาณส่วนที่มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ต่ำกว่า 30%

โดยได้ทดสอบใช้ตัวแปรในการระบุความแม่นยำของช่วงความถี่ของข้อมูลต่างๆ ดังตารางที่ 2.3 ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละรูปแบบก็จะเหมาะสมในการนำไปใช้ในการอธิบายข้อมูลที่แตกต่างกันไป

ตารางที่ 2.3 ผลของช่วงความถี่การเฉลี่ยข้อมูลต่อความแม่นยำในการประมาณ

ช่วงการเฉลี่ย	MAPE	SDPE	Avg Pct Error	Std Error	Pct Est with Error <20%	Pct Est with Error <30%
1 นาที	12.3%	19.4	0.6%	0.8	84%	93%
3 นาที	11.3%	17.8	-0.9%	0.8	85%	94%
5 นาที	11.0%	16.4	-1.6%	0.7	85%	94%
10 นาที	11.5%	16.9	-2.9%	0.7	85%	94%
15 นาที	12.1%	17.3	-3.4%	0.7	83%	93%

ที่มา: Kristin A. Tufte และคณะ (2008)

จากการศึกษาเกี่ยวกับค่าความถูกต้องของการประมาณเวลาการเดินทางนั้นสามารถสรุปได้ว่า

- การประมาณที่คลาดเคลื่อน ไม่ได้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับระดับของความคับคั่ง ดังนั้นตัวแปรค่าความเร็วเฉลี่ยและความเร็วต่ำสุดที่ได้จากอุปกรณ์ขดลวดเหนี่ยวนำ ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการประมาณเวลาในช่วงเวลาจริง
- ช่วงเวลา 3 หรือ 5 นาทีเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้ประมาณเวลาการเดินทางที่จุดกึ่งกลางของถนน โดยที่ในช่วงเวลาดังกล่าวจะต้องไม่มีปัจจัยสำคัญ ที่จะมามีผลกระทบต่อความแม่นยำของการประมาณ
- ความถูกต้องของวิธีการที่ใช้ในการหาค่ามาเปรียบเทียบกับเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริงเป็นสิ่งสำคัญที่จะกำหนดความแม่นยำของวิธีการที่ใช้
- ปัจจัยลักษณะของพื้นที่และข้อจำกัดเรื่องการเก็บข้อมูลเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจและประยุกต์ใช้วิธีการ เพื่อให้การประมาณค่าที่มีความแม่นยำมากขึ้น และสามารถชี้ถึงสาเหตุที่ทำให้ค่าไม่แม่นยำได้ ในการประมาณเวลาที่เกิดขึ้นจริง

JD Margulici and Xuegang (Jeff) Ban (2008) ได้เสนอตัววัดประสิทธิภาพของการประมาณค่าเวลาการเดินทาง 2 ตัว คือ ค่าความแม่นยำและค่าความสัมพันธ์ โดยใช้ข้อมูลจากยานพาหนะทดสอบและอุปกรณ์ขดลวดเหนี่ยวนำ จากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้เส้นทางใน พื้นที่อำเภอซานฟรานซิสโก

การตรวจสอบความแม่นยำ เริ่มจากการหาค่าคลาดเคลื่อนของยานพาหนะแต่ละคัน จากค่าเวลาเดินทางที่ได้จากการประมาณลบด้วยเวลาเดินทางจริงที่เกิดขึ้นจริงจากนั้นหารค่าเวลาเดินทางจริงที่เกิดขึ้นจริง ดังสมการ

$$e_i = \frac{\hat{\tau}_i - \tau_i}{\tau_i} \quad (2.22)$$

จากนั้นหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่พิจารณาโดยบวกค่าคลาดเคลื่อนของรถแต่ละคันหารด้วยจำนวนรถทั้งหมดในช่วงเวลาดังกล่าว ดังสมการ

$$E_{T_1, T_2} = \frac{\sum_{1 \leq i \leq m} e_i}{m} \quad (2.23)$$

โดยถ้าค่าจากการประมาณแม่นยำเท่ากับค่าจริงจะได้ค่าออกมาเท่ากับศูนย์

การตรวจสอบความสัมพันธ์ หาค่าโดยใช้ค่าสัมบูรณ์ของค่าความคลาดเคลื่อนเวลาการเดินทางโดยพิจารณาที่

$$\text{Prob}(|e| \leq R_{T_1, T_2}) \geq 0.75 \quad (2.24)$$

โดยได้ทำการพิจารณาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของถนนและแบ่งแยกตามช่องจราจรพบว่าในบางกรณีค่าออกมาไม่สอดคล้องกัน อันเนื่องมาจากการคิดด้วยวิธีเรานั้นใช้การเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนที่เป็นค่าบวกลบทำให้เกิดค่าการหักล้างกัน อีกทั้งพบว่าในแต่ละช่องทางมีค่าในการวัดที่พิจารณาออกมาแตกต่างกัน ทำให้สรุปได้ว่าวิธีการที่เสนอสามารถบอกได้ถึงความแตกต่างของแต่ละช่องทาง ซึ่งถ้ามีการติดตั้งอุปกรณ์ขดลวดเหนี่ยวนำแยกแต่ละช่องทางจะสามารถช่วยให้หาเวลาการเดินทางได้ดีขึ้น

2.5 สรุปการทบทวนผลงานที่ผ่านมา

จากการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปตามหัวข้อในการทบทวนได้ดังนี้ คือ

1. **การเก็บข้อมูลจราจร** อุปกรณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลแต่ละประเภทนั้นมีศักยภาพในการทำงานที่แตกต่างกัน โดยสามารถรวบรวมปริมาณ ความละเอียดและได้รับตัวแปรข้อมูล

ทางการจราจรที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการเลือกใช้จึงต้องเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งานและความ เป็นไปได้ภายในข้อจำกัดและขอบเขตที่ตั้งไว้ เพื่อให้ข้อมูลที่ได้สามารถครอบคลุมและตอบสนอง ต่อความต้องการ

2. การประมาณเวลาการเดินทาง การประมาณเวลาการเดินทางโดยทางอ้อมเป็นวิธี ที่เหมาะในการนำมาใช้เนื่องจากมีปริมาณข้อมูลที่มากพอในการนำมาใช้งาน โดยการเลือกใช้ วิธีการประมาณแต่ละวิธีจะต้องคำนึงถึงปัจจัยความสมบูรณ์ของข้อมูลที่เป็นต่อแต่ละวิธีการที่ เลือกใช้ และต้องคำนึงถึง สภาพของพื้นที่ศึกษา ลักษณะที่มาของข้อมูล เช่น ระยะห่างระหว่าง สถานี ความถี่ ความสมบูรณ์และระดับความถูกต้องของข้อมูลซึ่งจะเป็นปัจจัยและข้อจำกัดที่ ส่งผลกระทบต่อวิธีการประมาณในแต่ละวิธี โดยวิธีการประมาณเวลาเดินทางทางอ้อมที่นิยม นำมาใช้ นั้น ส่วนใหญ่จะใช้ค่าความเร็วในการประมาณเวลาบนเส้นทาง ซึ่งที่มาของค่าความเร็ว แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ แต่ส่วนใหญ่ไม่ได้มีการแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของความแม่นยำ ในแต่ละช่วงเวลา และไม่ได้มีการเปรียบเทียบความแตกต่างของวิธีการจากค่าความเร็วในแต่ละ วิธีให้ทราบ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะทำการเปรียบเทียบและแสดงให้เห็นในประเด็นดังกล่าวต่อไป ในเนื้อหาของงานวิจัย

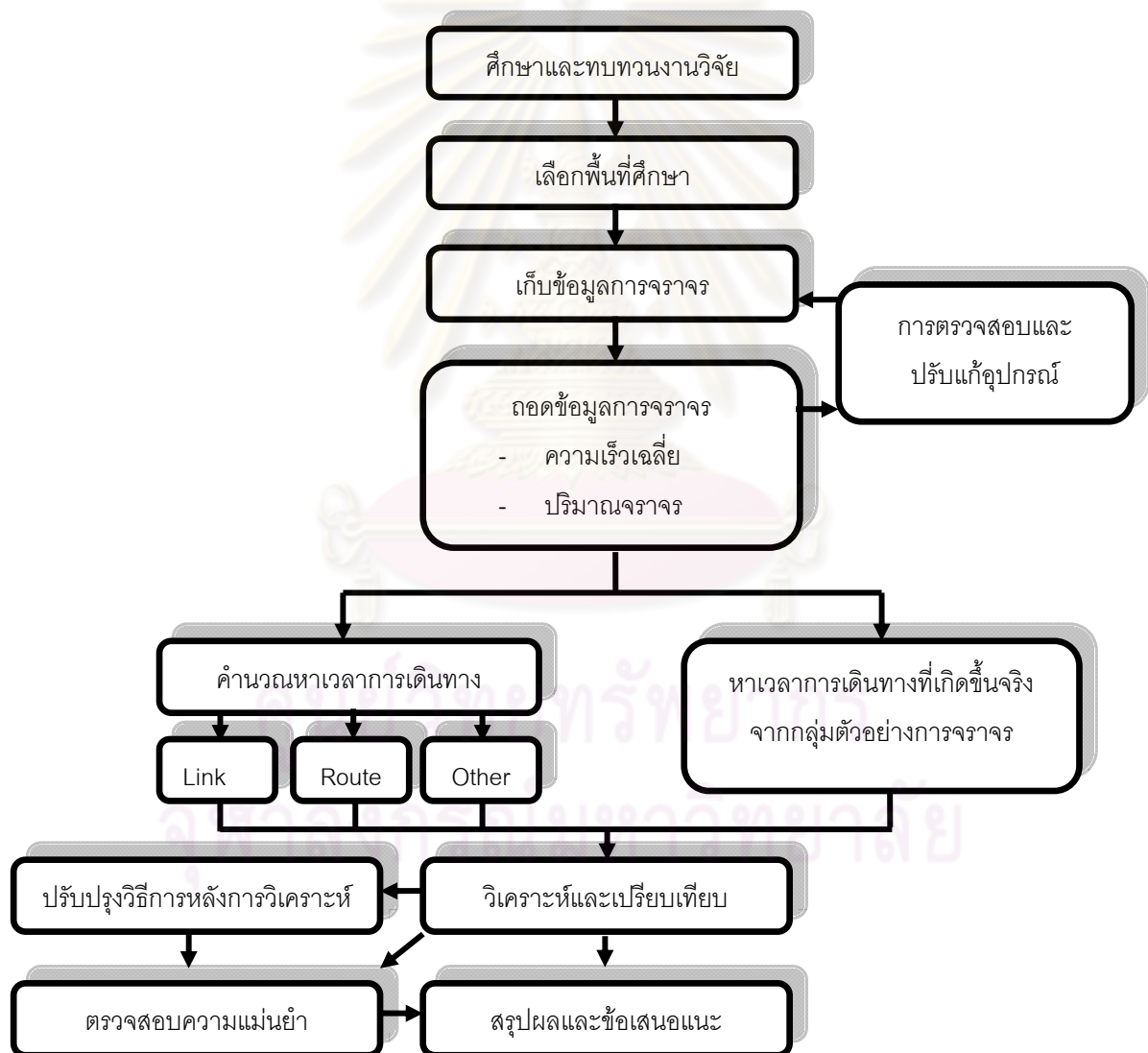
3. การปรับปรุงวิธีการประมาณเวลาการเดินทางให้เหมาะกับลักษณะการจราจร การประมาณเวลาเดินทางในแต่ละรูปแบบ ย่อมมีประสิทธิภาพในการประมาณที่แตกต่างกันไป ตามแต่ละสภาพและลักษณะของการจราจร ดังนั้นการปรับปรุงการประมาณเวลาโดยประยุกต์ วิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงในแต่ละลักษณะ มาใช้ประมาณร่วมกัน จึงน่าจะเป็นแนวทางที่ทำให้ ระดับความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางมีเพิ่มมากขึ้น

4. การเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลเวลาการเดินทาง ตัวแปรที่ใช้ในการ เปรียบเทียบข้อมูลนั้นมีหลายประเภท ซึ่งความเหมาะสมนั้นแตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้งาน และประเภทของข้อมูลที่ต้องการเปรียบเทียบ ซึ่งบางตัวแปรอาจสามารถบ่งบอกความแตกต่างได้ อย่างชัดเจน แต่บางตัวแปรอาจไม่สามารถสื่อได้ถึงความแตกต่างของการเปรียบเทียบ โดยความ แม่นยำของการประมาณเวลาเดินทางนั้น ความถูกต้อง ที่มาของข้อมูลพื้นฐานและข้อจำกัดเรื่อง การเก็บข้อมูลเป็นสิ่งที่มิมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจและประยุกต์ใช้วิธีการ ซึ่งถือเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อความแม่นยำของวิธีการประมาณที่ใช้โดยตรง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเพื่อหาค่าระยะเวลาการเดินทางบนทางพิเศษนั้น เริ่มต้นโดยการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง คัดเลือกพื้นที่ในการศึกษาจากนั้นทำการติดตั้งและปรับแก้อุปกรณ์เก็บข้อมูลแล้วจึงถอดข้อมูลภาคสนามเพื่อทำการวิเคราะห์สภาพจราจรแล้วจึงนำมาใช้คำนวณหาระยะเวลาการเดินทางแล้วทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าที่ได้จากแต่ละวิธีเพื่อใช้ในการปรับปรุงวิธีการและนำไปทดสอบความแม่นยำที่ได้เพื่อสรุปผล ดังรายละเอียดขั้นตอนแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

การศึกษาคั้งนี้เลือกใช้ทางพิเศษเป็นพื้นที่ศึกษา เนื่องจากระบบทางพิเศษเป็นทางที่เป็นระบบปิดมีทางเข้าออกและทิศทางการจราจรที่แน่นอน มีผลกระทบจากปัจจัยต่างๆ น้อยกว่าถนนทางพื้นราบ จึงเหมาะสมที่จะใช้ในการศึกษาโดยเห็นประสิทธิภาพของการเก็บข้อมูลและหาค่าเวลาการเดินทางอย่างชัดเจน ปราศจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมรบกวน โดยเริ่มแรกในการศึกษาได้เลือกบริเวณพื้นที่ ทางพิเศษฉลองรัช (ทางด่วนสายรามอินทรา-อาจณรงค์ หรือ "ทางด่วน 3") ซึ่งเป็นทางพิเศษของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ) มีจุดเริ่มต้นจากถนนรามอินทรา กิโลเมตรที่ 5.5 มุ่งไปทางทิศใต้ ตัดกับทางพิเศษศรีรัช สิ้นสุดที่จุดเชื่อมต่อทางพิเศษเฉลิมมหานครบริเวณทางแยกต่างระดับสุขุมวิท (อาจณรงค์) ระยะทาง 18.7 กิโลเมตร ที่ได้เปิดให้บริการตลอดสายเมื่อวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2539 เป็นพื้นที่ในการศึกษา แต่เนื่องจากเมื่อสำรวจในภาคสนามดังรูปที่ 3.2 แล้วพบว่าการจราจรที่เกิดขึ้นนั้นค่อนข้างจะคงที่ไม่มีมีความหลากหลายของสภาพการจราจรเพียงพอที่จะนำมาศึกษา เนื่องจากทางพิเศษเส้นดังกล่าวเป็นทางยกระดับขนาด 6 ช่องจราจรตลอดเส้นทางและมีถนนประดิษฐ์มุนุธรรมขนานขนานจากรามอินทราไปจนถึงเอกมัยทำให้ปริมาณการจราจรที่เกิดขึ้นมีไม่มากจนถึงระดับที่ติดขัด ดังนั้นจึงต้องสำรวจคัดเลือกพื้นที่ในการศึกษาใหม่



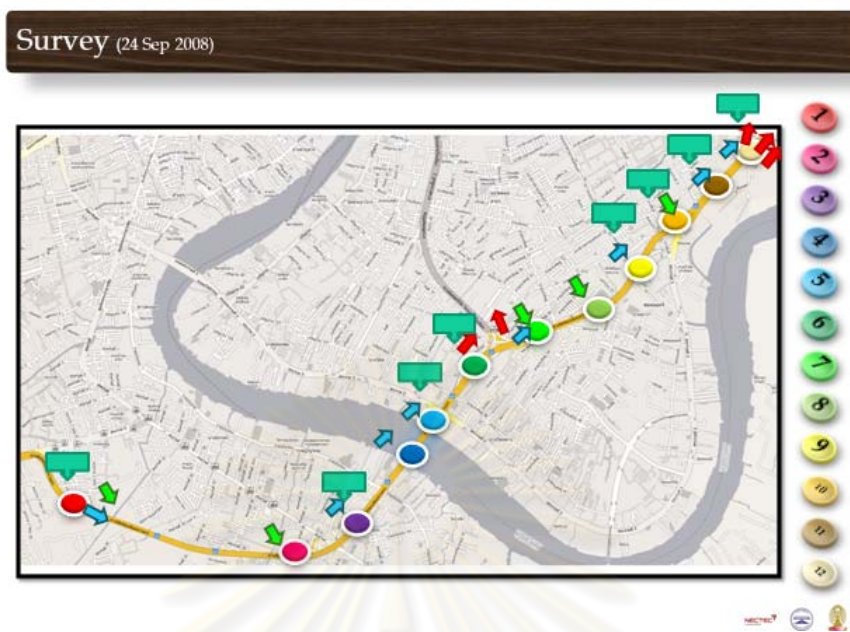
รูปที่ 3.2 ลักษณะพื้นที่และการจราจรบนทางพิเศษฉลองรัช

ภายหลังจึงได้เลือกใช้พื้นที่ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนชั้นที่ 1) เป็นพื้นที่ศึกษาโดยการทางพิเศษฯ ได้เปิดให้บริการทางพิเศษเฉลิมมหานคร เพื่อเชื่อมการคมนาคมขนส่งระหว่างภาคต่างๆ ของประเทศเข้าด้วยกัน โดยไม่ต้องเดินทางผ่านการจราจรหนาแน่นในใจกลางกรุงเทพมหานคร ช่วยลดปริมาณการจราจรที่คับคั่ง บนถนนระดับดิน รวมทั้งช่วยให้การขนส่งสินค้าระหว่างท่าเรือคลองเตยกับภาคต่างๆ ให้เป็นไปด้วยความสะดวกและรวดเร็ว มีระยะทางทั้งสิ้น 27.1 กิโลเมตร ประกอบด้วย

1. สายดินแดง-ท่าเรือ ระยะทาง 8.9 กม. เปิดให้บริการในปี 2524
2. สายบางนา-ท่าเรือ ระยะทาง 7.9 กม. เปิดให้บริการในปี 2526
3. สายดาวคะนอง-ท่าเรือ ระยะทาง 10.3 กม. เปิดให้บริการในปี 2530

ในการกำหนดพื้นที่ในการศึกษานั้น เริ่มต้นจากการพิจารณาหาบริเวณช่วงทางบนทางพิเศษที่สามารถเก็บข้อมูลได้สะดวกเหมาะสมกับวิธีการที่เลือกใช้ในการเก็บข้อมูล โดยในการเก็บข้อมูลปริมาณการจราจรครั้งนี้ จะเก็บข้อมูลโดยใช้กล้องวีดีทัศน์ ดังนั้นพื้นที่ศึกษาจำเป็นต้องมีจุดที่สามารถเก็บข้อมูลจากกล้องวีดีทัศน์ได้สะดวก ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วพบว่าบริเวณทางพิเศษสายดาวคะนอง-ท่าเรือ ในส่วนถนนฝั่งขาเข้าเมืองที่มีระยะทาง 10.3 กิโลเมตร เป็นบริเวณที่เหมาะสมในการศึกษาเนื่องจากเป็นช่วงทางที่มีสภาพการจราจรที่หลากหลาย ซึ่งในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า - เย็น มีปริมาณการจราจรที่ค่อนข้างหนาแน่น มีจำนวนช่องทางจราจรตลอดทั้งเส้นทางที่ไม่เท่ากัน มีสะพานพระราม 9 ที่มีความชันของสะพานค่อนข้างสูง ทำให้เกิดการชะลอตัวของการจราจรบริเวณทางขึ้น และการเพิ่มความเร็วในช่วงทางลง และยังมีตำแหน่งที่เหมาะสมสามารถบันทึกภาพการเคลื่อนตัวของการจราจร จากกล้องวีดีทัศน์เพื่อมาใช้ในการศึกษาได้สะดวก

ดังนั้นเมื่อกำหนดพื้นที่ศึกษาได้แล้วจึงออกสำรวจภาคสนามเมื่อวันที่ 24 กันยายน 2008 เพื่อระบุตำแหน่งทางเข้าออกและตำแหน่งป้ายที่คาดว่าจะนำมาใช้เป็นตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์เพื่อวางแผนและเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมในการศึกษาต่อไป โดยได้แสดงตำแหน่งจุดสำรวจที่คาดว่าจะใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผนที่จุดสำรวจในการเก็บข้อมูลสายดาวคะนอง-ท่าเรือ

ในการสำรวจเบื้องต้นครั้งนั้นเนื่องจากข้อจำกัดของจำนวนอุปกรณ์ จึงจำเป็นต้องระบุเน้นให้แต่ละตำแหน่งครอบคลุม และมีประสิทธิภาพในการเก็บข้อมูลมากที่สุด โดยครอบคลุมช่วงเริ่มและสิ้นสุดเส้นทาง ทางขึ้นลงและทางเข้าออกจากทางพิเศษ ช่วงสะพานขาขึ้นและลง รวมไปถึงแถวคอยที่จะเกิดจากทางออกบริเวณปลายเส้นทางนั่นเอง

3.2 การติดตั้งอุปกรณ์ประมวลผลภาพ

3.2.1 อุปกรณ์ประมวลผลภาพ

ในการวางแผนเก็บข้อมูลในเริ่มแรกนั้น จะติดตั้งระบบประมวลผลภาพเข้ากับภาพที่ได้จากกล้องวีดิทัศน์ของการทางพิเศษซึ่งมีตำแหน่งของกล้องดังรูปที่ 3.4 และมีตัวอย่างลักษณะของมุมมองภาพดังรูปที่ 3.5 แต่เมื่อพิจารณาจากตำแหน่งและคุณภาพของภาพที่ได้นั้น พบว่าถึงแม้ในเส้นทางดังกล่าวจะมีการติดตั้งกล้องวีดิทัศน์อยู่ แต่ทว่าในการศึกษาไม่สามารถใช้ภาพจากมุมมองดังกล่าว ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ เนื่องจาก

1. กล้องดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงมุมมองภาพเพื่อใช้ในการตรวจตราและจัดการสภาพการจราจรบนทางพิเศษในบางช่วงเวลา จึงทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง

2. ช่วงระยะห่างของแต่ละจุดบางตำแหน่งไม่เหมาะสมเนื่องจากระยะห่างมากเกินไป หรือไม่มีกล้องในบริเวณจุดที่ต้องการข้อมูลในการศึกษา เช่น บริเวณทางเข้าออก

3. ภาพจากบางตำแหน่งมีความสั่นสะเทือนของภาพค่อนข้างมากเนื่องจากติดตั้งในที่สูงหรืออยู่ใกล้สะพาน เช่น ตำแหน่งกล้องบริเวณช่วงสะพานพระราม 9 ทำให้ไม่สามารถนำภาพดังกล่าวมาใช้กับระบบประมวลผลภาพได้



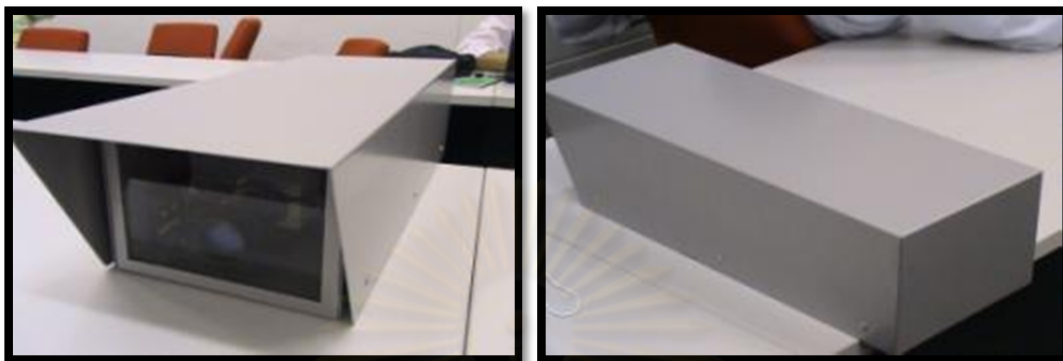
รูปที่ 3.4 ตำแหน่งกล้องวีดีทัศน์และป้ายบอกทางของการทางพิเศษ
ที่มา: การทางพิเศษแห่งประเทศไทย



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างภาพจากกล้องวีดีทัศน์ของการทางพิเศษ

ดังนั้นในการศึกษาคั้งนี้จึงจำเป็นต้องติดตั้งกล้องขึ้นมาใหม่ตามตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการบนเส้นทาง โดยต้องใช้เวลาในการพัฒนาและทดสอบอุปกรณ์เพื่อที่จะนำไปติดตั้งเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคสนาม

อุปกรณ์ประมวลผลภาพที่พัฒนาในระยะแรก ออกแบบโดยรวมกล้องและแผงวงจรระบบประมวลผลเข้าไว้ด้วยกันในกล่องเดียว ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ภาพอุปกรณ์ประมวลผลภาพที่พัฒนาในระยะแรก

แต่พบว่าอุปกรณ์ดังกล่าวมีน้ำหนักมาก ทำให้ประสบปัญหาทางด้านการนำไปติดตั้งจึงต้องพัฒนาและเปลี่ยนแปลงรูปแบบของอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ขึ้นใหม่

อุปกรณ์ประมวลผลภาพที่ใช้ในปัจจุบัน มีรูปแบบที่แยกตัวกล้องออกจากตู้แผงวงจรระบบประมวลผล โดยติดตั้งกล้องไว้ในตำแหน่งและมุมมองที่ต้องการและติดตั้งตู้ไว้บริเวณด้านล่างในจุดที่สามารถเข้าไปแก้ไขปรับปรุงได้สะดวก ดังรูปที่ 3.7 เมื่อออกแบบตัวอุปกรณ์แล้วเสร็จจึงนำไปทดสอบการใช้งานจริงบนพื้นที่ทางพิเศษคลองรัชซึ่งสะดวกในการเข้าไปติดตั้งมากกว่าพื้นที่ศึกษาจริง โดยติดตั้งในรูปแบบเดียวกันกับที่จะติดตั้งจริง เมื่อทดสอบและสามารถทำงานได้จึงเริ่มทำการผลิตให้ครบตามจำนวนและนำมาใช้ในพื้นที่ศึกษาต่อไป



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างภาพอุปกรณ์ประมวลผลภาพแยกติดตั้ง

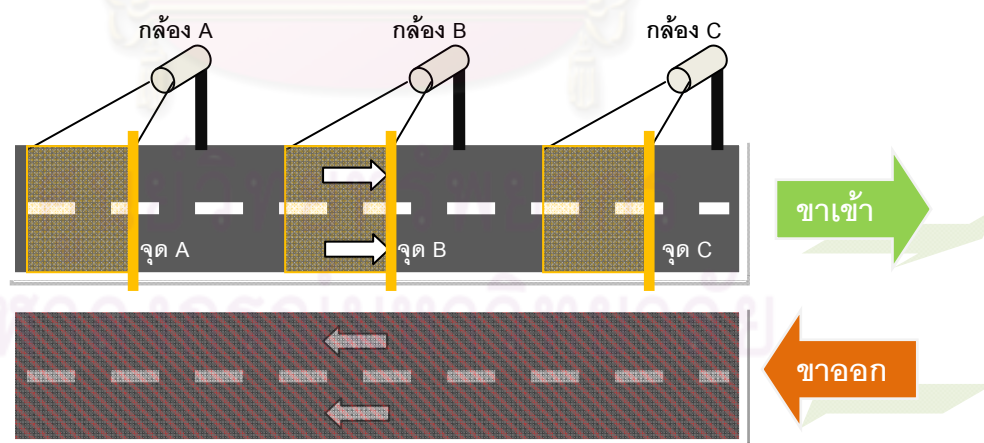
3.2.2 ลักษณะตำแหน่งการติดตั้ง

ในการติดตั้งอุปกรณ์ประมวลผลภาพนั้นเรื่องตำแหน่งและมุมกล้องถือเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งกล้องจะต้องติดตั้งในมุมสูงที่สามารถมองเห็นยานพาหนะได้ชัดเจน ดังนั้นจุดที่เหมาะสมในพื้นที่ศึกษาก็จะได้แก่ บริเวณเสาไฟส่องสว่างบริเวณตรงกลาง ทางด้านข้างของถนน และป้ายบอกทางขนาดใหญ่ดังในรูปที่ 3.8 โดยมีรายละเอียดของตำแหน่งติดตั้งดังรูปที่ 3.10 และมุมกล้องดังรูปที่ 3.13



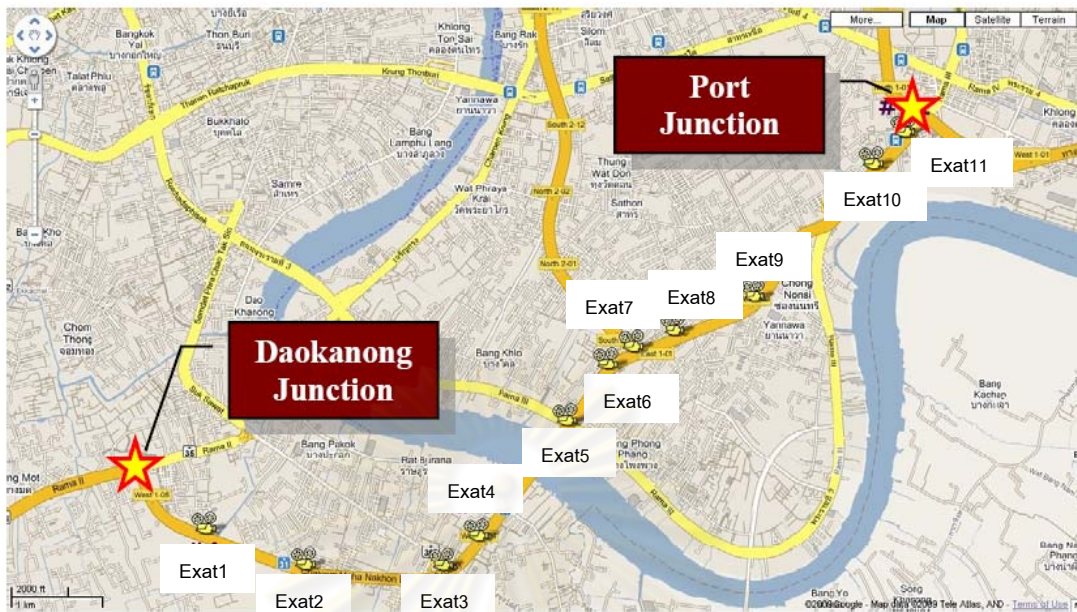
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งกล้อง

ในการติดตั้งกล้องประมวลผลภาพวิดิทัศน์จะเก็บข้อมูลการจราจรบนทางพิเศษในส่วนของถนนพิเศษทางฝั่งขาเข้าเมืองเท่านั้นดังลักษณะในรูปที่ 3.9



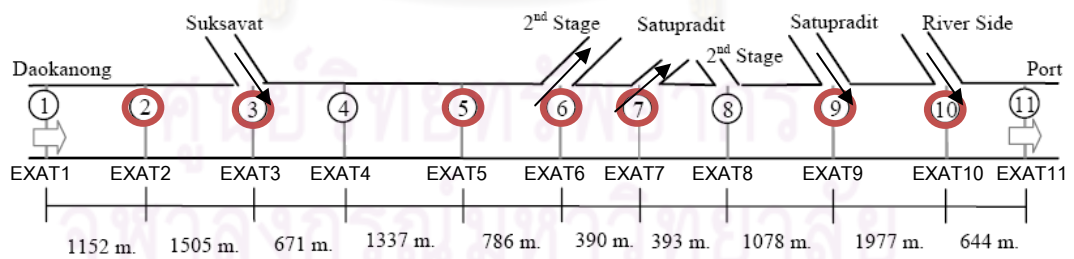
รูปที่ 3.9 ลักษณะการเก็บข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งสิ้น 11 จุดตามตำแหน่งที่ระบุในรูปที่ 3.10 ซึ่งครอบคลุมบริเวณทางขึ้นลงของทางพิเศษ ทางเข้าออกที่เชื่อมต่อกับทางด่วนชั้นที่ 2 รวมไปถึง บริเวณช่วงทางขึ้นลงของสะพานพระราม 9 และจุดเริ่มต้น สิ้นสุดของเส้นทาง



รูปที่ 3.10 ตำแหน่งติดตั้งกล่องประมวลผลภาพบนทางพิเศษ สายดาวคะนอง-ท่าเรือ

บริเวณพื้นที่ในการศึกษามีระยะทางรวมจากสถานีแรกไปจนถึงสถานีสุดท้ายเป็นระยะทางทั้งสิ้น 9,933 เมตร หรือรวมระยะทางประมาณ 10 กิโลเมตร โดยระยะห่างระหว่างแต่ละสถานีติดตั้งอุปกรณ์ อยู่ในช่วงระยะประมาณ 400 – 2,000 เมตร โดยมีรายละเอียดตำแหน่งทางขึ้นทางลง และทางเข้าออกจากทางพิเศษในพื้นที่การศึกษา แสดงดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ระยะทางระหว่างกล่องประมวลผลภาพบนทางพิเศษสายดาวคะนอง-ท่าเรือ

3.3 การตรวจสอบและปรับแก้อุปกรณ์ประมวลผลภาพ

หลังจากติดตั้งอุปกรณ์ประมวลผลภาพทั้ง 11 สถานีแล้วเสร็จได้ทดลองใช้งาน อุปกรณ์มากระยะหนึ่ง เพื่อตรวจสอบความเสถียรของอุปกรณ์ สรุปรู่มุมมอง ตำแหน่งติดตั้ง และ สถานการณ์ทำงานของกล้องในแต่ละสถานี โดยพบปัญหาที่ทำให้ระบบการเก็บข้อมูลเกิดการ ชัดข้องหลายครั้งโดยสามารถจำแนกประเภทของปัญหาที่พบออกได้เป็น 3 ลักษณะดังนี้

1. ปัญหาในส่วนของภาพจากกล้อง

- มุมภาพไม่เหมาะสมในการใช้งานกับระบบประมวลผลภาพ เช่น เป็นมุม ด้านข้างมากเกินไปทำให้เกิดการซ้อนทับของภาพยานพาหนะ หรือมีเงา มีสิ่ง กีดขวางในมุมมองกล้องทำให้มีผลต่อความคลาดเคลื่อนในระบบประมวลผล ภาพ
- ความมืดความสว่างของแสงที่ไม่เหมาะสม จะส่งผลกระทบต่อโดยตรงต่อการ ทำงานของระบบการประมวลผลภาพโดยอาจถึงขั้นไม่สามารถเก็บข้อมูลได้
- ความคมชัดของภาพ ในกรณีนี้สามารถเกิดได้ทั้งในส่วนของการตั้งค่าความ คมชัดของอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสม หรือเนื่องจากปัจจัยทางสภาพอากาศเช่น มี ไอน้ำปรากฏขึ้นที่บริเวณกระจกหน้ากล้องที่เกิดจากความชื้น หรือฝน
- กล้องไม่ทำงาน เนื่องจากมีการขัดข้องเกิดขึ้นในส่วนใดส่วนหนึ่ง

2. ปัญหาในส่วนของตู้อุปกรณ์ประมวลผล

- อุปกรณ์ชำรุด อาจเกิดจากปัญหาในส่วนของตัวอุปกรณ์เอง หรือจากปัจจัย ภายนอก เช่น จากความร้อนสะสมภายในตู้ในช่วงเวลากลางวัน หรือจากการ ที่มีน้ำฝนเข้าไปท่วมขังอยู่ภายในตู้ ทำให้อุปกรณ์เสียหาย
- อุปกรณ์หยุดทำงานเนื่องจากไฟดับ ซึ่งมีทั้งกรณีที่หยุดทำงาน หรือหยุด ทำงานเฉพาะในช่วงเวลาที่ไฟดับซึ่งจะทำให้ข้อมูลในช่วงเวลาดังกล่าวขาด หายไป
- อุปกรณ์เสียหายจากอุบัติเหตุสุดวิสัย เช่น กรณีรถบรรทุกชนตู้บริเวณ ตำแหน่งสถานีที่ 11

3. ปัญหาในส่วนของ การตั้งค่าตรวจนับระบบประมวลผลภาพ

- ค่าที่ได้ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง จึงต้องทำการตั้งค่าใหม่
- เมื่ออุปกรณ์ชำรุด หรือเปลี่ยนแปลงมุมมอง จะต้องทำการตั้งค่าใหม่ทุกครั้ง

เนื่องจากถนนบนทางพิเศษยานพาหนะวิ่งด้วยความเร็วสูง และโดยปกติไม่อนุญาตให้จอดยานพาหนะบนเส้นทางได้ ดังนั้นในการขึ้นไปแก้ไขและปรับปรุงอุปกรณ์แต่ละครั้ง จึงเป็นเรื่องที่ทำได้ยากและใช้ระยะเวลาในการติดต่อประสานงาน เนื่องจากทุกครั้งจะต้องประสานงานกับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เตรียมความพร้อมของอุปกรณ์และทีมงาน รวมไปถึงการติดต่อประสานงานกับเจ้าหน้าที่ตำรวจบนทางพิเศษเพื่อขออนุญาตขึ้นไปทำงานบนพื้นที่ดังกล่าว โดยต้องขึ้นไปแก้ไขในช่วงเวลากลางคืนที่มีปริมาณการจราจรเบาบางจึงจะสะดวกและปลอดภัยในการทำงานมากกว่าช่วงเวลากลางวันที่มีการจราจรหนาแน่น และไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้เส้นทางบนทางพิเศษมากนักโดยได้แสดงตัวอย่างภาพการขึ้นไปแก้ไขอุปกรณ์ไว้ดังรูปที่ 3.12 โดยจะเป็นการตรวจสอบสาเหตุของการขัดข้องของอุปกรณ์ การปรับมุมมอง ความคมชัด และแสงสว่างของกล้อง ตรวจสอบสัญญาณการส่งข้อมูล การตั้งค่าตรวจนับระบบประมวลผลภาพ การติดตั้งอุปกรณ์บันทึกภาพ Digital Video Recorder (DVR) ซึ่งถ้าอุปกรณ์ใดไม่สามารถทำการแก้ไขในภาคสนามได้ จะต้องถอดอุปกรณ์กลับไปเพื่อตรวจสอบและแก้ไข ก่อนจะประสานงานเพื่อขึ้นติดตั้งอุปกรณ์ใหม่ในภายหลัง



(a) ตรวจสอบการทำงาน EXAT2



(b) ถอดบอร์ด EXAT2



(c) ติดตั้ง DVR ที่ EXAT6 และปรับแก้การตั้งค่าอุปกรณ์



(d) ตรวจสอบเช็คสัญญาณกล้อง EXAT11 และติดตั้ง DVR

รูปที่ 3.12 การแก้ไขปรับปรุงอุปกรณ์ในภาคสนามเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2553

เมื่อแก้ไขและปรับแก้ตามตัวอย่างสถานะดังตารางที่ 3.1 แล้วจะตรวจสอบข้อมูล และสถานะการทำงานของแต่ละสถานี จนกระทั่งมีความเหมาะสมในเรื่องของคุณภาพของภาพ จากกล้อง ตำแหน่งของสถานี ระยะห่างระหว่างสถานี และจำนวนของสถานีที่มากพอ จึงจะวางแผนขึ้นไปติดตั้งอุปกรณ์บันทึกภาพ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบ

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างสถานะและแผนการแก้ไขอุปกรณ์ประมวลผลภาพ

กล้องตัวที่	สถานะและแผนการแก้ไข	เครื่องมือและเวลาที่คาดว่าจะใช้ในการแก้ไข
1	<ul style="list-style-type: none"> ติดตั้งแล้ว ทำงานอยู่ 	
2	<ul style="list-style-type: none"> ติดตั้งแล้ว ต้องเข้าไปแก้ไขเนื่องจากเวลากลางวันมีเงาที่กล้อง ซึ่งต้องปิดถนน เพราะตำแหน่งของกล้องอยู่เสาไฟฟ้าส่องสว่างกลางถนน 	<ul style="list-style-type: none"> ต้องใช้รถกระเช้า โดยคาดว่าจะใช้เวลาแก้ไขประมาณ 30 นาที
3	<ul style="list-style-type: none"> ติดตั้งแล้ว รอเข้าไปปรับมุมกล้อง ติดตั้ง DVR หลังจากปรับมุมกล้องเสร็จ 	<ul style="list-style-type: none"> ต้องใช้รถกระเช้า โดยคาดว่าจะใช้เวลาแก้ไขประมาณ 40 นาที
4	<ul style="list-style-type: none"> ติดตั้งแล้ว ทำงานอยู่ ต้องติดตั้ง DVR เพื่อใช้ประเมินกล้อง 	<ul style="list-style-type: none"> ใช้รถของทีมกู้ภัย ประมาณ 20 นาที
5	<ul style="list-style-type: none"> ติดตั้งแล้ว รอเข้าไปปรับแก้การตั้งค่าอุปกรณ์ที่ตัวกล้อง 	<ul style="list-style-type: none"> ใช้รถของทีมกู้ภัย ประมาณ 30 นาที
6	<ul style="list-style-type: none"> ติดตั้งแล้ว รอเข้าไปปรับตำแหน่งกล้องมาทางซ้ายเพื่อดูรูปร่างออกสลับมอย่างเดียว ติดตั้ง DVR หลังจากปรับกล้องเสร็จ 	<ul style="list-style-type: none"> ใช้รถของทีมกู้ภัย ประมาณ 40 นาที
7	<ul style="list-style-type: none"> ยังไม่ได้ติดตั้ง รอติดตั้งบอร์ดประมวลผลที่ตัวกล้องใหม่ 	<ul style="list-style-type: none"> ต้องใช้รถกระเช้า โดยคาดว่าจะใช้เวลาติดตั้งประมาณ 1 ชั่วโมง
8	<ul style="list-style-type: none"> ติดตั้งแล้ว แต่รอปรับเลื่อนตำแหน่งกล้องโดยถอยหลังไปประมาณ 3 เสาไฟ 	<ul style="list-style-type: none"> ต้องใช้รถกระเช้า โดยคาดว่าจะใช้เวลาแก้ไขประมาณ 3 ชั่วโมง
9	<ul style="list-style-type: none"> ติดตั้งแล้ว รอเข้าไปปรับ การตั้งค่าอุปกรณ์ที่ตัวกล้อง ติดตั้ง DVR หลังจากปรับการตั้งค่าอุปกรณ์เสร็จ 	<ul style="list-style-type: none"> ต้องใช้รถกระเช้า โดยคาดว่าจะใช้เวลาแก้ไขประมาณ 40 นาที
10	<ul style="list-style-type: none"> ติดตั้งแล้ว ทำงานอยู่ กล้องมีปัญหาตอนกลางวัน ไฟก๊สไม่ชัดเจน ต้องขึ้นไปตรวจสอบการตั้งค่าอุปกรณ์ 	<ul style="list-style-type: none"> ต้องใช้รถกระเช้า โดยคาดว่าจะใช้เวลาแก้ไขประมาณ 30 นาที
11	<ul style="list-style-type: none"> ติดตั้งแล้ว ทำงานอยู่ กล้องมีปัญหาตอนกลางวัน ไฟก๊สไม่ชัดเจน ต้องขึ้นไปตรวจสอบการตั้งค่าอุปกรณ์ที่ตัวกล้อง 	<ul style="list-style-type: none"> ต้องใช้ทีมกู้ภัย โดยคาดว่าจะใช้เวลาแก้ไขประมาณ 30 นาที

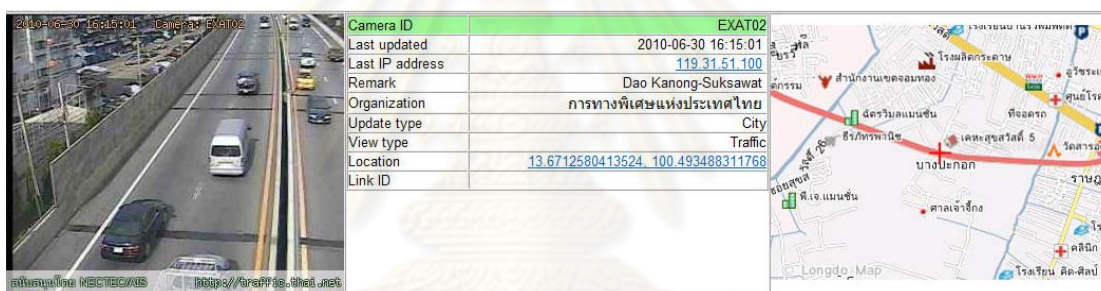
จากนั้นนำข้อมูลและภาพที่ทำการบันทึกในช่วงเวลาที่ติดตั้งประมาณ 1 สัปดาห์ดังกล่าวมาพิจารณาความสมบูรณ์ของภาพและข้อมูล แต่เมื่อทำการตรวจสอบแล้วเกิดปัญหา อาทิเช่น ภาพที่บันทึกได้ขาดหาย ไม่ครบถ้วน หรือคุณภาพของภาพไม่ดีพอ หรือกรณีที่ภาพสมบูรณ์แต่ข้อมูลจากระบบประมวลผลไม่สมบูรณ์หรือสมบูรณ์ในช่วงเวลาที่ไม่ตรงกัน อันอาจเนื่องมาจากอุปกรณ์ส่วนใดส่วนหนึ่งชำรุด จะต้องทำการตรวจสอบ แก้ไข และขึ้นไปบันทึกภาพเพื่อนำมาตรวจสอบใหม่ จนกว่าจะได้ข้อมูลที่เหมาะสมในการใช้งาน ดังสถานะในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สถานะการทำงานของอุปกรณ์ประมวลผลภาพเมื่อวันที่ 3 มิถุนายน 2553

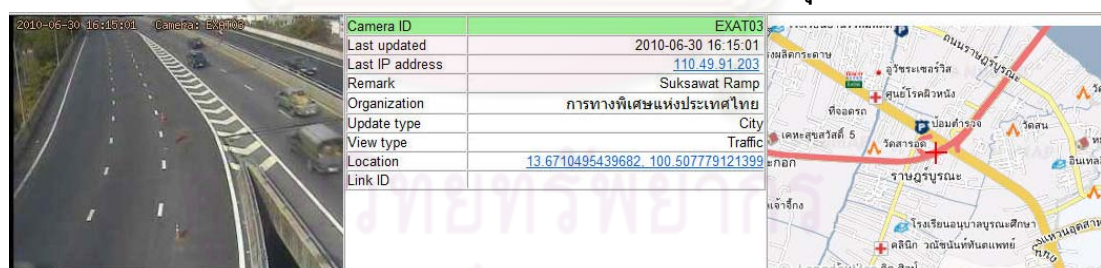
Camera	Location	Camera Status	DVR
EXAT01	เสาไฟส่องสว่างเกาะกลาง พิกัด GPS: 13.6748024686436,100.48318862915	N/A ติดแมนบอร์ดแล้วแต่ใช้ไม่ได้เลยถอดกลับมา	No DVR
EXAT02	เสาไฟส่องสว่างเกาะกลาง พิกัด GPS: 13.6712580413524,100.493488311768	On-line	ติด DVR ไว้
EXAT03	เสาไฟส่องสว่างเกาะกลาง พิกัด GPS: 13.6710495439682,100.507779121399	On-line ปรับมุมมองภาพใหม่แล้วตั้งรูป เพิ่มนับปริมาณและความเร็วบนทางหลักอีก 2 ช่องจราจรและกึ่งใช้งานได้	No DVR
EXAT04	ได้ป้าย overhang พิกัด GPS: 13.6742186842886,100.511384010315	N/A ติดแมนบอร์ดใหม่ไว้ แต่ไม่ออนไลน์กลับมา	ติด DVR ไว้
EXAT05	ได้ป้าย overhead พิกัด GPS: 13.6863527614293,100.521297454834	On-line	No DVR
EXAT06	ได้ป้าย overhead พิกัด GPS: 13.6913563223823,100.52490234375	On-line ปรับมุมมองภาพใหม่แล้วตั้งรูป เพิ่มนับปริมาณและความเร็วบนทางหลักอีก 3 ช่องจราจรและกึ่งใช้งานได้	ติด DVR ไว้
EXAT07	ได้ป้าย overhead พิกัด GPS: 13.6931909347297,100.527992248535	On-line ปรับมุมมองภาพใหม่แล้วตั้งรูป เพิ่มนับปริมาณและความเร็วบนทางหลักอีก 3 ช่องจราจรและกึ่งใช้งานได้	ติด DVR ไว้
EXAT08	เสาไฟส่องสว่างด้านซ้าย พิกัด GPS: 13.6943584078624,100.531597137451	N/A	N/A
EXAT09	เสาไฟส่องสว่างด้านซ้าย พิกัด GPS: 13.6977774029758,100.539665222168	On-line ปรับมุมมองภาพใหม่แล้วตั้งรูป เพิ่มนับปริมาณและความเร็วบนทางหลักอีก 3 ช่องจราจรและกึ่งใช้งานได้	ติด DVR ไว้
EXAT10	เสาไฟส่องสว่างด้านซ้าย พิกัด GPS: 13.7111193471607,100.551681518555	On-line ปรับมุมมองภาพใหม่แล้วตั้งรูป เพิ่มนับปริมาณและความเร็วบนทางหลักอีก 3 ช่องจราจรและกึ่งใช้งานได้	ติด DVR ไว้
EXAT11	ได้ป้าย overhead พิกัด GPS: 13.7143713311893,100.555200576782	N/A ติดตู้ใบเล็กแต่ยังไม่ได้ติดแมนบอร์ด แต่ต่อสัญญาณภาพตรงเข้า DVR	ติด DVR ไว้

เมื่อพิจารณาจากสถานะการทำงานและตรวจเช็คข้อมูลที่มีอยู่จากตารางที่ 3.2 ที่ติดตั้งตั้งแต่วันที่ 3 มิถุนายน 2553 ประมาณ 1 สัปดาห์ พบว่าข้อมูลที่เหมาะสมเพียงพอในการนำมาใช้งานนั้นเป็นข้อมูลในวันอาทิตย์ที่ 6 และวันพุธที่ 9 มิถุนายน 2553 แต่ทว่าในการศึกษาไม่ควรใช้ข้อมูลในช่วงวันหยุด แต่ควรเลือกวันธรรมดา เนื่องจากจะได้สภาพการจราจรที่เป็นปกติมากกว่าช่วงวันหยุด ดังนั้นจึงสรุปเลือกใช้ข้อมูลในวันช่วงเวลา 5:00 - 22:00 ของวันที่ 9 มิถุนายน 2553 ที่มีความสมบูรณ์กว่าช่วงเวลาอื่นๆ ในการนำมาใช้ในการศึกษาค้างนี้

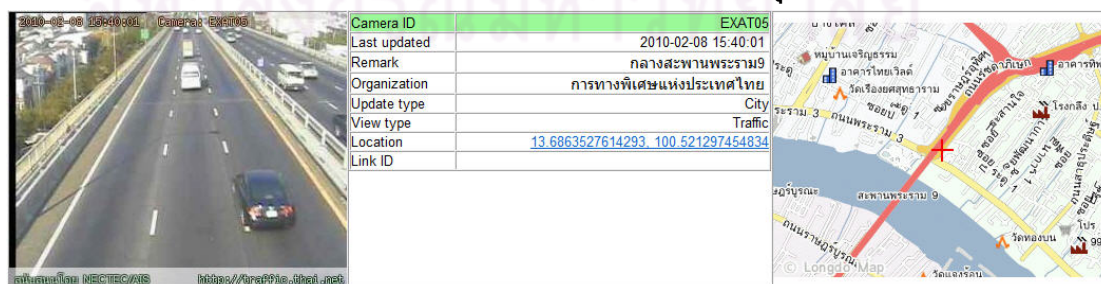
ในช่วงเวลาดังกล่าวนั้นได้รวบรวมข้อมูลจากกล้องวีดีทัศน์ทั้งสิ้น 7 ตัวจากกล้องทั้งหมด 11 ตัว โดยเลือกใช้กล้องตัวที่ 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10 ที่ทำการติดตั้งในภาคสนามซึ่งเป็นระยะทางรวมทั้งสิ้น 8,137 เมตร หรือประมาณ 8 กิโลเมตร โดยมีมุมมองรายละเอียดและตำแหน่งของแต่ละสถานีดังรูปที่ 3.13




(a) กล้อง EXAT 2 ตำแหน่ง ดาวคะนอง-สุขสวัสดิ์



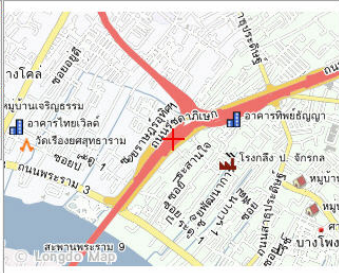
(b) กล้อง EXAT 3 ตำแหน่ง ทางขึ้นสุขสวัสดิ์




(c) กล้อง EXAT 5 ตำแหน่ง กลางสะพานพระราม 9
รูปที่ 3.13 รายละเอียดของกล้องประมวลผลภาพที่นำมาศึกษา



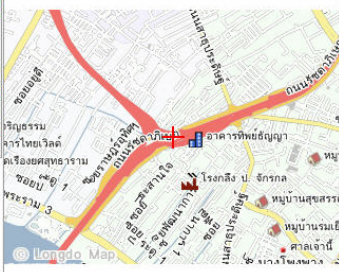
Camera ID	EXAT06
Last updated	2010-02-08 15:40:01
Remark	ทางออกไปด่วน 2
Organization	การทางพิเศษแห่งประเทศไทย
Update type	City
View type	Traffic
Location	13.6913563223823, 100.52490234375
Link ID	




(d) กล้อง EXAT 6 ตำแหน่ง ทางออกไปด่วน 2



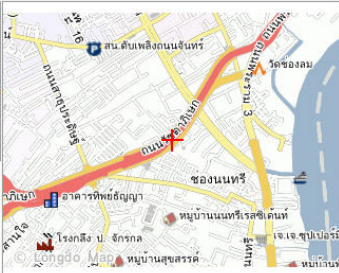
Camera ID	EXAT07
Last updated	2010-02-08 15:40:01
Remark	สาธูปประดิษฐ์ EXIT
Organization	การทางพิเศษแห่งประเทศไทย
Update type	City
View type	Traffic
Location	13.6931909347297, 100.527992248535
Link ID	




(e) กล้อง EXAT 7 ตำแหน่ง ทางออกสาธูปประดิษฐ์




Camera ID	EXAT09
Last updated	2010-02-08 15:40:01
Remark	สาธูปประดิษฐ์ Ramp
Organization	การทางพิเศษแห่งประเทศไทย
Update type	City
View type	Traffic
Location	13.6977774029758, 100.539665222168
Link ID	



(f) กล้อง EXAT 9 ตำแหน่ง ทางขึ้นด้านสาธูปประดิษฐ์



Camera ID	EXAT10
Last updated	2010-02-08 15:40:02
Remark	เรียบแม่น้ำ Ramp
Organization	การทางพิเศษแห่งประเทศไทย
Update type	City
View type	Traffic
Location	13.7111193471607, 100.551681518555
Link ID	



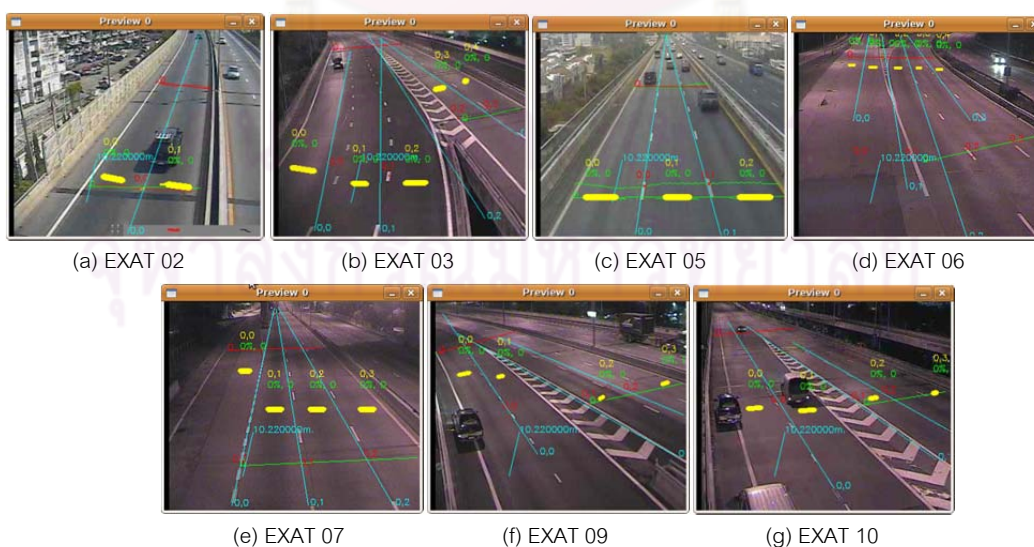
(g) กล้อง EXAT 10 ตำแหน่ง ทางขึ้นด้านเรียบแม่น้ำ

รูปที่ 3.13 รายละเอียดของกล้องประมวลผลภาพที่นำมาศึกษา (ต่อ)

3.4 การถอดข้อมูลการจราจร

ค่าการจราจรที่อุปกรณ์ตรวจจับรวบรวมได้ คือ ช่วงระยะห่างเวลาระหว่างยานพาหนะ และค่าความเร็ว จากการศึกษารายงานของ Luou Shen (2008) พบว่าความแม่นยำของข้อมูลเวลาการเดินทางที่ได้จากการประมาณในช่วงความถี่ 1 – 5 นาทีที่มีความแตกต่างกันไม่มากนัก โดย Jianhua Guo และคณะ (2008) เสนอให้เก็บข้อมูลเพื่อใช้ประมาณเวลาการเดินทางในช่วงความถี่ 5 – 10 นาที โดยจะได้ลักษณะข้อมูลที่คงที่ มีความแปรปรวนต่ำ และแนะนำว่าไม่ควรใช้ช่วงเวลาที่ต่ำกว่า 5 นาทีในการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมถึงเมื่อได้พิจารณาจากข้อมูลที่รวบรวมได้พบว่าควรเลือกใช้ช่วงความถี่ของข้อมูล 5 นาที เพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูลที่เพียงพอต่อกระบวนการประมาณเวลาการเดินทางที่จะใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ดังนั้นข้อมูลที่รวบรวมได้จะถูกแยกไฟล์ทุกๆ 5 นาที โดยโปรแกรมจะบันทึกเวลาของรถยนต์แต่ละคันที่แล่นผ่านตัวตรวจจับ จาลอง และสุ่มวัดค่าความเร็วของรถยนต์ที่แล่นผ่านพื้นที่ตรวจจับ โดยข้อมูลจะแยกตามช่องจราจรโดยมีลักษณะการตั้งค่าตรวจจับในแต่ละสถานีดังรูปที่ 3.14 จากรูปการตั้งค่าเพื่อเก็บข้อมูลในแต่ละสถานีนั้น มีรายละเอียดอธิบายแต่ละตัวตรวจจับดังนี้

- เส้นหนาสีเหลืองคือตำแหน่งของตัวตรวจจับเก็บค่า ช่วงห่างเวลาระหว่างยานพาหนะ
- เส้นสีเขียวคือเส้นเริ่มต้นการเก็บข้อมูลรถยนต์ที่แล่นเข้ามาในพื้นที่สถานีสำรวจ
- เส้นสีแดงคือเส้นสิ้นสุดการเก็บข้อมูลรถยนต์ที่บันทึกเวลาเพื่อหาความเร็ว



รูปที่ 3.14 มุมกล้องและตำแหน่งของบริเวณตรวจจับ (sensor)

ลักษณะข้อมูลของยานพาหนะแต่ละคันที่ได้จากระบบประมวลผลภาพ มีรูปแบบและรายละเอียดความหมายของแต่ละตัวแปรดังรูปที่ 3.15

<p>speed,2,2009080617310067,53.83 ความเร็ว, [ID ช่องจราจร], [yyyymmddhhmm][4 ตัวเลขสุดท้าย วินาทีที่ศนิยม 2 ตำแหน่ง], [ความเร็ว - กิโลเมตรต่อชั่วโมง]</p> <p>headway,0,2009080617310263,0 ช่วงห่างระหว่างยานพาหนะ,[ID ช่องจราจร], [yyyymmddhhmssss], [ประเภทยานพาหนะ – ยังใช้งานไม่ได้]</p>

รูปที่ 3.15 ตัวอย่างข้อมูลและความหมายตัวแปรต่างๆจากระบบประมวลผลภาพ

จากนั้นทำการแปลงข้อมูลเพื่อนำมาใช้ โดยหาข้อมูลเฉลี่ยทุกช่วงเวลา 5 นาที

ปริมาณการจราจรเฉลี่ยที่จุดอ้างอิง ข้อมูลที่ได้จากระบบประมวลผลภาพสามารถนำมาหาค่า ปริมาณการจราจรเฉลี่ยที่จุดอ้างอิงทุก 5 นาที ได้จากสมการ (3.1)

$$q = \frac{1}{\text{Average headway}} \quad (3.1)$$

โดยที่ q = ปริมาณการจราจรหน่วย คันต่อชั่วโมง
 Average headway = ช่วงห่างระหว่างยานพาหนะเฉลี่ยหน่วย วินาที

ความเร็วเฉลี่ยที่จุดอ้างอิง จากข้อมูลที่ได้จากระบบประมวลผลภาพนำมาหาค่าเฉลี่ยข้อมูลความเร็วทุก 5 นาที โดยสามารถหาได้จาก 2 วิธี

1. Arithmetic mean (AM) หรือค่าเฉลี่ยเลขคณิต

ค่าเฉลี่ยที่ได้จากผลรวมของค่าความเร็ว (ของยานพาหนะแต่ละคัน) หารด้วยจำนวนข้อมูล

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.2)$$

ซึ่งใช้ในการคำนวณหาค่า Time mean speed (TMS) คือ ค่าเฉลี่ยความเร็วของ ยวดยานทั้งหมดที่วิ่งผ่านตำแหน่งใดๆ บนทางหรือช่องจราจรในช่วงเวลาที่กำหนด

$$TMS = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{s}{t_i} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n v_i \quad (3.3)$$

โดยที่
 n = จำนวนข้อมูลเวลาการเดินทาง
 s = ระยะทางที่เคลื่อนที่
 t = เวลาที่ใช้ในการเดินทางของยานพาหนะคันที่ i
 v = ความเร็วของยานพาหนะคันที่ i

2. Harmonic mean (HM) หรือค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิก

ค่าเฉลี่ยนี้ได้มาจากส่วนกลับของค่าเฉลี่ยของผลบวกของส่วนกลับของค่า ความเร็วแต่ละคัน เหมาะสมในการใช้อธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีลักษณะเป็นอัตราส่วน เช่น ข้อมูลระยะทางต่อเวลา

$$\bar{x} = n \cdot \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i} \right)^{-1} \quad (3.4)$$

ซึ่งใช้ในการคำนวณหาค่า Space mean speed (SMS) คือ ค่าเฉลี่ยความเร็ว ของยวดยานทั้งหมดที่ครอบคลุมช่วงทางที่พิจารณา

$$SMS = ns \cdot \left(\sum_{i=1}^n t_i \right)^{-1} = n \cdot \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{v_i} \right)^{-1} \quad (3.5)$$

โดย
 n = จำนวนข้อมูลเวลาการเดินทาง
 s = ระยะทางที่เคลื่อนที่
 t = เวลาที่ใช้ในการเดินทางของยวดยานคันที่ i
 v = ความเร็วของยานพาหนะคันที่ i

ความเร็วที่นิยมนำมาใช้ในการประมาณค่าเวลาการเดินทางโดยตรงจะนิยมใช้ค่า TMS ของสถานีสำรวจมาประมาณความเร็วบนช่วงทางด้วยการเลือกใช้วิธีการบนช่วงทางรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งวิธีการเดียวตลอดทั้งพื้นที่ แต่การใช้ค่า TMS จะเสมือนเป็นการแทนค่าความเร็วบน

ตำแหน่งใดๆ ด้วยการสมมติให้บริเวณนั้นมีค่าความเร็วและรูปแบบที่สม่ำเสมอเท่ากันหมดทั้งช่วงทาง แต่ในสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นจริงยานพาหนะแต่ละคันไม่ได้มีรูปแบบดังกล่าว ซึ่งมีความแตกต่างกันไปและไม่สม่ำเสมอ

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะศึกษาโดยทดลองใช้ข้อมูลจากแต่ละสถานีจากข้อมูลทั้ง 2 รูปแบบ แต่เพื่อป้องกันความสับสนและทำให้เนื้อหากระชับจะทำการดำเนินเนื้อหาด้วยการแสดงการคำนวณจากค่า SMS เป็นหลัก และจะแสดงเฉพาะผลสรุปที่ได้จากค่า TMS จากกระบวนการศึกษาที่เหมือนกันเพิ่มเติมเพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้น

ข้อมูลที่จัดเรียงอยู่ในตารางที่ 3.3 คือข้อมูลที่ได้จากการถอดข้อมูลตัวอักษรที่บันทึกจากอุปกรณ์ประมวลผลภาพโดยความหมายของค่าที่แสดงอยู่ในตารางแต่ละช่องนั้น คือค่าต่างๆดังนี้

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างข้อมูลในการนำมาใช้ที่แปลงจากข้อมูลที่บันทึก

คอลัมน์ที่ 1	คอลัมน์ที่ 2	คอลัมน์ที่ 3	คอลัมน์ที่ 4	คอลัมน์ที่ 5	คอลัมน์ที่ 6	คอลัมน์ที่ 7	คอลัมน์ที่ 8
30000	194	1.55515464	2314.88233	68	133.299412	28.6163735	126.896726
30300	208	1.44759615	2486.88143	80	150.37975	21.6646122	147.264099
30600	197	1.5243658	2361.63836	71	143.303099	20.3379276	140.551841
30900	193	1.55284974	2318.31832	72	152.566806	20.7456839	149.657306

- คอลัมน์ที่ 1 ช่วงเวลา เช่น 0 หมายถึงช่วงเวลา 0 – 300 (ระยะเวลา 5 นาที)
- คอลัมน์ที่ 2 ปริมาณยานพาหนะที่แล่นผ่าน (คันต่อ 5 นาที)
- คอลัมน์ที่ 3 ค่าเฉลี่ยช่วงระยะห่างเวลาระหว่างยานพาหนะ (วินาที)
- คอลัมน์ที่ 4 ปริมาณการจราจร (คันต่อชั่วโมง)
- คอลัมน์ที่ 5 ปริมาณยานพาหนะที่จับค่าความเร็ว
- คอลัมน์ที่ 6 ความเร็ว (Time mean speed) (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
- คอลัมน์ที่ 7 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation : SD)
- คอลัมน์ที่ 8 ความเร็ว (Space mean speed) (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณนั้นจะจัดแบ่งตามช่วงเวลาและแยกตามสถานีเก็บข้อมูลโดยมีลักษณะดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างข้อมูลจัดเรียงในการนำมาใช้งาน

Time	Exat2		Exat3		Exat5		Exat6		Exat7		Exat9		Exat10	
	Flow1	Speed1	Flow2	Speed2	Flow3	Speed3	Flow4	Speed4	Flow5	Speed5	Flow6	Speed6	Flow7	Speed7
12:00:00	2589	102	2891	93	3719	152	3132	138	1597	130	2081	87	2227	55
12:05:00	2921	106	3023	91	3686	154	3233	138	1699	123	2023	82	2023	66
12:10:00	2817	100	3096	108	3961	163	3007	141	933	105	1401	89	2698	58
12:15:00	2511	107	2861	129	3872	160	2771	145	1301	117	1971	85	2128	73
12:20:00	2568	106	2679	133	3241	157	2510	142	1359	117	1115	81	2088	75
12:25:00	3227	100	3120	121	3367	159	2908	140	1716	120	1937	81	1877	66
12:30:00	2785	109	3103	98	4748	147	3460	138	1521	129	2204	85	2056	63
12:35:00	2724	108	2942	104	3353	158	2543	140	1296	128	1186	80	2486	57
12:40:00	2591	102	2723	106	3543	159	2703	147	769	121	1947	93	1942	64
12:45:00	2564	105	2959	97	3760	154	2702	153	1587	116	1779	86	1651	69
12:50:00	2503	107	2399	94	3414	160	2625	149	1390	115	851	80	1916	70
12:55:00	2681	106	2908	86	3524	161	2831	141	1427	109	1999	80	2023	62

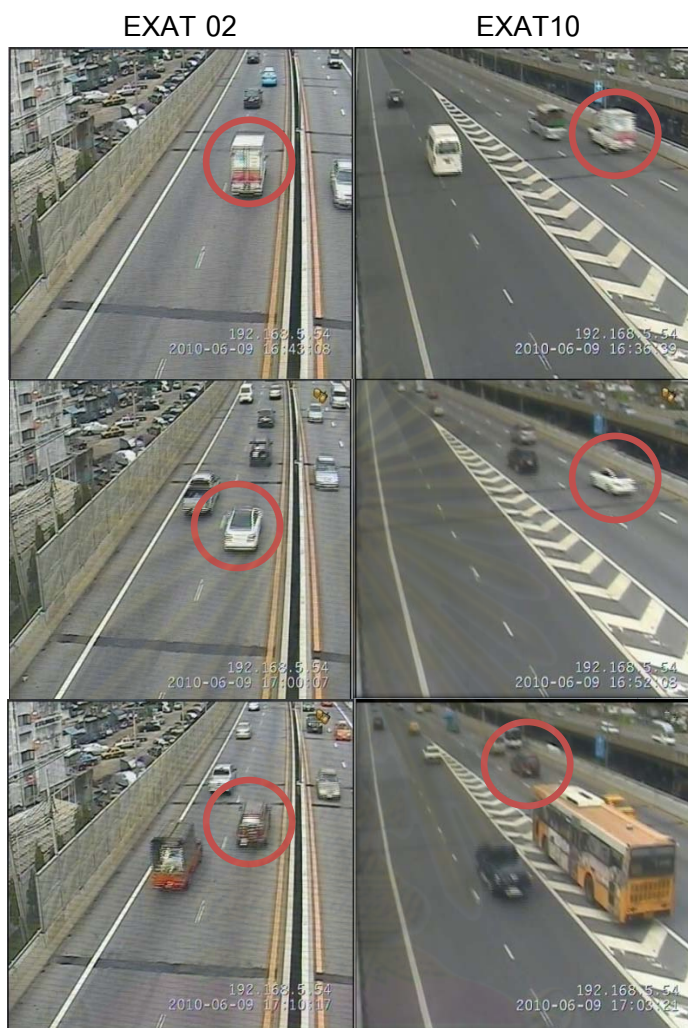
หมายเหตุ Flowหน่วย (vph), Speed หน่วย (kph), Exat ตำแหน่งสถานี

3.5 การหาเวลาการเดินทางจริงด้วยวิธีการพิจารณาจากภาพวิดีโอ

ทำการติดตั้ง DVR (Digital Video Recorder) เพื่อบันทึกภาพถ่ายวิดีโอจากกล้องสำรวจที่ติดตั้งไว้ในภาคสนามในช่วงวันเวลาเดียว กับช่วงที่ทำการรวบรวมข้อมูลในภาคสนาม โดยจะทำการรวบรวมเวลาในการเดินทางโดยถอดข้อมูลจากตัวอย่างรถที่วิ่งผ่านจุดสำรวจในแต่ละช่วงเวลา ทุก 5 นาที จากภาพถ่ายวิดีโอที่บันทึกไว้ใน DVR จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยของเวลาในการเดินทางที่เกิดขึ้นจริงเพื่อใช้เป็นตัวแทนของค่าเวลาในการเดินทางเพื่อนำไปใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าเวลาในการเดินทางที่คำนวณได้จากแต่ละวิธีการต่อไป ดังตัวอย่างภาพที่แสดงในรูปที่ 3.16 โดยในการบันทึกข้อมูล DVR นี้ จะทำการติดตั้ง DVR ในตำแหน่งดังนี้

บริเวณจุดเริ่มต้นของเส้นทาง กล้อง EXAT 02 ตำแหน่ง ดาวคะนอง-สุขสวัสดิ์

บริเวณจุดสิ้นสุดของเส้นทาง กล้อง EXAT 10 ตำแหน่ง ทางขึ้นด่านเรียบแม่น้ำ



รูปที่ 3.16 ตัวอย่างภาพจากกล้องต้นทางและปลายทาง

3.6 พิจารณาลักษณะของข้อมูล

ในส่วนของคุณมูนนั้นถึงแม้จะทำการคัดเลือกข้อมูลในช่วงเวลาที่คาดว่าข้อมูลจะมีความสมบูรณ์แล้วก็ตาม แต่เมื่อทำการตรวจสอบข้อมูลก็ยังคงพบว่าบางช่วงเวลามีข้อมูลที่ขาดหายไปอยู่โดยข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณของข้อมูลที่ขาดหายในแต่สถานี ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ปริมาณข้อมูลที่ขาดหายแต่ละสถานี

	Exat 2	Exat 3	Exat 5	Exat 6	Exat 7	Exat 9	Exat 10
%	0.74	0.00	0.65	0.49	0.00	5.37	0.49

เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าข้อมูลในแต่ละสถานี ในช่วงเวลาที่ศึกษานั้นค่อนข้างจะสมบูรณ์ยกเว้นข้อมูลที่รวบรวมได้จากสถานีที่ 9 ที่มีปริมาณข้อมูลขาดหายไปประมาณร้อยละ 5.37 ซึ่งในส่วนของข้อมูลที่ขาดหายนั้น จะต้องทำการเติมข้อมูลดังกล่าว โดยส่วนใหญ่ ในการเติมข้อมูลที่ขาดหายจะทำใน 3 รูปแบบ คือ

1. การเติมข้อมูลที่ขาดหายโดยการเฉลี่ยจากข้อมูลแนวราบ

การเฉลี่ยในแนวราบเป็นการเฉลี่ยข้อมูลจากสถานีข้างเคียง ที่อยู่ตำแหน่งก่อนและหลังสถานีที่ข้อมูลขาดหายดังตัวอย่างในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 รูปแบบการเติมข้อมูลที่ขาดหายโดยการเฉลี่ยจากข้อมูลแนวราบ

	Exat 2	Exat 3	Exat 5
7:35:00 PM	100	62.5	59.3
7:40:00 PM	132	66.3	62.1
7:45:00 PM	110	68.9	66.4
7:50:00 PM	121	72.0	69.2
7:55:00 PM	121		65.9
8:00:00 PM			

แต่ทว่าในการศึกษาครั้งนี้แต่ละสถานีบางตำแหน่งมีลักษณะที่แตกต่างกันมาก ดังนั้นการเฉลี่ยจากค่าดังกล่าวจึงเป็นวิธีการที่ไม่เหมาะสมในการนำมาใช้กับการศึกษาครั้งนี้

2. การเติมข้อมูลที่ขาดหายโดยการเฉลี่ยจากข้อมูลแนวตั้ง

การเฉลี่ยในแนวตั้งเป็นการเฉลี่ยข้อมูลจากช่วงเวลาก่อนและหลังของช่วงเวลาที่ข้อมูลขาดหาย ดังตัวอย่างในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 รูปแบบการเติมข้อมูลที่ขาดหายโดยการเฉลี่ยจากข้อมูลแนวตั้ง

	Exat 2	Exat 3	Exat 5
7:35:00 PM	100	62.5	59.3
7:40:00 PM	132	66.3	62.1
7:45:00 PM	110	68.9	66.4
7:50:00 PM	121	72.0	69.2
7:55:00 PM	121		65.9
8:00:00 PM			

แต่ทว่าเมื่อมองตามความเป็นจริงในการเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อมูลที่ได้จะมีเฉพาะข้อมูลในช่วงเวลาที่ผ่านพ้นไปแล้ว ดังนั้นวิธีการดังกล่าวจึงไม่สามารถนำมาใช้ได้ในการศึกษาครั้งนี้

3. การเติมข้อมูลที่ขาดหายด้วยวิธี Moving average

จากสภาพความเป็นจริงที่มีข้อมูลเฉพาะในช่วงเวลาที่ผ่านพ้นไปแล้ว ดังนั้นการเติมข้อมูลที่ขาดหายให้สมบูรณ์ โดยการใช้วิธี Moving average จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมมากกว่าวิธีการทั้ง 2 รูปแบบที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้ โดยมีลักษณะการเติมข้อมูลที่ขาดหายไป ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 รูปแบบการเติมข้อมูลที่ขาดหายโดยการ Moving average

	Exat 2	Exat 3	Exat 5
7:35:00 PM	100	62.5	59.3
7:40:00 PM	132	66.3	62.1
7:45:00 PM	110	68.9	66.4
7:50:00 PM	121	72.0	69.2
7:55:00 PM	121	69.1	65.9
8:00:00 PM			

ซึ่งจำนวนของข้อมูล (n) ที่จะนำมาใช้ในการเฉลี่ยครั้งนี้ เลือกใช้ $n=3$ ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่อยู่ในช่วงเวลาก่อนหน้าประมาณ 15 นาที เนื่องจากเมื่อใช้ค่า n ยิ่งมากช่วงระยะเวลาของข้อมูลที่นำมาใช้ก็จะสูงขึ้น ทำให้ค่าที่จะนำมาใช้ในการเฉลี่ยมีความแตกต่างจากค่าที่ขาดหายไปในช่วงเวลาที่ต้องการมากยิ่งขึ้นดังตัวอย่างค่าจากการประมาณและความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเลือกใช้ค่า n ตั้งแต่ $n = 2$ ถึง $n=6$ ดังตารางที่ 3.9 และตารางที่ 3.10 ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนจาก $n = 3$ จะต่ำกว่า n ที่มากกว่า แต่ถ้าเลือก $n = 2$ จะพบปัญหากรณีที่ข้อมูลไม่สมบูรณ์ 2 ช่วงเวลาอยู่ติดกันได้ง่าย ซึ่งจะไม่สามารถประมาณค่าดังกล่าวได้ อีกทั้งกรณีที่ข้อมูลมีความแปรปรวนสูงในช่วงระยะเวลาสั้นๆ โอกาสที่การประมาณค่าเพื่อนำมาเติมข้อมูลที่ขาดหายผิดพลาดก็จะยิ่งมากขึ้นตามไปด้วยจึงเลือกใช้ $n = 3$ ในการคาดการณ์ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้

ตารางที่ 3.9 ตัวอย่างค่าการประมาณจากการเลือกใช้ค่า n

Moving Average (n=2-6)						
n	Have	Flow	No. TMS	TMS ave	SD TMS	SMS
	s	vph	veh	kph	kph	kph
6	3.3	1197	142	69.4	14.5	63.5
5	3.4	1194	141	69.5	14.8	63.0
4	2.7	1346	143	68.9	15.1	61.5
3	2.6	1397	143	67.4	15.5	58.5
2	2.4	1472	139	65.0	16.5	53.0
Real	2.5	1453	146	59.7	19.9	42.6

ตารางที่ 3.10 ตัวอย่างความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเลือกใช้ค่า n

MAPE						
n	Have	Flow	No. TMS	TMS ave	SD TMS	SMS
	s	vph	veh	kph	kph	kph
6	34.1	17.6	2.9	16.3	27.3	48.9
5	36.8	17.9	3.3	16.4	25.7	47.8
4	9.0	7.4	2.2	15.5	24.1	44.2
3	4.7	3.9	2.3	12.9	22.0	37.2
2	1.2	1.3	4.8	8.8	17.2	24.3

หลังจากได้ข้อมูลที่สมบูรณ์จะทำการศึกษา แสดงผล และวิเคราะห์ถึงลักษณะของข้อมูลที่รวบรวมได้ โดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาค้างนี้มีอยู่ 3 ชนิด คือ

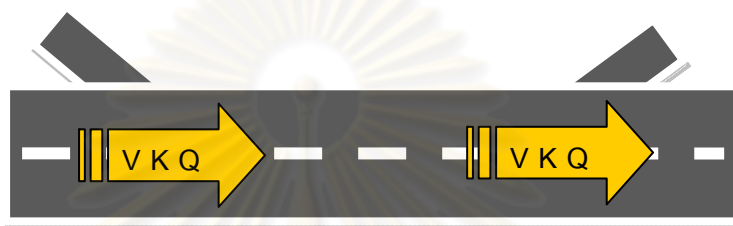
- ข้อมูลความเร็ว
- ข้อมูลปริมาณการจราจร
- ข้อมูลเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง

โดยรายละเอียดของเนื้อหาดังกล่าวจะแสดงอยู่ใน บทที่ 4 ในเรื่องข้อมูลการศึกษา ซึ่งเป็นบทต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.7 การหาค่าเวลาการเดินทาง

การหาค่าเวลาการเดินทางด้วยวิธีการต่างๆ จากข้อมูลความเร็วและปริมาณการจราจรที่ถอดได้จากข้อมูลกล้องวิดีโอที่เก็บในแต่ละจุด เพื่อหาค่าที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงที่ติดตั้งอุปกรณ์ โดยการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาบนทางพิเศษ จึงให้ความสำคัญข้อมูลค่าการจราจรของถนนบนทางหลัก ดังรูปที่ 3.17 ในการนำมาใช้คำนวณและวิเคราะห์บนช่วงทางต่างๆ



รูปที่ 3.17 ตัวแปรข้อมูลบนทางหลัก

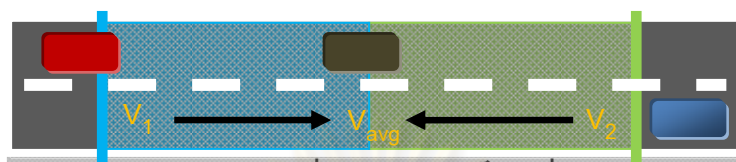
ตามหลักทฤษฎีการเคลื่อนตัวของการจราจรนั้น ความเร็วที่ใช้ในการพิจารณาของยานพาหนะแต่ละคันควรใช้เป็น Space Mean Speed (SMS) ของทั้งเส้นทาง แต่ทว่าการที่จะเก็บข้อมูลดังกล่าวของยานพาหนะทุกคันในความเป็นจริงนั้นเป็นไปได้ยาก ดังนั้นโดยส่วนใหญ่จึงนิยมนำค่าเฉลี่ยของ Time Mean Speed (TMS) ที่รวบรวมได้ของแต่ละสถานีสำรวจมาพิจารณาแทน ดังนั้นในการศึกษานี้จะคำนวณเปรียบเทียบจากวิธีการประมาณจากค่าความเร็วที่มีการทดลองนำมาใช้ภาคสนามกันในปัจจุบัน โดยจะทำการพิจารณาลักษณะความสัมพันธ์ของข้อมูลต่างๆ ที่พบได้ในแต่ละรูปแบบจากกระบวนการ ว่ามีลักษณะความสัมพันธ์อย่างไร และวิธีการใดจะเหมาะสม และสามารถนำมาพัฒนาทำให้วิธีการคำนวณหาค่าเวลาการเดินทางมีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น โดยการหาค่าเวลาดังกล่าวมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.7.1 การหาค่าเวลาการเดินทางบนช่วงทางจากการคำนวณด้วยความเร็ว

รูปแบบที่มาในการคำนวณค่าความเร็วเฉลี่ย ที่ใช้เป็นความเร็วของแต่ละช่วงทางนั้นสามารถหาได้ในหลากหลายวิธี ซึ่งจะมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะของสภาพการจราจรที่เกิดขึ้น ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะทำการคำนวณและแสดงให้เห็นลักษณะความแตกต่างของความเร็วที่นำมาใช้ในแต่ละรูปแบบ ว่าปัจจัยใดมีผลต่อแต่ละวิธีการ และมีผลต่อค่าเวลาในการเดินทางที่

คำนวณออกมาได้เป็นอย่างไร ซึ่งผลดังกล่าวจะแสดงไว้อยู่ในเนื้อหาบทที่ 5 โดยการประมาณค่าเวลาการเดินทางจากค่าความเร็วมีรูปแบบต่างๆ ดังนี้

วิธีที่ 1 หาเวลาการเดินทางจากค่าความเร็วเฉลี่ย



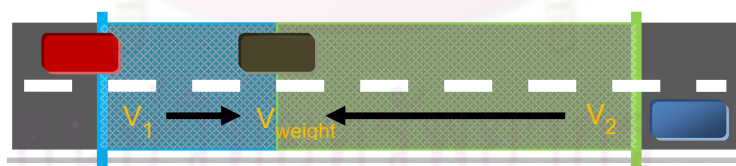
รูปที่ 3.18 ความเร็วเฉลี่ย

โดยเฉลี่ยความเร็วจากสองจุดแล้วคิดหา T ดังสมการ

$$T_n = \frac{2 * S}{v_{up} + v_{down}} = \frac{S}{\bar{v}_{avg}} \quad (3.6)$$

- โดย
- T_n คือเวลาการเดินทางของรถบนช่วงทางในช่วงเวลาใดๆ (น) (ชม.)
 - V_{up} คือความเร็วเฉลี่ยของรถที่จุดรถเข้าในช่วงเวลาใดๆ (น) (กม./ชม.)
 - V_{down} คือความเร็วเฉลี่ยของรถที่จุดรถออกในช่วงเวลาใดๆ (น) (กม./ชม.)
 - S คือระยะทางบนช่วงทางที่พิจารณา (กม.)

วิธีที่ 2 หาเวลาการเดินทางจากค่าความเร็วโดยการถ่วงน้ำหนักจากปริมาณการจราจรที่ปลายทั้งสองของช่วงทาง



รูปที่ 3.19 ความเร็วโดยถ่วงน้ำหนักจากปริมาณการจราจร

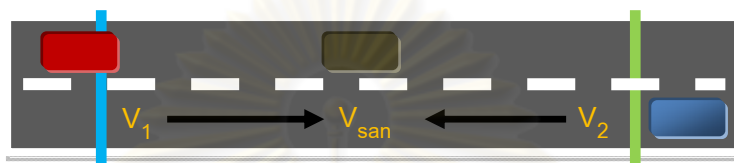
โดยเฉลี่ยความเร็วจากสองจุดจากค่าปริมาณการจราจรแล้วคิดหา T ดังสมการ

$$T_n = S / \left\{ \left[V_{up} * \left(Q_{up} / (Q_{up} + Q_{down}) \right) \right] + \left[V_{down} * \left(Q_{down} / (Q_{up} + Q_{down}) \right) \right] \right\} \quad (3.7)$$

- โดย
- T_n คือเวลาการเดินทางของรถบนช่วงทางในช่วงเวลาใดๆ (น) (ชม.)
 - V_{up} คือความเร็วเฉลี่ยของรถที่จุดรถเข้าในช่วงเวลาใดๆ (น) (กม./ชม.)

- V_{down} คือความเร็วเฉลี่ยของรถที่จุดรถออกในช่วงเวลาใดๆ (n) (กม./ชม.)
 Q_{up} คือปริมาณการจราจรที่จุดรถเข้าในช่วงเวลาใดๆ (n) (คัน/ชม.)
 Q_{down} คือปริมาณการจราจรที่จุดรถออกในช่วงเวลาใดๆ (n) (คัน/ชม.)
 S คือระยะทางบนช่วงทางที่พิจารณา (กม.)

วิธีที่ 3 หาเวลาการเดินทางจากวิธีชานอันโตนิโอ



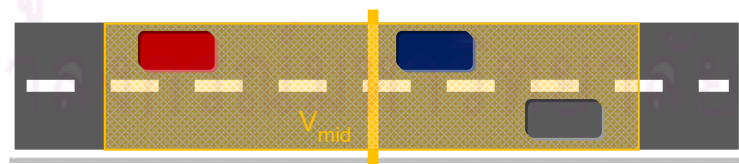
รูปที่ 3.20 ความเร็วโดยวิธีชานอันโตนิโอ

โดยพิจารณาค่าความเร็วเฉลี่ยจุดปลายของช่วงทาง เลือกใช้ค่าความเร็วที่น้อยกว่าเป็นตัวแทนค่าความเร็วในช่วงทางที่พิจารณาเพื่อหาค่าเวลาในการเดินทางจากสมการ

$$T_n = \frac{S}{V_{san}} \quad (3.8)$$

- โดย T_n คือเวลาการเดินทางของรถบนช่วงทางที่พิจารณาในช่วงเวลาใดๆ (n)
 S คือระยะทางบนช่วงทางที่พิจารณา (กม.)
 V_{san} คือความเร็วด้านที่มีค่าน้อยกว่า (กม./ชม.)

วิธีที่ 4 หาเวลาการเดินทางจากวิธีความเร็วที่จุดกึ่งกลาง



รูปที่ 3.21 ความเร็วโดยวิธีความเร็วที่จุดกึ่งกลาง

หาเวลาการเดินทางที่จุดกึ่งกลางช่วงทางโดยพิจารณาใช้ค่าระยะทางในช่วงทางที่พิจารณาหารด้วยความเร็วเฉลี่ยที่ได้จากกึ่งกลางของช่วงทางดังกล่าวดังสมการ

$$T_n = \frac{S}{V_{mid}} \quad (3.9)$$

โดย T_n คือเวลาการเดินทางของรถบนช่วงทางที่พิจารณาในช่วงเวลาใดๆ (n)
 S คือระยะทางบนช่วงทางที่พิจารณา (กม.)
 V_{mid} คือความเร็วที่กึ่งกลางช่วงทาง (กม./ชม.)

3.7.2 การคาดการณ์โดยใช้วิธี Moving Average

ในการรวบรวมเวลาการเดินทางแบบขั้นบันไดนั้น จำเป็นต้องมีข้อมูลการจราจรในช่วงเวลาถัดไปเพื่อนำมาใช้งาน ดังนั้นจึงต้องมีการคาดการณ์ข้อมูลดังกล่าวขึ้นมาเพื่อนำมาใช้ โดยในการศึกษาครั้งนี้จะเลือกใช้วิธีการ Moving Average ที่สะดวกรวดเร็วในการคาดการณ์เวลาการเดินทางบนช่วงทางในช่วงเวลาถัดไป โดยจะใช้จำนวนช่วงเวลาก่อนหน้า 3 ช่วงเวลาซึ่งก็คือ 15 นาที มาใช้ในการเฉลี่ยหาค่าคาดการณ์ดังกล่าวขึ้นมา โดยใช้หลักการเหมือนกับการเติมข้อมูลที่ขาดหายให้สมบูรณ์ที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ โดยจะแสดงตัวอย่างการคาดการณ์ไว้ในบทที่ 6 ที่ทำการประมาณเวลาการเดินทางแบบ Online ซึ่งจะต้องทำการคาดการณ์ข้อมูลขึ้นมาใช้ในการศึกษา

3.7.3 การรวมเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง

ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาความแตกต่างของการหาผลรวมของเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นทั้งเส้นทาง จาก 2 วิธี คือ

A. การรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นโดยตรง ณ ช่วงเวลาเดียวกัน

วิธีการนี้บวกรวมค่าเวลาการเดินทางโดยใช้ข้อมูลในช่วงเวลาที่ยานพาหนะเริ่มต้นเข้าสู่เส้นทาง ตลอดทุกช่วงของเส้นทาง เพื่อเป็นตัวแทนของค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นของทั้งเส้นทางในช่วงเวลาดังกล่าว ดังตัวอย่างในตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 การรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นโดยตรง

Time	Sta.1	Sta.2	Sta.3	Sta.4	Total
1	A	A	A	A	AAAA
2	B	B	B	B	BBBB
3	C	C	C	C	CCCC

B. การรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นแบบขั้นบันได

วิธีการนี้บวกรวมเวลาการเดินทางโดยใช้ข้อมูลเวลาการเดินทางในแต่ละช่วงเวลาที่ยานพาหนะเข้าสู่แต่ละช่วงทาง ดังตัวอย่างในตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 การรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นแบบขั้นบันได

Time	Sta.1	Sta.2	Sta.3	Sta.4	Total
1	A	A	A	A	AABC
2	B	B	B	B	BBCD
3	C	C	C	C	CCDE

ยกตัวอย่าง เช่น ถ้าช่วงเวลาของข้อมูล 1 2 3 คือ 8:00-8:05 น. 8:05-8:10 น. และ 8:10-8:15 น. ตามลำดับ เวลาการเดินทางที่ใช้ A B C คือ 3 5 และ 2 นาที ดังนั้นเมื่อยานพาหนะเริ่มต้นที่เวลา 8:00 น. ผ่านช่วงทาง Sta.1 จะใช้เวลาเดินทาง 3 นาที ใช้เวลาน้อยกว่า 5 นาที ดังนั้นเมื่อเดินทางผ่าน Sta.2 จะใช้ข้อมูลเวลาการเดินทาง A ที่ช่วงเวลา 8:00-8:05 น. คือ 3 นาที บวกรวม รวมใช้เวลา 6 นาที ดังนั้นยานพาหนะจะถึงช่วงทาง Sta.3 เวลาประมาณ 8:06 น. ซึ่งใช้เวลาเดินทางรวมมากกว่า 5 นาที จึงต้องใช้ข้อมูลเวลาการเดินทาง B ในช่วงเวลา 8:05-8:10 มาบวกแทน รวมใช้เวลาการเดินทางเมื่อถึงช่วงทาง Sta.3 11 นาที จากนั้นยานพาหนะจะถึงช่วงทาง Sta.4 เวลาประมาณ 8:11 น. ซึ่งใช้เวลาเดินทางรวมมากกว่า 10 นาที จึงต้องใช้ข้อมูลเวลาการเดินทาง C ในช่วงเวลา 8:10-8:15 มาบวกแทน รวมใช้เวลาการเดินทางทั้งสิ้น 13 นาที โดยการประมาณเวลาการเดินทางแบบทันกาลจะมีข้อมูลเฉพาะในช่วงเวลาที่ผ่านพ้นไปแล้ว ดังนั้นในการรวมเวลารูปแบบนี้จึงต้องมีการคาดการณ์ข้อมูลขึ้นมาใช้

3.8 การวิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะเวลาการเดินทางที่ได้แต่ละวิธี

ค่าเวลาการเดินทางที่ได้จากขั้นตอนการศึกษานั้นแตกต่างกันทั้งในส่วนของค่าตัวแปรการจราจรพื้นฐานที่นำมาใช้ และในส่วนของวิธีการในการรวมเวลาในแต่ละช่วงทางเพื่อใช้เป็นตัวแทนของเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง ดังนั้นในการศึกษาคำนี้จึงจะทำการพิจารณาถึงศักยภาพของแต่ละวิธีการ โดยทำการเปรียบเทียบกับค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริงที่ทำการสำรวจ เพื่อจะได้ทราบว่าในการหาเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นในภาคสนามจริงที่ต้องการข้อมูลแบบทันกาลนั้น ควรจะเลือกใช้วิธีการใดและมีความแตกต่างกัน อย่างไรในแต่ละวิธี โดยมีแนวทางที่จะวิเคราะห์ซึ่งจะแสดงรายละเอียดต่อไปในบทที่ 5 ดังนี้

1. สร้างแผนภูมิเพื่อพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะของค่าเวลาการเดินทางที่ได้ในแต่ละวิธีการและเปรียบเทียบกับค่าจริง
2. วิเคราะห์สาเหตุที่มาของจุดเด่นและจุดด้อยในแต่ละวิธีที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจพบได้จาก
 - a. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวแปรการจราจรต่างๆ
 - b. ลักษณะของช่องทาง
 - c. ลักษณะของช่วงเวลา
 - d. พฤติกรรมของการจราจร เช่น การจราจรแบบปกติ หรือแบบหนาแน่น

ซึ่งผลในการวิเคราะห์ข้างต้นสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงวิธีการให้เหมาะสม ด้วยการพิจารณาถึงลักษณะและความแตกต่างของข้อมูลการจราจรที่เกิดขึ้นจริง โดยเปรียบเทียบค่าเวลาการเดินทางจากแต่ละวิธีกับค่าจริงที่ได้จากการถอดข้อมูลภาพและทำการคำนวณหาค่าความแม่นยำจาก Mean Absolute Percent Error (MAPE): ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ โดยคำนวณได้จากสมการ

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \quad (3.10)$$

โดยที่ A_t คือค่าจริง และ F_t คือค่าที่ทำได้ โดยค่าทางสถิติที่ใช้เปรียบเทียบมีอยู่หลายวิธี แต่พบว่าการหาค่าเวลาการเดินทางที่ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเวลาการเดินทางที่ประมาณได้กับค่าเวลาการเดินทางจริงในแต่ละช่วงเวลานั้นค่า MAPE สามารถแสดงระดับความแตกต่างของเวลาการเดินทางที่ประมาณได้เป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับค่าเวลาการเดินทางจริงซึ่งเข้าใจได้ง่ายและชัดเจน จึงเป็นที่นิยมใช้แพร่หลายในการเปรียบเทียบความถูกต้องในการประมาณเวลาการเดินทาง และใช้ค่าความแตกต่าง (Error) ที่นำเวลาการเดินทางที่ประมาณได้หักลบด้วยเวลาการเดินทางจริงมาพิจารณาว่าแต่ละวิธีการประมาณเวลาการเดินทางสามารถประมาณค่าได้สูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริง โดยรูปแบบของการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ที่จะนำมาพิจารณาสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

การเปรียบเทียบเวลาการเดินทางบนช่วงทางในแต่ละวิธี

โดยเปรียบเทียบค่าเวลาการเดินทางบนช่วงทางจากแต่ละวิธีดังนี้คือ

- A. ค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วเฉลี่ย
- B. ค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วจากการถ่วงน้ำหนักค่าปริมาณจราจรจากปลายทั้งสองของช่วงทาง
- C. ค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วชานอันโตนิโอ

การเปรียบเทียบเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางแต่ละวิธี

โดยเปรียบเทียบเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางจากแต่ละวิธีดังนี้คือ

- A. เวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นโดยตรง ณ ช่วงเวลาเดียวกัน
 - ค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วเฉลี่ย
 - ค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วจากการถ่วงน้ำหนักค่าปริมาณจราจรจากปลายทั้งสองของช่วงทาง
 - จากค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วชานอันโตนิโอ
 - จากค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วที่จุดกึ่งกลางถนน
- B. เวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นแบบขั้นบันได
 - ค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วเฉลี่ย
 - ค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วจากการถ่วงน้ำหนักค่าปริมาณจราจรจากปลายทั้งสองของช่วงทาง
 - ค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วชานอันโตนิโอ
 - ค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วที่จุดกึ่งกลางถนน

3.9 การปรับปรุงวิธีการโดยประยุกต์ให้เหมาะสมกับลักษณะการจราจร

วิธีการปรับปรุงการประมาณเวลาการเดินทางให้เหมาะสม สามารถทำได้โดยพิจารณาจากข้อมูล ตัวแปร ช่วงเวลา ลักษณะการจราจรแต่ละรูปแบบ ว่าแนวทางใดนั้นจะเหมาะสมที่จะใช้เป็นเกณฑ์การประยุกต์ใช้หลายวิธีควบคู่กันในการคำนวณ อาทิเช่น เลือกใช้วิธีความเร็วรูปแบบหนึ่งในช่วงที่มีปริมาณการจราจรคล่องตัว และช่วงใดที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่นให้เลือกใช้การคำนวณด้วยวิธีอื่นที่เหมาะสมกว่าควบคู่กันไป เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประมาณค่าเวลาการเดินทาง

3.10 ตรวจสอบความแม่นยำและเปรียบเทียบวิธีการประมาณเวลาการเดินทาง

หลังจากคำนวณหาเวลาการเดินทาง ด้วยค่าความเร็วจากวิธีการในรูปแบบต่างๆ การรวมเวลาทั้งเส้นทาง และการปรับปรุงวิธีการในทุกรูปแบบแล้ว นำค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละวิธีมาพิจารณาเปรียบเทียบดูความแม่นยำว่ามีลักษณะเป็นอย่างไรทั้งส่วนของการใช้ข้อมูล SMS และ TMS ซึ่งจะแสดงรายละเอียดอยู่ในเนื้อหาบทที่ 5

3.11 ทดลองกระบวนการในกรณีนำไปใช้งานจริง

เมื่อทำการคำนวณวิเคราะห์เปรียบเทียบและได้ผลในส่วนของคุณค่าข้อมูลในสถานการณ์แบบ Offline ที่มีข้อมูลครบถ้วนแล้ว จึงนำกระบวนการดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์แบบ Online ที่มีข้อมูลในการคำนวณที่มี จะมีเฉพาะข้อมูลในช่วงเวลาก่อนหน้าเปรียบเสมือนสภาพในสถานการณ์จริงที่เราต้องนำข้อมูลที่มีอยู่มาใช้ในการหาค่าเวลาการเดินทางในเวลาปัจจุบันเพื่อแจ้งให้กับผู้รับข้อมูลได้รับทราบ ดังนั้นจึงต้องจึงต้องมีการคาดการณ์ข้อมูลขึ้นมา โดยการศึกษาจะใช้การคาดการณ์ด้วยวิธี Moving Average ใน 3 ช่วงเวลาก่อนหน้ามาใช้ในการคาดการณ์ โดยตั้งสมมติฐานว่าการคาดการณ์นั้นไม่ใช่ค่าจริง ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลที่เกิดจากการคาดการณ์มากเท่าใดก็ควรจะได้ค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นจึงได้ทดลองทำการทดสอบวิธีการแบบ Online ในสองรูปแบบดังนี้ คือ

- เวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง จากข้อมูลการคาดการณ์ทั้งหมด
- เวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง โดยเริ่มจากข้อมูลที่มีในช่วงเวลาก่อนหน้า

ซึ่งจะนำผลจากวิธีการดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับหาค่าเวลาการเดินทางแบบ Offline ที่คำนวณจากข้อมูลที่มีในช่วงเวลาก่อนหน้าทั้งหมด ว่าแต่ละวิธีมีระดับความแม่นยำแตกต่างกันอย่างไรตรงตามที่ตั้งข้อสังเกตไว้หรือไม่ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดดังกล่าวในเนื้อหาบทที่ 6

3.12 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในส่วนสุดท้ายเป็นการสรุปผลการวิจัยที่ได้รับทั้งหมดและแสดงข้อเสนอแนะ ซึ่งจะแสดงอยู่ในเนื้อหาบทที่ 7 ซึ่งเป็นบทสุดท้ายของการศึกษาคั้งนี้

บทที่ 4

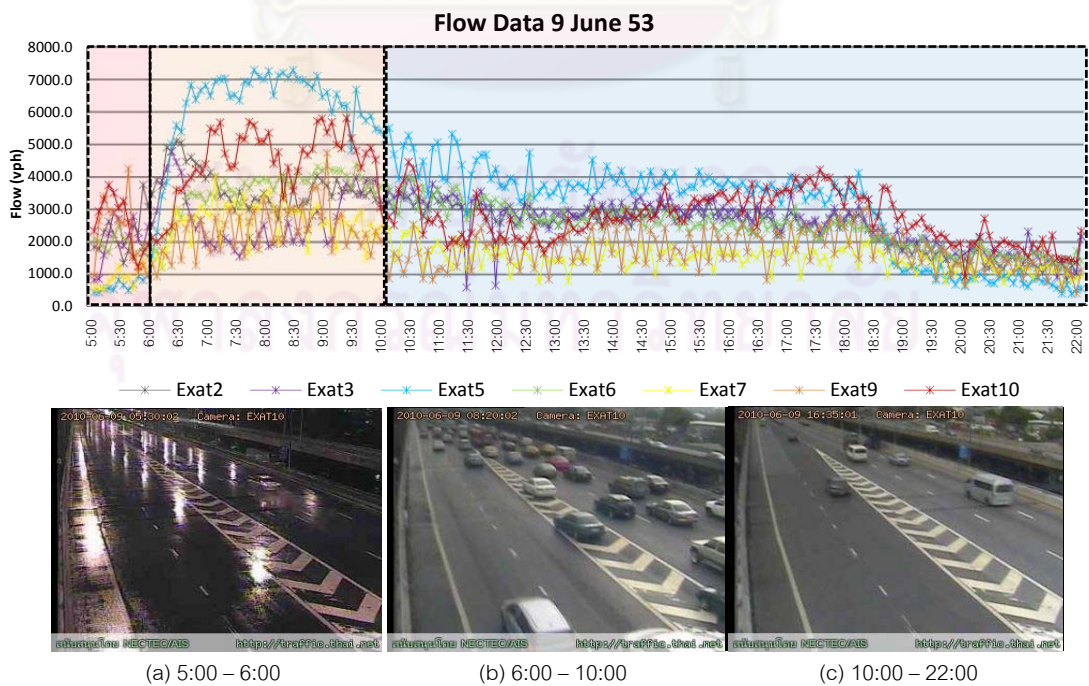
ข้อมูลที่ใช้ศึกษา

ข้อมูลจากอุปกรณ์ประมวลผลภาพ เบื้องต้นจะอยู่ในรูปชุดข้อมูล American Standard Code for Information Interchange (ASCII) ของช่วงห่างจากรถคันหน้าหน่วยเป็น เวลา (หรือ Gap) กับความเร็วของยานพาหนะแต่ละคันโดยจัดเก็บเป็นแบบตัวอักษร ดังนั้นจึงต้อง มีการแปลงข้อมูลให้เหมาะสมในการนำมาใช้งาน ในการศึกษาใช้ค่าความเร็วทั้งในส่วนของ SMS TMS และค่าปริมาณการจราจรเฉลี่ย ทุกช่วงระยะเวลา 5 นาทีของแต่ละสถานีดังที่ได้แสดง รายละเอียดดังกล่าวไว้ก่อนหน้านี้ ในเนื้อหาบทที่ 3

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูล ของวันพุธที่ 9 มิถุนายน 2553 เวลา 5:00 – 22:00 น. จากสถานีเก็บข้อมูลบนเส้นทางทั้งสิ้น 7 สถานี โดยในช่วงเวลาที่ทำการศึกษามีปริมาณ การจราจรประมาณ 6,140 คันต่อชั่วโมง

4.1 ลักษณะข้อมูลปริมาณการจราจรบนช่องทาง

ข้อมูลปริมาณการจราจรที่รวบรวมจากสถานีสำรวจทุก 5 นาทีที่นำมาใช้ คำนวณ จากการเฉลี่ยส่วนกลับของค่าช่วงระยะห่างระหว่างยานพาหนะ



รูปที่ 4.1 ข้อมูลปริมาณการจราจร

จากรูปที่ 4.1 ลักษณะของข้อมูลปริมาณการจราจรที่เกิดขึ้น พบว่าปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้นสูงช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้าเวลาประมาณ 6:00 – 10:00 น. โดยมีลักษณะที่ผิดปกติในช่วง 5:00 – 6:00 น. ที่มีปริมาณจราจรต่ำมากในสถานี Exat 5 แต่กลับมีปริมาณจราจรที่สูงในสถานีที่ 9 และ 10 ส่วนในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเย็นสภาพปริมาณการจราจรไม่ค่อยมีความแตกต่างจากช่วงเวลาอื่นๆเท่าใดและไม่สังเกตเห็นปริมาณการจราจรที่สูงขึ้นมากนักในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น เนื่องจากสภาพพื้นที่ในการศึกษาเป็นถนนฝั่งขาเข้าเมืองดังนั้นความหนาแน่นของการจราจรจะเกิดชัดเจนในช่วงเวลาเช้า โดยในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าจะเกิดปริมาณการจราจรที่เพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และครอบคลุมช่วงเวลาที่ยาวขึ้นเนื่องมาจากลักษณะของสภาพพื้นที่การศึกษา ส่วนในช่วงนอกเวลาเร่งด่วนมีปริมาณการจราจรที่ลดลงจากช่วงเวลาเร่งด่วนเหมือนตามลักษณะการจราจรโดยทั่วไป

นอกจากนี้ยังสังเกตพบว่าในช่วงนอกเวลาเร่งด่วนปริมาณการจราจรที่เกิดขึ้นแต่ละสถานีสำรวจจะมีค่าต่ำและค่อนข้างคงที่ กว่าในช่วงเวลา 5:00 – 10:00 น. โดยปริมาณการจราจรจะแตกต่างกันไปตามสภาพปริมาณความจุของถนนที่สามารถรองรับได้ในแต่ละช่องทาง เช่น ปริมาณการจราจรที่ถนนบริเวณสถานีสำรวจ Exat 5 และ สถานีสำรวจ Exat 10 มี 3 ช่องทาง สามารถรองรับปริมาณการจราจรได้มากกว่าถนนบริเวณสถานีสำรวจ Exat 2 และ สถานีสำรวจ Exat 3 ซึ่งมี 2 ช่องจราจร จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ค่าปริมาณการจราจรที่แสดงแตกต่างกันเมื่อมีปริมาณการจราจรหนาแน่นในช่วงเวลาเร่งด่วน ในช่วงเวลาที่มีความแปรปรวนของข้อมูลสูงคือช่วง 5:00-6:00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่มีฝนตกถนนเปียก เกิดเงาสะท้อนของถนนซึ่งมีผลกระทบต่อระบบประมวลผลด้วยภาพทำให้ข้อมูลมีคลาดเคลื่อนสูง เป็นสาเหตุทำให้กระบวนการประมวลผลภาพเกิดความผิดพลาด เกิดความคลาดเคลื่อนจากอุปกรณ์ที่ส่งผลกระทบต่อวิธีการประมวลผลภาพ ความถูกต้องของข้อมูลจราจร และการหาค่าเวลาการเดินทาง โดยการศึกษาทั่วไปมักจะตัดข้อมูลในส่วนนี้ออก ก่อนนำข้อมูลมาใช้ แต่ในการทำงานจริงบางครั้งเราจำเป็นต้องพบข้อมูลดังกล่าว โดยหลีกเลี่ยงไม่ได้ หรืออยู่ในระหว่างการปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์แต่จำเป็นต้องแสดงข้อมูลในช่วงเวลาดังกล่าว ดังนั้นจึงนับเป็นข้อมูลที่น่าสนใจเพื่อพิจารณาว่าในกรณีดังกล่าว ผลจากกระบวนการศึกษามีค่าความแตกต่างจากช่วงเวลาอื่นๆอย่างไร ส่งผลกระทบต่อภาพรวมมากนักเพียงใด ในสภาพของขอบเขตและพื้นที่การศึกษาคั้งนี้ โดยในการทำงานจริงเมื่อพบสภาพฝนตกเราจะตัดข้อมูลในส่วนนี้ออกจากการประมาณเวลาการเดินทางเนื่องจากเป็นข้อจำกัดของอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูงผิดปกติซึ่งจะพิจารณาเห็นได้จากผลความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลาดังกล่าวจากการประมาณเวลาการเดินทางในบทที่ 5

4.2 ข้อมูลความเร็วบนช่องทาง

ลักษณะข้อมูลความเร็วเป็นการเฉลี่ยค่าความเร็วของรถแต่ละคันขณะแล่นผ่านจุดตรวจนับทุก 5 นาที เนื่องจากการบันทึกค่าความเร็วนั้นระบบประมวลผลภาพต้องทำการจดจำยานพาหนะเมื่อเข้าสู่ตำแหน่งเริ่มต้นไปจนถึงตำแหน่งสิ้นสุดในการเก็บข้อมูล ซึ่งต้องใช้การประมวลผลที่มากกว่าการหาปริมาณยานพาหนะ ดังนั้นในบางกรณีเมื่อตรวจวัดความเร็วทุกคันระบบจึงอาจไม่สามารถตรวจจับความเร็วของยานพาหนะทุกคัน เนื่องจากใช้เวลาประมวลผลยานพาหนะขณะปัจจุบันนานจึงข้ามยานพาหนะบางคันไป ทำให้ข้อมูลขาดหายในช่วงเวลาดังกล่าว ดังนั้นข้อมูลความเร็วจึงจะเป็นความเร็วแบบสุ่ม

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างข้อมูลความเร็วเฉลี่ยทุก 5 นาทีแต่ละสถานี

Station	No.Car	No.Speed	Sample	SD	TMS	Lower	Upper
	(Veh)	(Veh)	(%)	(kph)	(kph)	(kph)	(kph)
Exat 2	226	100	45	37	93	56	130
Exat 3	216	142	65	30	85	54	115
Exat 5	413	124	40	53	145	92	198
Exat 6	224	116	55	55	130	75	185
Exat 7	142	76	56	62	113	51	175
Exat 9	162	140	89	26	79	53	105
Exat 10	260	194	78	19	54	35	73
Average	235	127	61				

จากตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนของข้อมูลที่ทำการเก็บรวบรวมในแต่ละช่วง 5 นาที โดยเฉลี่ย โดยแสดงค่าจำนวนยานพาหนะ จำนวนปริมาณของค่าความเร็วที่สุ่ม สัดส่วนของจำนวนตัวอย่างความเร็วต่อจำนวนของยานพาหนะที่เก็บรวบรวม ค่าความแปรปรวน และทำการหาค่าขอบเขตบน และล่างของค่าความเร็ว TMS จากค่าความแปรปรวน

สัดส่วนของปริมาณข้อมูลความเร็ว ที่รวบรวมได้ในการศึกษารั้งนี้อยู่ที่ประมาณร้อยละ 61 จากปริมาณยานพาหนะที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมด ซึ่งไม่มีสัดส่วนการสุ่มที่แน่นอนในแต่ละสถานี เนื่องจากมีปริมาณสัดส่วนไม่คงที่ โดยมีการสุ่มเก็บค่าความเร็วตั้งแต่ปริมาณร้อยละ 45 ไปจนถึงร้อยละ 89 ในแต่ละช่วงเวลา 5 นาที และจากปริมาณของข้อมูลความเร็วที่รวบรวมได้นั้นถึงแม้เมื่อพิจารณาแล้ว ดูคล้ายว่าเมื่อมีจำนวนสัดส่วนของข้อมูลความเร็วสูงจะมีความแปรปรวนของค่าความเร็วต่ำแต่เมื่อพิจารณาจากการเพิ่ม ลด ของปริมาณสัดส่วนตัวอย่าง

ความเร็วทั้งหมด พบว่ายังไม่มีรูปแบบที่สอดคล้องโดยตรงจึงไม่สามารถสรุปได้ว่าปริมาณของข้อมูลความเร็วที่รวบรวมมีผลต่อความแปรปรวนของข้อมูลความเร็วโดยตรง

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของข้อมูลความเร็วที่ได้จากสถานีสำรวจในแต่ละช่วงเวลา 5 นาที เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 19 – 62 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อนำค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไปพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าความเร็ว พบว่าระดับของความเร็วมีผลโดยตรงต่อความแปรปรวนที่เกิดขึ้น โดยมีลักษณะความสัมพันธ์แบบแปรผันตรง เมื่อข้อมูลมีค่าความเร็วโดยรวมต่ำจะมีความแปรปรวนของข้อมูลน้อย และมีความแปรปรวนของข้อมูลมากขึ้นเมื่อมีระดับของค่าความเร็วโดยรวมเพิ่มขึ้น

ความเร็ว TMS ของแต่ละสถานี ในแต่ละช่วง 5 นาทีบริเวณพื้นที่การศึกษาคั้งนี้ โดยเฉลี่ยมีความเร็วอยู่ที่ประมาณ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยใช้ความเร็วโดยรวมเฉลี่ยเกินกว่า 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมงที่บริเวณสถานีสำรวจที่ 5, 6 และ 7 และใช้ความเร็วโดยรวมเฉลี่ยต่ำกว่า 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมงที่บริเวณสถานีสำรวจที่ 2, 3, 9 และ 10 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าช่วงต้นและปลายของเส้นทางยานพาหนะใช้ความเร็วได้ต่ำกว่าช่วงกลางของถนน ที่ยานพาหนะสามารถใช้ความเร็วในภาพรวมโดยเฉลี่ยได้สูงกว่า อันเนื่องมาจากลักษณะการใช้ความเร็วของการจราจรบนช่วงกลางของเส้นทางนั้น มีการเพิ่มความเร็วในการขับซึ่งจนถึงระดับความเร็วสูงที่ค่อนข้างจะคงที่ เพราะไม่ได้รับอิทธิพลจากลักษณะของการเพิ่มความเร็วที่ช่วงเริ่มต้นและทางขึ้นของเส้นทาง รวมไปถึงการชะลอความเร็วบริเวณทางออกและจุดสิ้นสุดของเส้นทางเหมือนในบริเวณช่วงสถานีเริ่มต้นและสถานีปลายทางของพื้นที่ศึกษา

จากรูปที่ 4.2 เป็นการแสดงค่าสัดส่วนร้อยละของปริมาณข้อมูลความเร็วที่เก็บข้อมูลต่อปริมาณยานพาหนะที่วัดได้ โดยเทียบกับค่าความเร็ว TMS SMS ในแต่ละสถานี ซึ่งบางกรณี สถานี 2, 3, 9 และ 10 มีสัดส่วนของการเก็บข้อมูลความเร็วเปลี่ยนไปตามค่าความเร็ว โดยสัมพันธ์กับค่าความเร็วในปริมาณที่น้อยลงเมื่อความเร็วลดต่ำลง แต่เมื่อพิจารณาจากสถานี 5, 6 และ 7 พบว่าไม่เป็นไปตามลักษณะดังกล่าวจึงไม่สามารถสรุปได้ว่าความเร็วกับสัดส่วนการเก็บข้อมูลนั้นมีความสัมพันธ์กันโดยตรง และพบว่าข้อมูล SMS อยู่ต่ำกว่าเส้น TMS เสมอ เนื่องจากค่าความเร็วทั้งสองแตกต่างกัน ดังนั้นในการศึกษาคั้งนี้จะแสดงกระบวนการทั้งหมดโดยใช้ข้อมูลจากทั้ง 2 รูปแบบ คือ

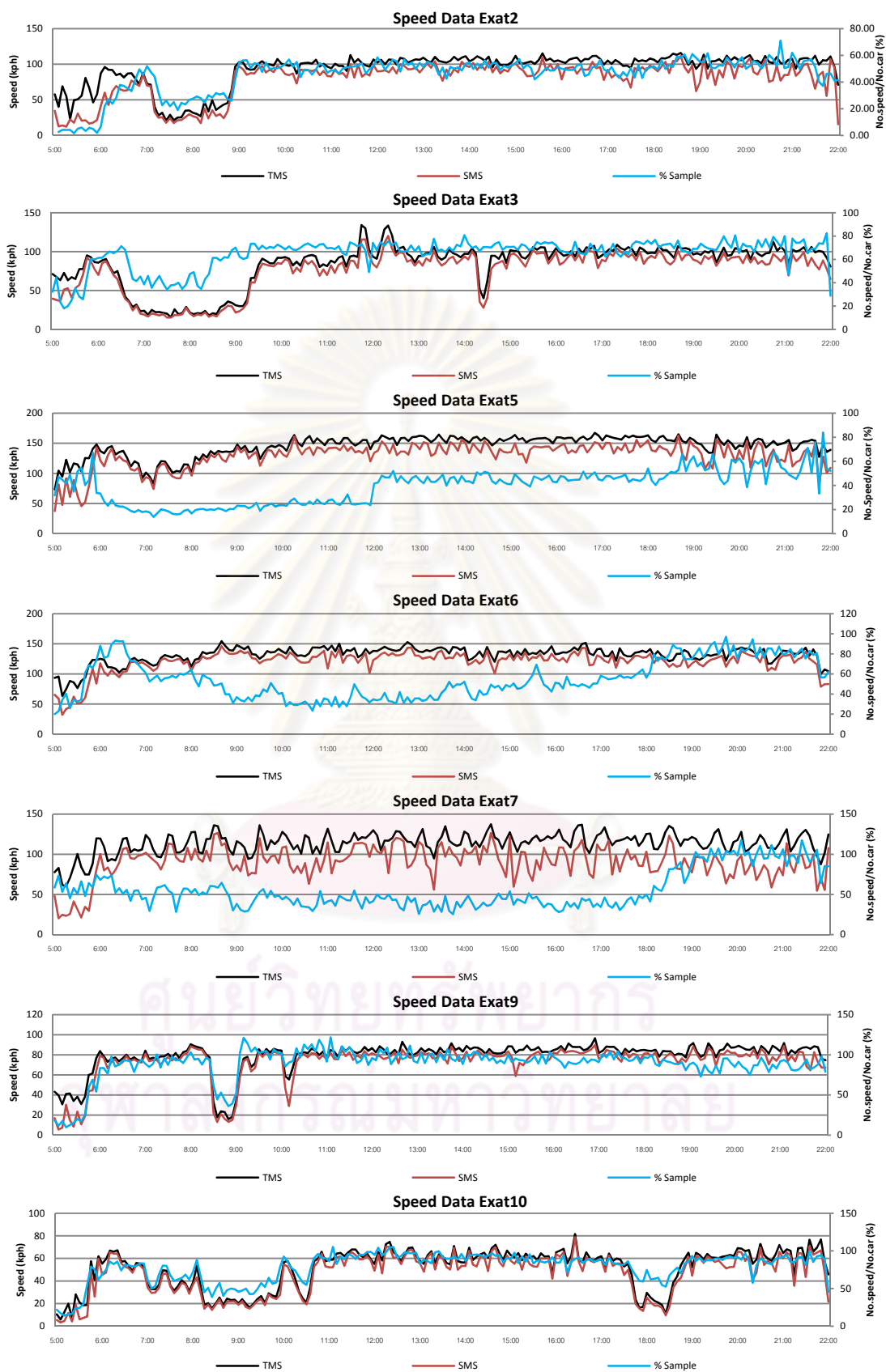
Time Mean Speed (TMS) เป็นข้อมูลแบบ Arithmetic mean (AM) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
Space Mean Speed (SMS) เป็นข้อมูลแบบ Harmonic mean (HM) ค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิก

จากลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างค่า TMS และ SMS ของแต่ละสถานีที่แสดง
ดังรูปที่ 4.3 จุดสีแดงคือข้อมูลในช่วงเวลา 5:00-6:00 น. ที่คาดว่ามีความคลาดเคลื่อนจากอุปกรณ์
ประมวลผลภาพสูง พบว่าข้อมูลดังกล่าวจะปรากฏในแต่ละสถานีสำรวจในช่วงบริเวณที่ข้อมูลมี
สภาพความเร็วที่ต่ำกว่าลักษณะข้อมูลความเร็วส่วนใหญ่ โดยปรากฏในบริเวณด้านซ้ายล่างของ
แต่ละแผนภูมิและมีการกระจายตัวที่ค่อนข้างมากในบางสถานี เช่น ในสถานีสำรวจที่ 2, 5, 7 และ
9 ซึ่งแสดงว่าข้อมูลดังกล่าวมีความแตกต่างระหว่างข้อมูล TMS และ SMS ที่สูง

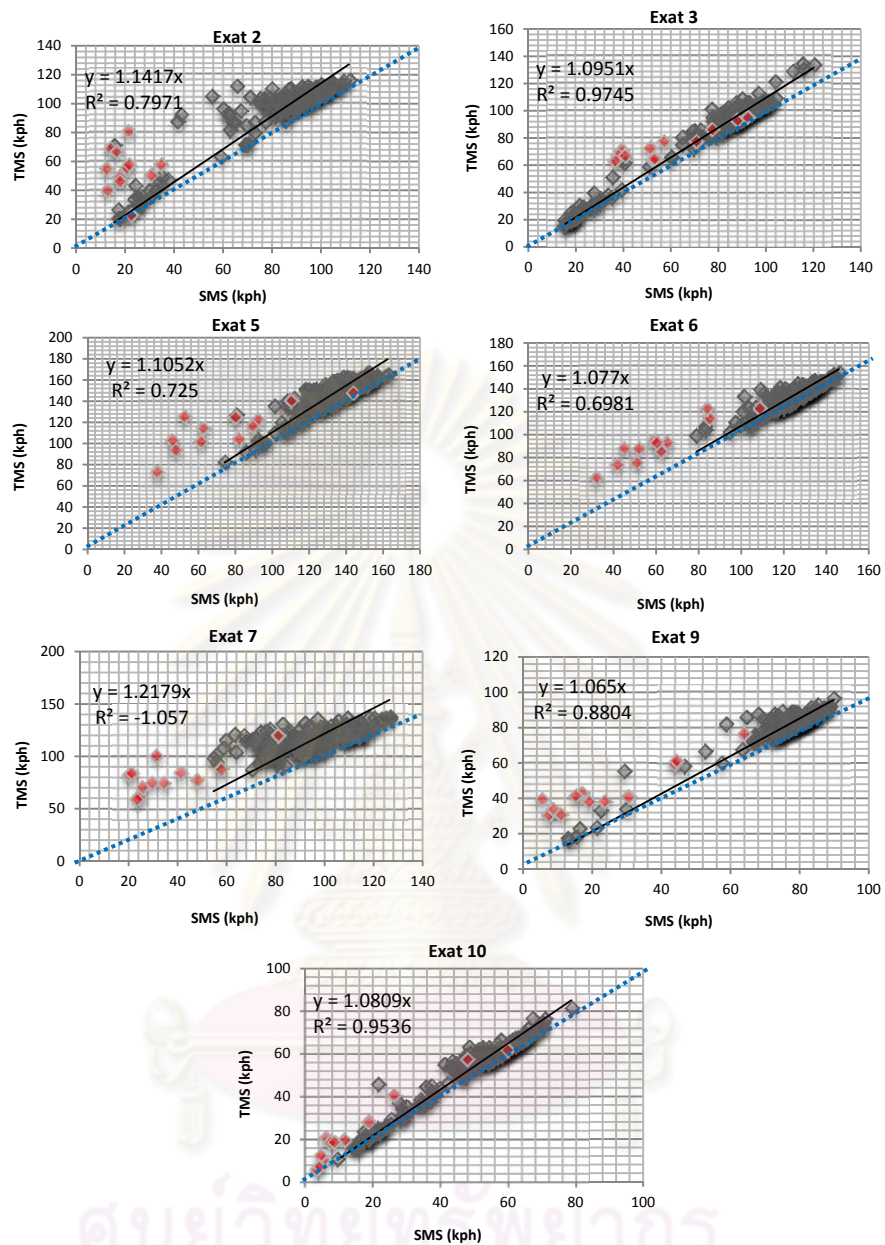
และเมื่อพิจารณาจากข้อมูลทั้งหมดพบว่า SMS มีค่าความเร็วที่ต่ำกว่าความเร็ว
TMS โดยสังเกตได้จากข้อมูล พบว่าลักษณะข้อมูลแต่ละจุดอยู่เหนือเส้นสมมาตรทางด้าน TMS
และมีค่าความชันจากค่าสัมประสิทธิ์มากกว่า 1 ทุกสถานีสำรวจซึ่งสอดคล้องตามหลักทฤษฎีที่ว่า
ค่า TMS มีค่ามากกว่าค่า SMS เสมอ โดยเมื่อพิจารณาจากทั้ง 7 สถานี สถานี Exat 7 มีความ
แตกต่างระหว่างค่า SMS และ TMS สูงที่สุดโดยมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 1.217

และจากแผนภูมิความสัมพันธ์ของข้อมูลชุดนี้พบว่าช่วงทางบริเวณสถานีสำรวจที่
5, 6 และ 7 ข้อมูลความเร็วมีการเกาะกลุ่มกันในช่วงของระดับความเร็วที่สูงไม่มีข้อมูลในช่วงที่มี
ความเร็วต่ำเหมือนในสถานีสำรวจอื่นๆ แสดงว่าช่วงทางดังกล่าวการจราจรมีความคล่องตัวอยู่
ตลอดเวลาในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา และใช้ความเร็วได้ใกล้เคียงกันเนื่องจากข้อมูลมีการกระจุก
ตัวอยู่ในช่วงความเร็วแคบๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



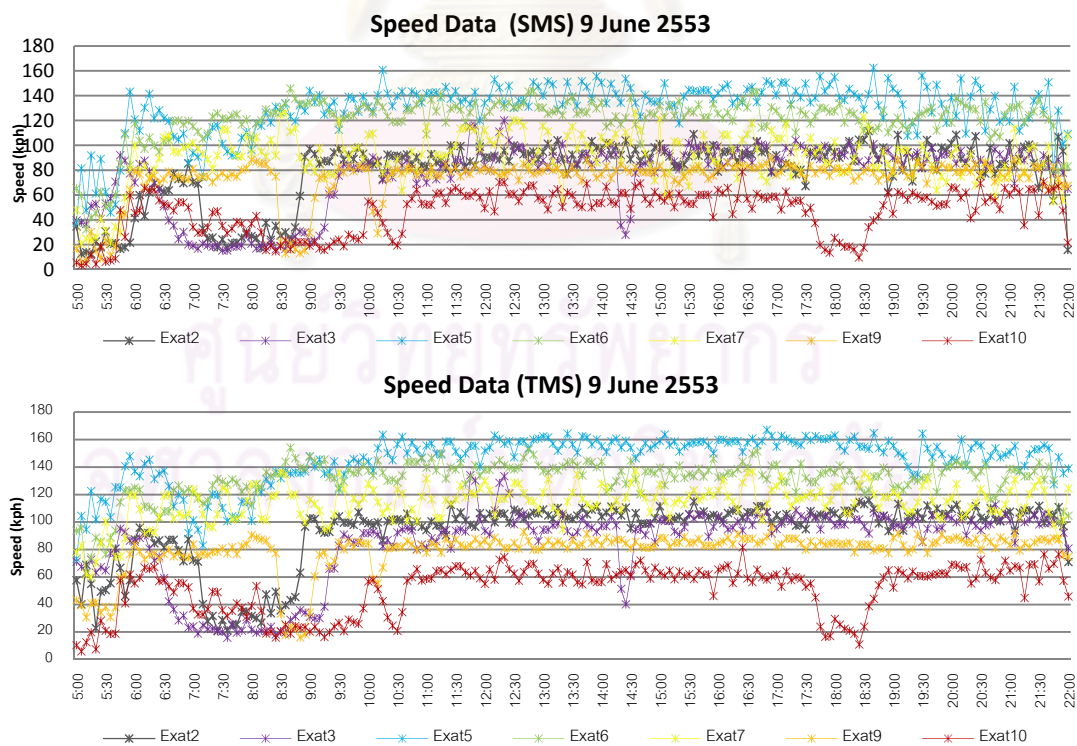
รูปที่ 4.2 แผนภูมิลักษณะข้อมูลความเร็วแต่ละสถานี



รูปที่ 4.3 แผนภูมิความสัมพันธ์ค่า TMS และ SMS แต่ละสถานีในพื้นที่ศึกษา

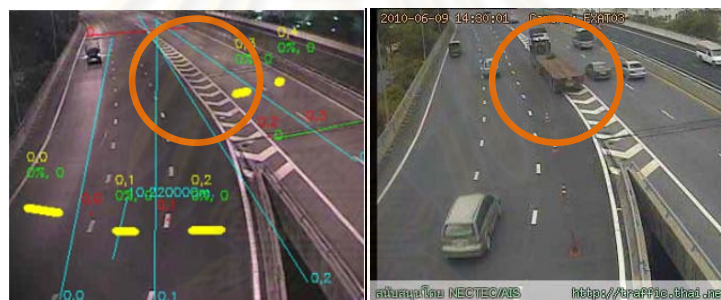
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเก็บรวบรวมข้อมูลค่าความเร็วที่จะนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าเวลาการเดินทางในการศึกษาครั้งนี้ มีทั้งในส่วนของการใช้ข้อมูลจากค่า TMS และ SMS โดยมีลักษณะของค่าความเร็วในช่วงเวลา 5:00-22:00 น. จากรูปที่ 4.4 พบว่าสภาพการจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนยานพาหนะจะใช้ความเร็วต่ำกว่าสภาพความเร็วปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าสังเกตได้จากแผนภูมิบริเวณสถานี Exat 2, 3 และ 10 ส่วนในช่วงเวลา 5:00 น. ที่ความเร็วของการจราจรลดลงต่ำมากอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากสภาพถนนในช่วงเวลาก่อนหน้าจนถึงช่วงเวลาดังกล่าวมีฝนตก การจราจรจึงแล่นด้วยความเร็วที่ต่ำบนทุกช่วงของถนน ซึ่งแตกต่างจากในเวลาเร่งด่วนที่บางช่วงของถนนนั้นมีความจุของยานพาหนะสูงจึงยังคงสามารถใช้ความเร็วได้สูง ส่วนบางช่วงของถนนที่มีสภาพความจุของถนนที่ต่ำกว่าหรืออยู่ใกล้ตำแหน่งทางขึ้นลงทางพิเศษจะได้รับผลกระทบดังกล่าวทำให้ความเร็วลดลงในช่วงเวลาเร่งด่วน แต่ทว่าความเร็วที่ได้ในช่วง 5:00-6:00 น. ค่อนข้างต่ำมากและมีความแปรปรวนของข้อมูลสูงโดยเฉพาะค่า SMS ซึ่งเกิดจากเงาสะท้อนของถนนที่เกิดจากฝน ทำให้ระบบประมวลผลด้วยภาพมีคลาดเคลื่อนสูง ซึ่งวิเคราะห์พบว่าสภาพดังกล่าวมีผลต่อความคลาดเคลื่อนจากแต่ละวิธีการคำนวณเมื่อทำการหาค่าเวลาการเดินทาง



รูปที่ 4.4 ข้อมูลความเร็ว

จากลักษณะข้อมูลความเร็วในช่วงเวลาที่ศึกษา บางครั้งพบสภาพข้อมูลที่มีความแตกต่างจากข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันสูง อาทิเช่น จากรูปที่ 4.5 ความเร็วเฉลี่ยที่ลดต่ำลงในช่วงเวลา 14:30 น. ของสถานี Exat 3 ซึ่งเกิดจากมียานพาหนะจอดค้างอยู่ภายในบริเวณพื้นที่การเก็บข้อมูล ทำให้ค่าความเร็วของยานพาหนะดังกล่าวมีค่าต่ำมาก และยานพาหนะอื่นลดความเร็วลงเมื่อพบยานพาหนะที่จอดอยู่ ดังนั้นจึงส่งผลให้ค่าความเร็วจากระบบประมวลผลภาพในช่วงเวลาดังกล่าวมีค่าที่ต่ำผิดปกติ กรณีสภาพความเร็วเฉลี่ยที่ลดต่ำลงในช่วงเวลา 8:30-9:00 น. ของสถานี Exat 9 มีสาเหตุเกิดจากผลกระทบของท้ายแถวการจราจรที่ชะลอตัวบริเวณช่วงทางออกของบริเวณสถานี Exat 10 ที่มีผลต่อเนื่องมาถึงสถานี Exat 9 หรือกรณีความเร็วเฉลี่ยที่ต่ำในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าที่สถานี Exat 2 และ Exat 3 มีสาเหตุจากช่วงทางดังกล่าวมีปริมาณการจราจรสูงโดยมีช่องจราจรเพียง 2 ช่องทาง อีกทั้งบริเวณสถานี Exat 3 มีปริมาณจราจรเพิ่มมากขึ้นจากทางขึ้นสุขสวัสดิ์ และเป็นบริเวณที่เกิดการลดช่องจราจรบริเวณทางร่วมช่วงทางขึ้นจาก 5 ช่องทางเหลือเพียง 3 ช่องทางบนช่วงทางหลัก ดังนั้นจึงเกิดการติดขัดของการจราจรได้ง่าย



(a) สภาพการตั้งค่าตรวจนับที่สถานี Exat 3

(b) ยานพาหนะจอดค้างในพื้นที่



(c) สภาพการชะลอตัวของการจราจรที่สถานี Exat 10

(d) สภาพการชะลอตัวของการจราจรที่สถานี Exat 9



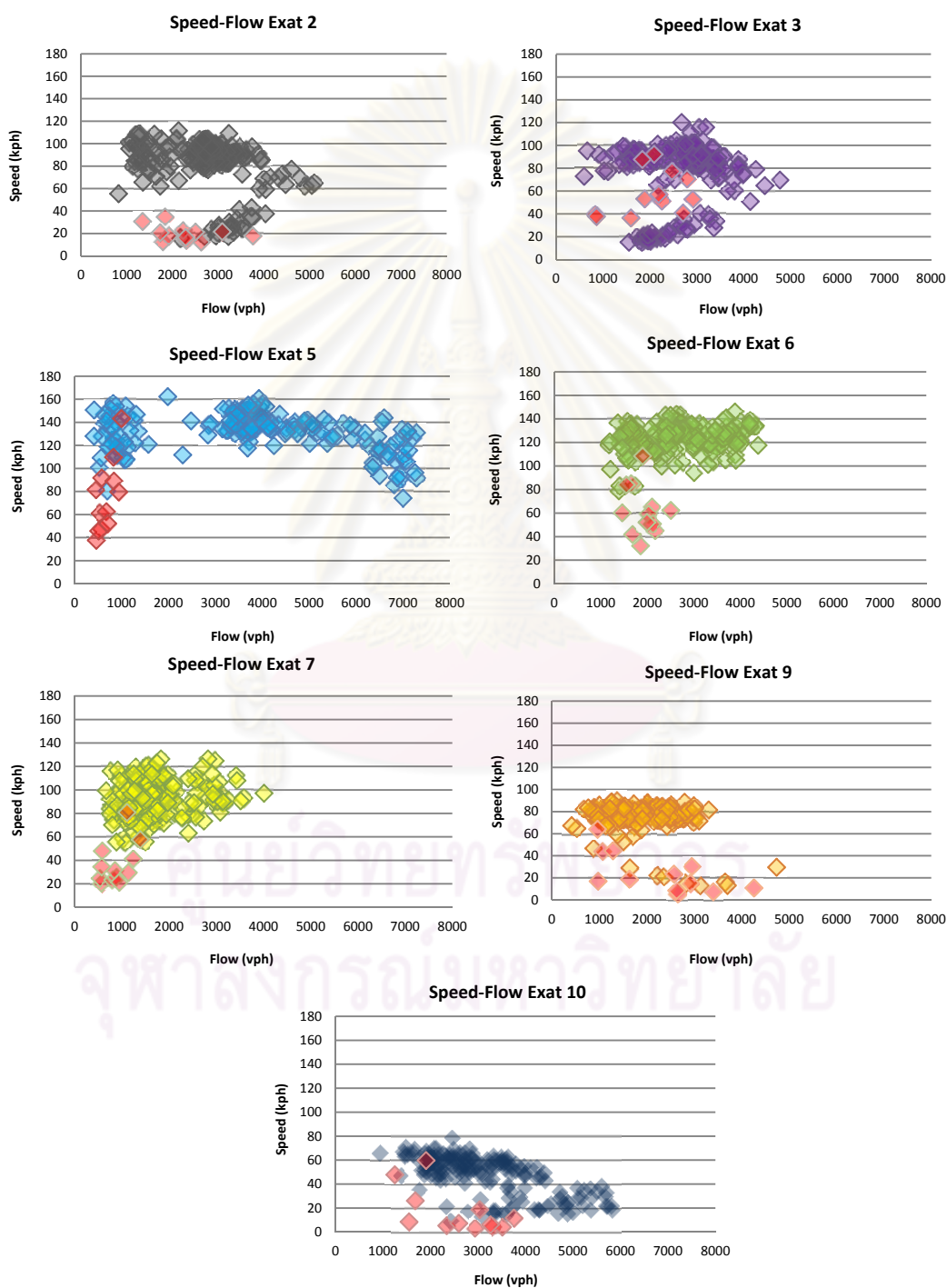
(e) สภาพการชะลอตัวของการจราจรที่สถานี Exat 2

(f) สภาพการชะลอตัวของการจราจรที่สถานี Exat 3

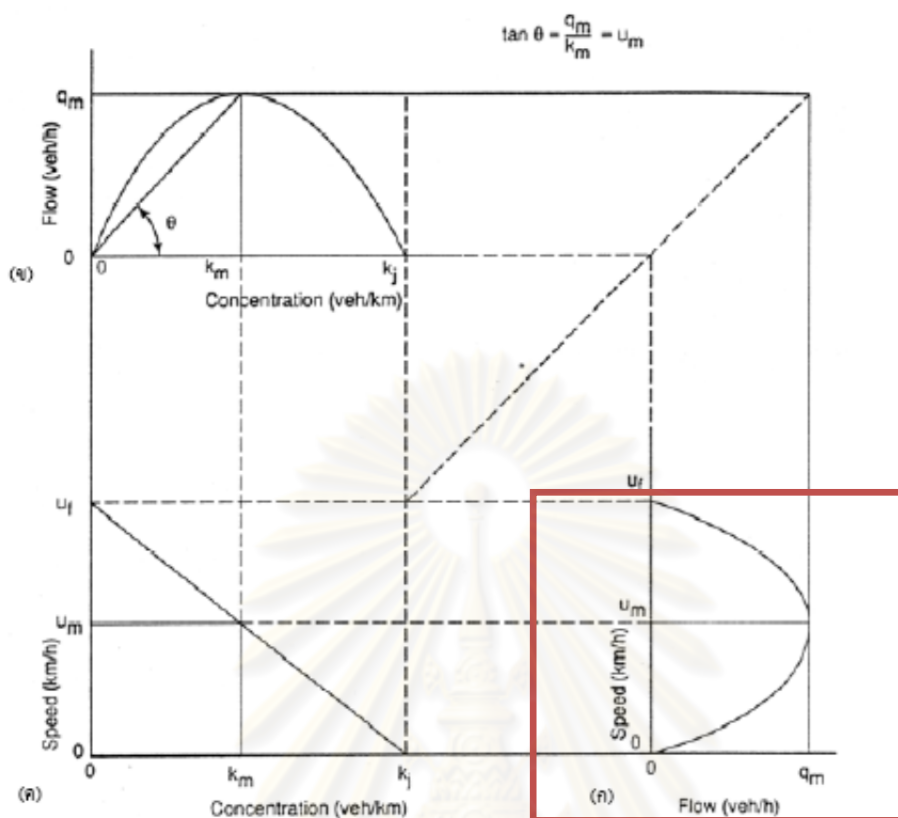
รูปที่ 4.5 ตัวอย่างการจราจรช่วงที่มีความแตกต่างของข้อมูลในช่วงเวลาใกล้เคียงกันสูง

4.3 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการจราจรและความเร็ว

เนื่องจากตำแหน่งสถานีเก็บข้อมูลจราจรนั้นในแต่ละจุดนั้นแตกต่างกันจึงทำให้ค่าความเร็วและปริมาณการจราจรที่เกิดขึ้นนั้นแตกต่างกัน ดังที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ โดยสามารถนำมาสร้างเป็นแผนภูมิความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แผนภูมิปริมาณการจราจรและความเร็วแต่ละสถานี



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการจราจร
ที่มา: ดัดแปลงจาก May (1990)

จากข้อมูลเมื่อเปรียบเทียบกับความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นพบว่า โดยส่วนใหญ่ ยานพาหนะสามารถวิ่งได้คล่องตัว โดยเฉพาะสถานี Exat 5 และ 6 ที่ยานพาหนะส่วนใหญ่ สามารถวิ่งได้ด้วยความเร็วอิสระซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีที่มีจำนวนยานสัญจรบนช่องทางที่ ทำการศึกษาน้อยหรือสภาพถนนมีความสามารถรองรับปริมาณจราจรสูง

แต่ทว่าในกรณีที่เกิดสภาพการจราจรติดขัดอย่างมากจนยานไม่สามารถ เคลื่อนที่ได้ สภาพการณ์ดังกล่าวจะทำให้ความเร็วเฉลี่ยของกระแสจราจรเท่ากับ ศูนย์ และความหนาแน่นของกระแสจราจรจะมีค่าเท่ากับ ความหนาแน่นติดขัดดังรูปที่ 4.7 ซึ่งจะทำให้ปริมาณ การจราจรหรือปริมาณจราจรมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ เช่นเดียวกับกรณีที่มียานวิ่งน้อย เนื่องจากมี จำนวนยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสถานีสำรวจน้อย ดังที่สังเกตเห็นได้ชัดเจนจากแผนภูมิของสถานี Exat 2, 3 และ 10

4.4 การรวบรวมข้อมูลเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง

เวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริงหาได้จากการถอดข้อมูลโดยการพิจารณา ยานพาหนะและระบุเวลาของยานพาหนะดังกล่าวที่ผ่านตำแหน่งจุดต้นและจุดปลายของช่วงทาง พิเศษที่ศึกษาจากภาพถ่ายวีดิทัศน์ที่ทำการบันทึกไว้ในช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลด้วยระบบ ประมวลผลภาพเพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบ โดยจำนวนของตัวอย่างข้อมูลเวลาการเดินทาง อ้างอิงจากมาตรฐาน Travel Time Data Collection Handbook (1998) โดยใช้ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ที่ความคลาดเคลื่อน 5 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพการจราจรปริมาณต่ำถึงปานกลางใช้ จำนวนตัวอย่าง 62 คัน ส่วนในสภาพการจราจรหนาแน่นใช้จำนวนตัวอย่าง 96 คัน เพื่อความ สะดวกและถูกต้องในการทำงานจึงเลือกใช้ค่าที่มากกว่าในการเก็บรวบรวมข้อมูลเวลาการเดินทาง ที่เกิดขึ้นจริงทุกช่วงเวลาจะได้จำนวนตัวอย่างในช่วงเวลา 5 นาทีประมาณ 8 คัน โดยมีจำนวน ตัวอย่างทั้งวันรวมทั้งสิ้น 1,632 ตัวอย่าง และเมื่อรวบรวมข้อมูลเวลาการเดินทางจริงเสร็จสิ้น ตรวจสอบความเพียงพอของจำนวนตัวอย่างจากสมการ (4.1)

$$n = \left(\frac{z \times s}{e \times \bar{x}} \right)^2 \quad (4.1)$$

จากจำนวนตัวอย่างที่นำมาใช้มีค่ามากกว่า 30 ดังนั้นจึงใช้ค่าทางสถิติ z เท่ากับ 1.96 ที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์และ e ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 5 เปอร์เซ็นต์ในการคำนวณกับ ค่า s ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและ \bar{x} เวลาการเดินทางเฉลี่ย ในแต่ละช่วงเวลา 5 นาทีของข้อมูล เวลาการเดินทางที่สำรวจได้ พบว่ามีค่าจำนวนตัวอย่าง n เฉลี่ยอยู่ที่ 16 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 96 ดังนั้น จำนวนตัวอย่างที่นำมาใช้จึงมีความเหมาะสมเพียงพอ โดยมีขั้นตอนในการหาค่าเวลาการเดินทาง ที่เกิดขึ้นจริงโดยสังเขปดังนี้

1. การคัดเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมต้องพิจารณา

- ความสมบูรณ์ของข้อมูลจากระบบประมวลผลภาพทุกสถานี
- ภาพถ่ายวีดิทัศน์ที่ไม่ขาดช่วงและมีคุณภาพของภาพที่สามารถนำมาใช้งาน ได้ในตำแหน่งสถานีต้นและปลายของเส้นทาง

2. การจัดเรียงข้อมูลวีดิทัศน์

- เรียงลำดับภาพวีดิทัศน์ ระบุช่วงเวลาและความยาวข้อมูล ดังตารางที่ 4.2
- ระบุช่วงเวลาของภาพวีดิทัศน์ การคลาดเคลื่อนของเวลา เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและสะดวกในการถอดข้อมูล
- ระบุหมายเหตุ เช่น ช่วงเวลาที่มีฝนตก

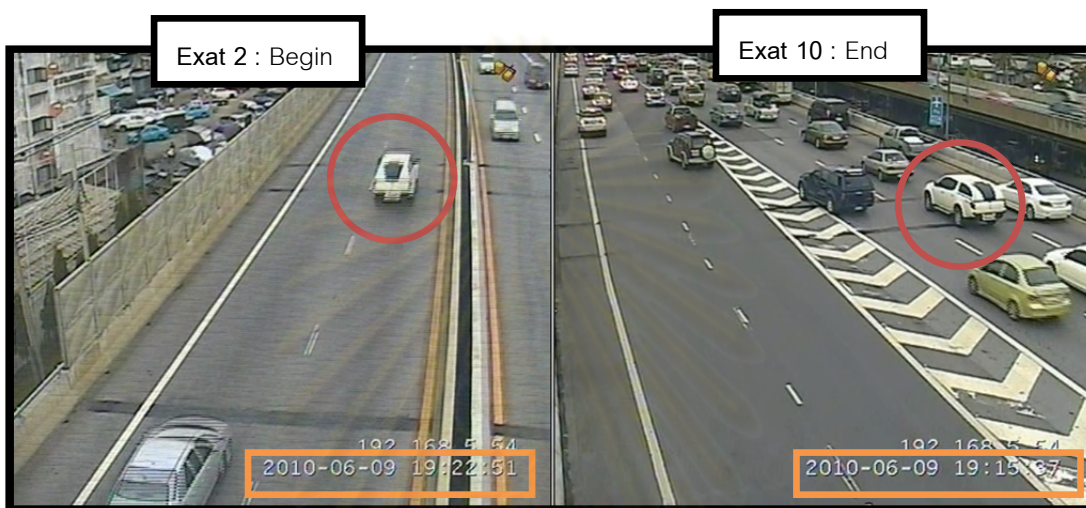
ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างการจัดเรียงข้อมูลภาพถ่ายวีดิทัศน์เพื่อใช้ถอดข้อมูล

Exat2 Begin						
File	Day	VDO Time	Duration VDO	Error time	Real Time	Status
Rec163	8-มิ.ย.-10	22:40:41	60	1:00:00	21:40:41	
Rec164	8-มิ.ย.-10	23:40:46	59.59	1:00:00	22:40:46	
Rec165	9-มิ.ย.-10	0:40:49	60	1:00:00	23:40:49	Rain
Rec166	9-มิ.ย.-10	1:40:54	59.59	1:00:00	0:40:54	
Rec167	9-มิ.ย.-10	2:40:58	59.59	1:00:00	1:40:58	
Rec168	9-มิ.ย.-10	3:41:03	60	1:00:00	2:41:03	
Rec169	9-มิ.ย.-10	4:41:08	60	1:00:00	3:41:08	Rain
Rec170	9-มิ.ย.-10	5:41:13	59.59	1:00:00	4:41:13	Rain
Rec171	9-มิ.ย.-10	6:41:17	57.51	1:00:00	5:41:17	
Rec172	9-มิ.ย.-10	7:39:13	48.22	1:00:00	6:39:13	
Rec173	9-มิ.ย.-10	8:27:39	42.57	1:00:00	7:27:39	
Rec174	9-มิ.ย.-10	9:10:40	43.5	1:00:00	8:10:40	
Rec175	9-มิ.ย.-10	9:54:39	46.53	1:00:00	8:54:39	
Rec176	9-มิ.ย.-10	10:41:32	44.46	1:00:00	9:41:32	
Rec177	9-มิ.ย.-10	11:26:24	43.35	1:00:00	10:26:24	
Rec178	9-มิ.ย.-10	12:10:03	43.26	1:00:00	11:10:03	
Rec179	9-มิ.ย.-10	12:53:34	42.59	1:00:00	11:53:34	
Rec180	9-มิ.ย.-10	13:36:37	43.37	1:00:00	12:36:37	
Rec181	9-มิ.ย.-10	14:20:18	43.05	1:00:00	13:20:18	
Rec182	9-มิ.ย.-10	15:03:26	43.35	1:00:00	14:03:26	
Rec183	9-มิ.ย.-10	15:47:06	42.47	1:00:00	14:47:06	
Rec184	9-มิ.ย.-10	16:29:56	44.13	1:00:00	15:29:56	
Rec185	9-มิ.ย.-10	17:14:14	45.08	1:00:00	16:14:14	
Rec186	9-มิ.ย.-10	17:59:26	45.5	1:00:00	16:59:26	
Rec187	9-มิ.ย.-10	18:45:20	44.57	1:00:00	17:45:20	
Rec188	9-มิ.ย.-10	19:30:23	60	1:00:00	18:30:23	
Rec189	9-มิ.ย.-10	20:30:29	59.59	1:00:00	19:30:29	
Rec190	9-มิ.ย.-10	21:50:33	60	1:00:00	20:50:33	
Rec191	9-มิ.ย.-10	22:30:38	53.13	1:00:00	21:30:38	Rain

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การถอดข้อมูลบันทึกเวลา

- พิจารณาภาพถ่ายวิดีโอที่บันทึกเวลายานพาหนะที่จุดต้นและปลาย
- ปรับแก้เวลาในภาพถ่ายให้เป็นเวลาจริงให้ถูกต้อง
- หาค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง



รูปที่ 4.8 ตัวอย่างภาพการถอดข้อมูลเวลาการเดินทาง

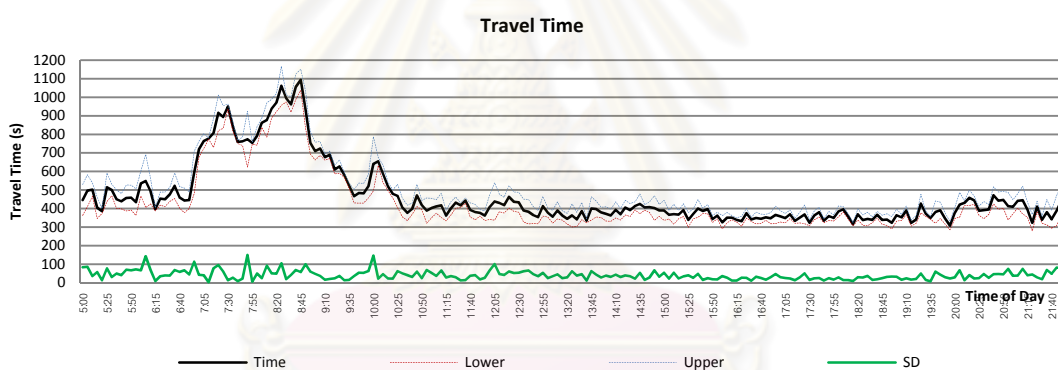
จากรูปที่ 4.8 ด้านซ้าย คือภาพถ่ายวิดีโอที่ตำแหน่งสถานีต้นทาง และขวามือ คือภาพจากตำแหน่งสถานีปลายทาง เมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายและสามารถระบุยานพาหนะที่ตรงกันได้ดังในรูปวงกลมทั้งสองด้าน จะทำการหยุดภาพและทำการบันทึกเวลาตามที่ระบุในภาพถ่ายวิดีโอ ดังที่แสดงในบริเวณช่องสี่เหลี่ยมในรูปที่ 4.8 จากนั้นนำค่าเวลาที่ได้อัตโนมัติคลื่อนจากเวลาจริงไปดำเนินการปรับแก้ให้ถูกต้อง แล้วจึงทำการหาค่าเวลาการเดินทางของยานพาหนะแต่ละคัน และหาค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาต่อไปดังตัวอย่างจากตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง

Time	Travel time										Travel Time (sec)
	Veh1	Veh2	Veh3	Veh4	Veh5	Veh6	Veh7	Veh8	Avg	SD	
9:00:00	679	666	655	796	763	699	704	718	710	48	710
9:05:00	702	722	758	768	653	708	749	732	724	37	724
9:10:00	683	659	664	683	677	707	660	684	677	16	677
9:15:00	689	714	676	673	669	678	693	725	690	20	690
9:20:00	617	634	646	611	590	592	575	618	610	24	610
9:25:00	554	633	611	643	682	610	641	639	627	37	627
9:30:00	571	589	583	606	572	576	566	590	582	13	582

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริงที่ได้จากการถอดภาพถ่ายวิดีโอที่ศน์ จะมีลักษณะของข้อมูลดังรูปที่ 4.9 ค่าเวลาการเดินทางเฉลี่ยที่ใช้อยู่ที่ 468 วินาที หรือประมาณ 7-8 นาที โดยลักษณะค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริงนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้อย่างชัดเจน คือ

- ช่วงสภาพการจราจรปกติ ที่ใช้เวลาการเดินทางระหว่าง 300-650 วินาที โดยมีค่าเวลาการเดินทางต่ำสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 308 วินาทีหรือประมาณ 5 นาที
- ช่วงสภาพการจราจรหนาแน่น ที่พื้นที่การศึกษาครั้งนี้พบเฉพาะช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า โดยพบเวลาการเดินทางเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 1094 วินาทีหรือประมาณ 18 นาที ในช่วงเวลา 8:45-8:50 น.



รูปที่ 4.9 ข้อมูลเวลาการเดินทางและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากค่าความแปรปรวนของข้อมูลเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละช่วงเวลา 5 นาทีในการศึกษาครั้งนี้ พบว่ามีค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในภาพรวมอยู่ที่ 41 วินาที ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำสุดอยู่ที่ 3 วินาที และมีความแปรปรวนเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลาเร่งด่วน โดยมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 150 วินาที ในช่วงเวลา 7:50-7:55 น.

บทที่ 5

การประมาณเวลาการเดินทาง

การประมาณเวลาการเดินทางในบทนี้ เป็นกระบวนการประมาณเวลาการเดินทางแบบ Offline ก็คือการทดสอบวิธีการประมาณค่าเวลาการเดินทางด้วยชุดข้อมูลที่สมบูรณ์ เพื่อใช้ในการพิจารณาผลของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากแต่ละวิธี ก่อนตัดสินใจเลือกวิธีการที่เหมาะสมไปพัฒนาประยุกต์ใช้ในการหาค่าเวลาการเดินทางแบบทันกาลในบทต่อไป โดยข้อมูลความเร็วพื้นฐานที่ได้จากสถานีสำรวจค่าการจราจรนั้น มีอยู่ 2 รูปแบบอันได้แก่ความเร็วแบบ SMS และ TMS ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีผลต่อการประมาณเวลาการเดินทางแต่ละวิธีที่ใช้ข้อมูลความเร็วดังกล่าว และทำให้ความเหมาะสมของวิธีการที่เลือกนำมาใช้แตกต่างกันไปตามแต่ละสถานการณ์ ดังนั้นเพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจและป้องกันความสับสนของเนื้อหา จึงได้แบ่งหัวข้อดังนี้

การศึกษาที่ใช้ข้อมูล SMS ในการคำนวณ

- การประมาณเวลาการเดินทางบนช่วงทาง (ข้อมูล SMS)
- การประมาณเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง (ข้อมูล SMS)
- การวิเคราะห์และเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม (ข้อมูล SMS)

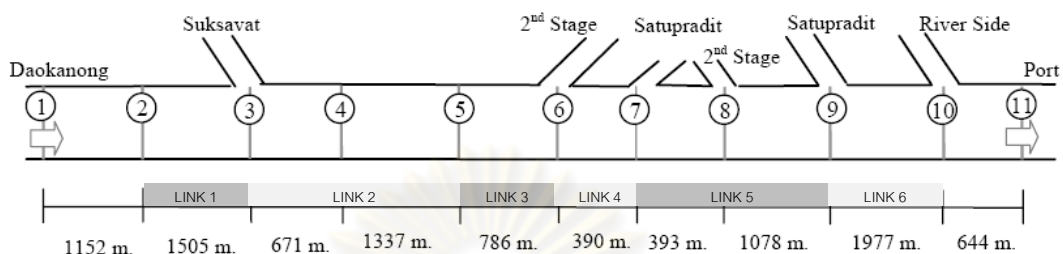
การศึกษาที่ใช้ข้อมูล TMS ในการคำนวณ

- การประมาณเวลาการเดินทางบนช่วงทาง (ข้อมูล TMS)
- การประมาณเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง (ข้อมูล TMS)
- การวิเคราะห์และเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม (ข้อมูล TMS)

โดยจะสรุปถึงแนวทางการเลือกใช้ข้อมูล SMS และ TMS ในการประมาณเวลาการเดินทางที่เหมาะสมในตอนท้ายของบท

5.1 การประมาณเวลาการเดินทางบนช่องทาง (ข้อมูล SMS)

จากตำแหน่งสถานีสำรวจสามารถกำหนดช่วงทางในการศึกษา ได้ดังรูปที่ 5.1

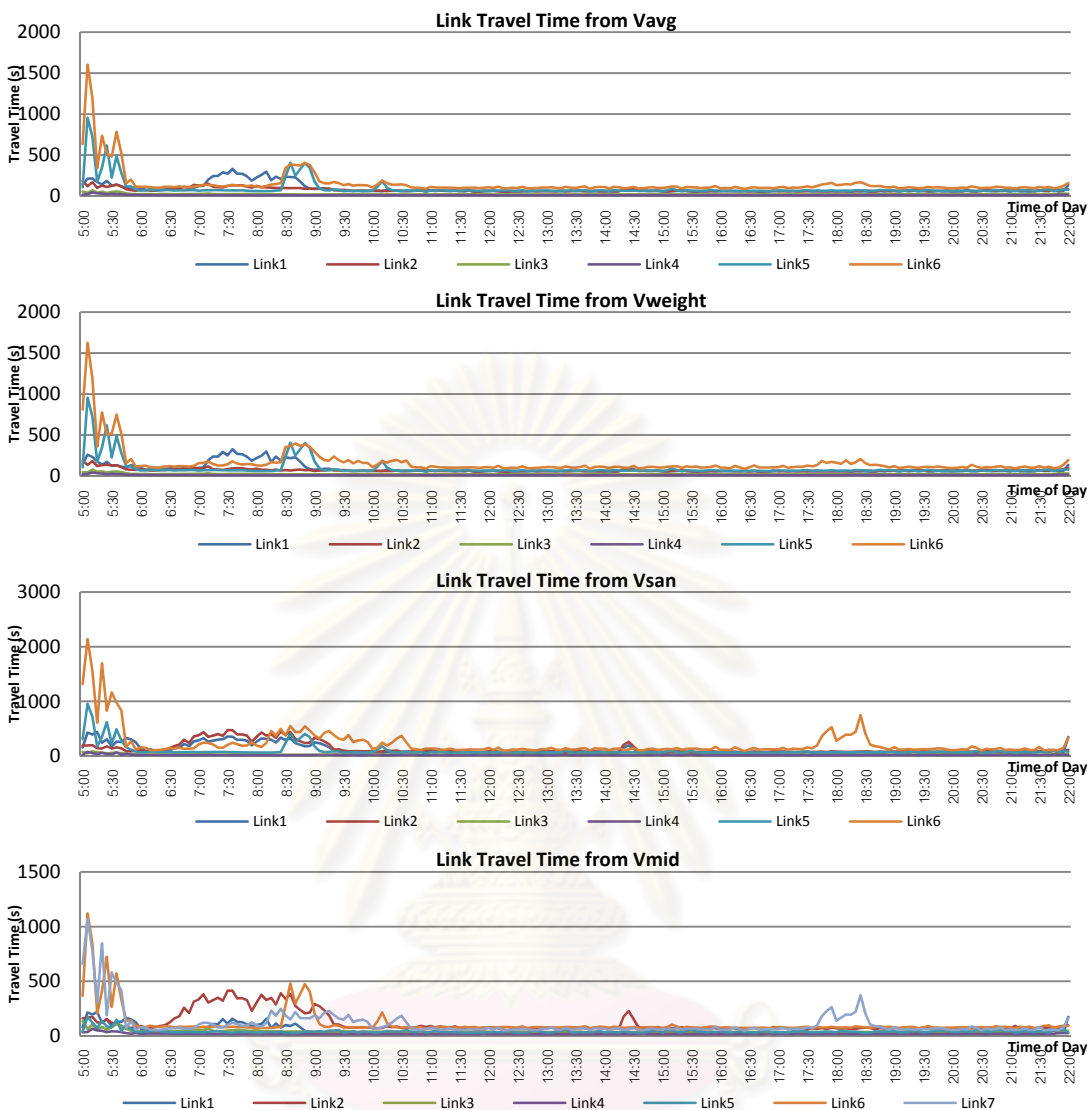


รูปที่ 5.1 รายละเอียดการกำหนดช่วงทาง

ทำการประมาณเวลาการเดินทางบนช่องทางด้วยความเร็วรูปแบบต่างๆ ดังที่ได้กล่าวถึงรายละเอียดไว้ในบทที่ 3 ซึ่งได้แก่

- วิธี Vavg หาเวลาการเดินทางจากค่าความเร็วเฉลี่ย
- วิธี Vweight หาเวลาการเดินทางจากค่าความเร็วโดยการถ่วงน้ำหนักจากปริมาณการจราจร
- วิธี Vsan หาเวลาการเดินทางจากวิธีซานอันโตนิโอโดยใช้ความเร็วที่ต่ำในการคำนวณ
- วิธี Vmid หาเวลาการเดินทางจากวิธีความเร็วที่จุดกึ่งกลางถนน

ผลวิธีการประมาณค่าเวลาการเดินทางบนช่องทางด้วยรูปแบบความเร็วทั้ง 4 วิธี จากข้อมูลความเร็ว SMS ของสถานีสำรวจดังรูปที่ 5.2 พบว่ามีรูปแบบของค่าเวลาการเดินทางในแต่ละช่วงทาง ไปในทิศทางเดียวกัน คือมีการใช้เวลาการเดินทางที่สูงและแปรปรวนในช่วงเวลา 5:00 น. ที่มีฝนตก และช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าเวลาประมาณ 6:00-10:00 น. ที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่น ส่วนช่วงนอกเวลาดังกล่าวนั้นค่าที่ประมาณได้จากแต่ละวิธีค่อนข้างจะใกล้เคียงกันตลอดเวลา



รูปที่ 5.2 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาการเดินทางบนช่องทางในแต่ละวิธี (SMS)

เมื่อพิจารณาถึงรูปแบบเวลาการเดินทางบนช่องทางที่ประมาณได้ ตามข้อมูลลักษณะช่องทางที่ปรากฏดังรูปที่ 5.3 พบว่า

ค่าเวลาการเดินทางที่คำนวณจากความเร็ว 4 วิธีการ วิธี Vavg และ V weight มีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันมากในทุกช่วงเวลาโดยสังเกตได้จากรูปแบบการเพิ่มลดของค่าเวลาการเดินทางที่ประมาณได้ในแผนภูมิ โดยใช้เวลาการเดินทางที่ค่อนข้างสูงชัดเจนในช่องทางที่ 5 และ 6 หรือระหว่างสถานี 7, 9 และ 10 นั่นเอง ส่วนวิธีการ Vsan และ Vmid สามารถประมาณค่าเวลาการเดินทางบนช่องทางได้สูงกว่า 2 วิธีการแรก โดยเห็นได้ชัดในช่องทางและช่วงเวลา

ยานพาหนะใช้เวลาการเดินทางที่มากกว่าปกติ เช่น ช่วงเวลาฝนตกและช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า รวมไปถึงช่วงทางที่ช่วงที่ 6 หรือในช่วงปลายทางของเส้นทางนั่นเอง

ช่วงทาง 1 และ 2 เวลาการเดินทางที่ประมาณได้เพิ่มขึ้นในระดับหนึ่งในช่วงเวลาเร่งด่วนและฝนตก โดยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวิธีการ Vavg และ Vweight แต่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในวิธีการ Vsan โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงเวลาเร่งด่วนของช่วงทางที่ 2 วิธี Vsan มีค่าการประมาณที่ได้สูงมากอันอาจเนื่องมาจากเป็นการใช้ค่าความเร็วที่สถานีที่ 2 โดยตรงซึ่งบริเวณดังกล่าวเป็นทางขึ้นของทางพิเศษ ที่มีปริมาณการจราจรเพิ่มมากขึ้นในช่วงเวลาเร่งด่วนและสภาพของถนนที่เป็นช่วงของการรวมช่องจราจรจาก 5 ช่องทางบริเวณทางขึ้นรวมลดลงเหลือ 3 ช่องทาง จึงส่งผลกระทบต่อให้ยานพาหนะใช้ความเร็วต่ำลง อีกทั้งยังเป็นช่วงถนนที่ยาว และมีสะพานพระราม 9 อยู่ในช่วงดังกล่าวจึงค่อนข้างจะทำให้เกิดความแตกต่างของความเร็วการจราจรบนช่วงถนน ส่งผลให้ใช้เวลาการเดินทางเพิ่มมากขึ้น

ช่วงทาง 3 และ 4 เวลาการเดินทางที่ประมาณได้ค่อนข้างจะคงที่ โดยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นบ้างเล็กน้อยบางช่วงเวลา ในทุกวิธีการประมาณ อันเนื่องมาจากบริเวณดังกล่าวอยู่ในช่วงสถานีที่ 5, 6 และ 7 ซึ่งเป็นช่องทางปกติ ช่วงกลางของเส้นทางมีช่องทางออกจากทางพิเศษ จึงทำให้สภาพการจราจรค่อนข้างคล่องตัว ใช้ความเร็วได้สูง และเป็นช่วงทางที่มีระยะทางสั้น ดังนั้นจึงใช้เวลาการเดินทางที่ต่ำและค่อนข้างคงที่กว่าช่วงทางอื่นๆ

สุดท้ายใน **ช่วงทาง 5, 6 และ 7** ซึ่งเป็นช่วงทางที่ค่าเวลาการเดินทางที่ประมาณได้เพิ่มขึ้นสูงมากในช่วงเวลาเร่งด่วนและฝนตก อันเนื่องมาจากอยู่บริเวณสถานี 9 และ 10 ซึ่งเป็นบริเวณทางขึ้นทางด่วนและทางออกปลายทางของเส้นทางจึงส่งผลกระทบต่อความเร็วที่ใช้ ทั้งจากยานพาหนะที่เข้าสู่ระบบ และจากท้ายแถวของการจราจรในบริเวณทางลงดังกล่าวนั่นเอง

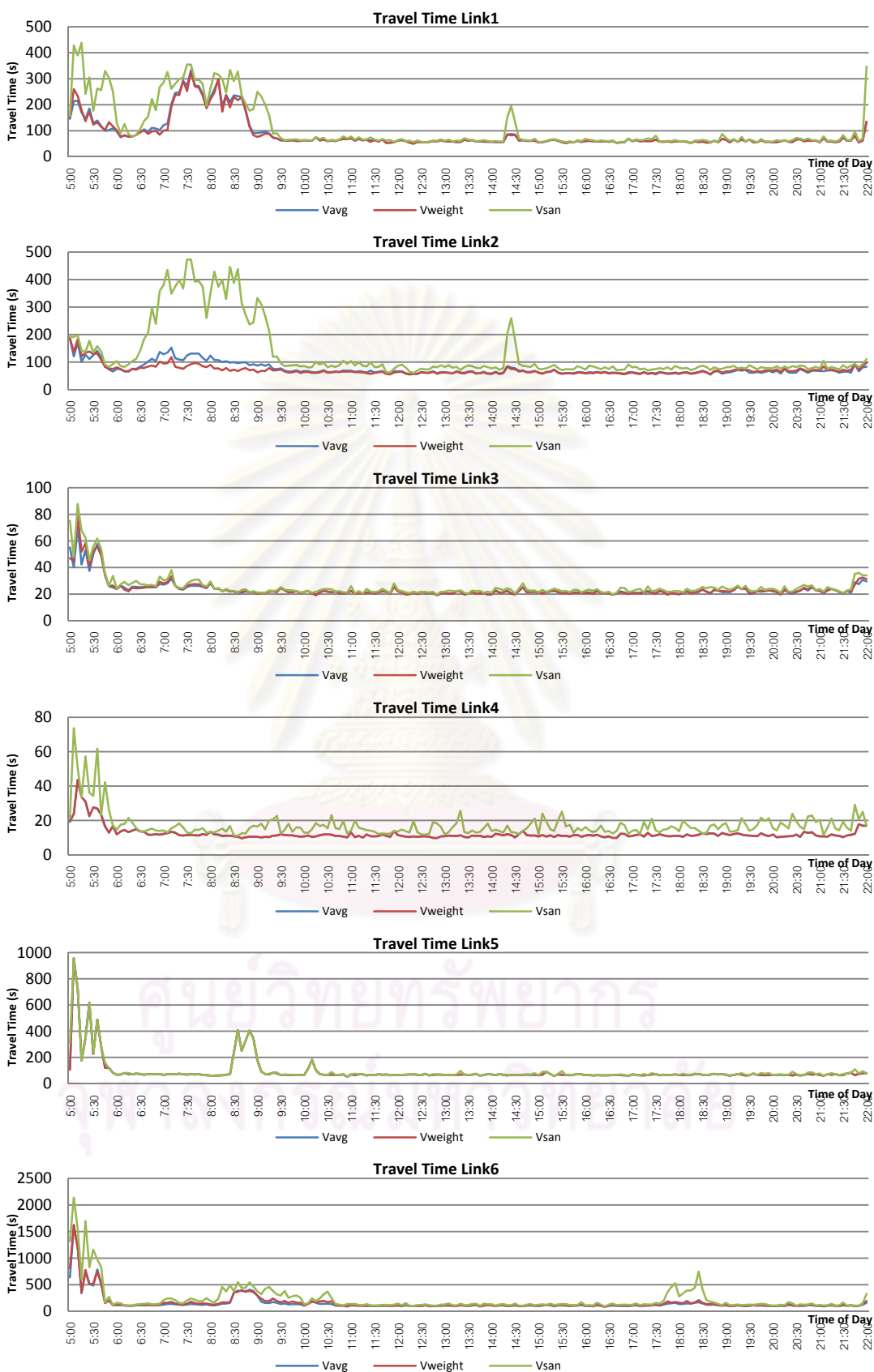
สรุปสภาพของช่องทางที่ส่งผลกระทบต่อถึงวิธีการประมาณเวลาการเดินทางจากการพิจารณาแผนภูมิเปรียบเทียบเวลาการเดินทางแต่ละวิธีบนช่องทางต่างๆ ได้ดังนี้

ช่องทาง 1 และ 2 อยู่บริเวณช่วงต้นของพื้นที่ศึกษา ได้รับผลกระทบจากปริมาณการจราจรที่เข้ามาบริเวณทางขึ้นและลักษณะที่ทางหลักต้องชะลอความเร็วเมื่อมียานพาหนะเข้ามาในเส้นทางจากทางขึ้น อีกทั้งมีการรวมและลดจำนวนช่องจราจรลงบริเวณหลังทางขึ้น ส่งผลต่อความเร็วในการขับขีที่ถูกรบกวนทำให้ความเร็วต่ำลง จึงทำให้ค่าประมาณเวลาการเดินทางบนช่องทางในทุกวิธีเพิ่มมากขึ้น โดยใช้เวลาการเดินทางสูงสุดแต่ละช่วงไม่เกิน 500 วินาที

ช่องทาง 3 และ 4 อยู่บริเวณช่วงกลางของเส้นทาง มีทางออกจากทางพิเศษ ความเร็วของการจราจรบนช่วงดังกล่าวจึงค่อนข้างสูงและคงที่ ดังนั้นค่าประมาณเวลาการเดินทางบนช่องทางในทุกวิธีจึงต่ำกว่าช่องทางอื่น โดยใช้เวลาการเดินทางสูงสุดแต่ละช่วงไม่เกิน 100 วินาที

ช่องทาง 5 และ 6 อยู่บริเวณช่วงปลายของเส้นทาง เป็นช่องทางที่ได้รับผลกระทบจากทางขึ้น, การรวมช่องจราจร และการชะลอตัวของยานพาหนะก่อนออกสู่ทางออกบริเวณช่วงปลายของเส้นทาง ส่งผลให้ความเร็วในการขับขีที่ถูกรบกวนและมีค่าความเร็วต่ำ จึงทำให้ค่าประมาณเวลาการเดินทางบนช่องทางในทุกวิธีเพิ่มมากขึ้น โดยใช้เวลาการเดินทางสูงสุดแต่ละช่วงอยู่ที่ประมาณ 1000-2000 วินาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.3 เวลาการเดินทางบนช่วงทางที่ได้จากวิธีประมาณเวลาเดินทางแต่ละวิธี (SMS)

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปปัจจัยพื้นฐานหลัก ที่มีผลกระทบต่อสภาพการจราจร ที่ส่งผลถึงค่าการประมาณเวลาการเดินทางในพื้นที่ศึกษาได้ดังนี้ คือ

ทางขึ้น เนื่องจากทางขึ้นทำให้ปริมาณกระแสจราจรในระบบเพิ่มมากขึ้นอีกทั้งยังก่อให้เกิดการแทรกตัวของกระแสจราจรในระหว่างการรวมช่องจราจร จากทางร่วมหลายช่องจราจรลดลงเหลือช่องจราจรจำนวนปกติ

ทางลง ทางลงส่งผลกระทบต่อทั้งในทางบวกและทางลบ ในทางบวกคือในกรณีที่สามารถระบายปริมาณการจราจรออกจากระบบได้ทันทีทำให้สภาพการจราจรของระบบคล่องตัวขึ้น แต่ในทางลบ คือในกรณีที่ทางออกดังกล่าว ไม่สามารถระบายรถออกได้ อันเนื่องมาจากกระแสการจราจรที่ติดขัดบนถนนทางราบก่อให้เกิดการชะลอตัวหรือแถวคอยของปริมาณการจราจรบริเวณทางลงต่อเนื่องมายังกระแสการจราจรในระบบดังที่เห็นได้ชัดบริเวณช่วงปลายของเส้นทาง

ช่วงของเส้นทาง บริเวณช่วงต้นของเส้นทางยานพาหนะที่เข้าสู่ระบบยังอยู่ในช่วงของการเพิ่มความเร็ว จึงมีความเร็วเฉลี่ยที่ต่ำกว่าช่วงกลางของเส้นทาง ที่เพิ่มความเร็วจนถึงระดับที่คงที่ และช่วงปลายของเส้นทางที่มีการชะลอความเร็วก่อนเข้าสู่ช่องทางออก จึงมีความเร็วเฉลี่ยโดยรวมต่ำ

สภาพภูมิอากาศ เช่น หมอก ฝน ทำให้วิสัยทัศนในการขับขี่ต่ำลง ซึ่งผลกระทบนี้จะแตกต่างจากปัจจัยทางขึ้นลงเนื่องจากส่งผลกระทบในวงกว้างและยาวนานกว่า ปัจจัยอย่างกรณีฝนตกจะส่งผลกระทบต่อขับขี่บนถนนตลอดทุกช่วง ทำให้การขับขี่ช้าลงและใช้เวลาในการตัดสินใจมากขึ้นในจังหวะการแซง การขับขี่ผ่านจุดเชื่อมต่อ ทางขึ้น ทางลง ทางเลี้ยวโดยเกิดการชะลอความเร็ว และยังส่งผลต่อเนื่องต่อไปยังช่วงเวลาหลังจากฝนหยุดแล้ว เนื่องจากสภาพของถนนยังคงเปียกอยู่นั่นเอง

และเมื่อพิจารณาจากแผนภูมิเปรียบเทียบระหว่างการประมาณจาก 3 วิธี ได้แก่ V_{avg} , V_{weight} และ V_{san} ดังรูปที่ 5.3 จะเห็นได้ชัดเจนว่าค่าที่ได้จากวิธี V_{san} จะมีค่าสูงและแปรปรวนมากกว่าอีก 2 วิธีทุกช่วงทางและช่วงเวลา โดยความแตกต่างจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีสภาพการจราจรที่หนาแน่นหรือติดขัดซึ่งก่อให้เกิดความแตกต่างของสภาพการจราจรระหว่างสถานี

ใกล้เคียงสูง ส่วนวิธี Vavg และ Vweight นั้น ค่าที่ประมาณได้ค่อนข้างจะใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นในการพิจารณาความแตกต่างจึงจำเป็นต้องพิจารณาอย่างละเอียด โดยจะแสดงต่อไปในการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นระหว่างสองวิธี เมื่อนำมาเทียบกับค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง

5.2 การประมาณเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง (ข้อมูล SMS)

จากการประมาณเวลาการเดินทางด้วยความเร็วบนช่องทางในแต่ละรูปแบบในหัวข้อที่ผ่านมา สามารถนำค่าที่ได้มาหาค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง ด้วยการรวมผลค่าเวลาแต่ละช่วงของถนนเข้าด้วยกัน โดยวิธีการมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ

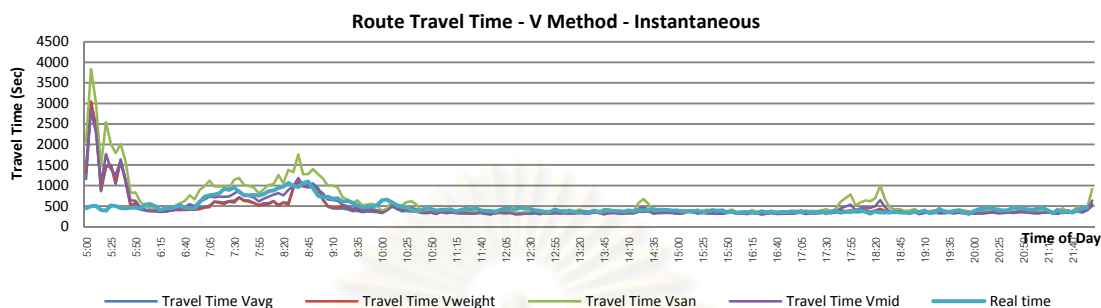
- การรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นโดยตรง ณ ช่วงเวลาเดียวกัน (Instantaneous, INS)
- การรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นแบบขั้นบันได (TimeSlice, TS)

5.2.1 การรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นโดยตรง ณ ช่วงเวลาเดียวกัน (Instantaneous)

จากผลการรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นโดยตรง ณ ช่วงเวลาเดียวกันที่ได้ในแต่ละวิธีจากรูปที่ 5.4 พบว่า

- ช่วงเวลา 5:00 – 6:00 น. เวลาการเดินทางที่ประมาณได้จากทุกวิธีการค่อนข้างสูง และมีความแปรปรวนมากอย่างเห็นได้ชัด
- ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าซึ่งครอบคลุมในช่วงเวลาประมาณ 6:00 – 10:00 น. นั้นมีค่าเวลาการเดินทางที่เพิ่มสูงขึ้นในระดับหนึ่ง โดยเพิ่มสูงขึ้นในเวลาประมาณ 8:30 น. และค่อยๆ ลดลงหลังจากเวลา 9:00 น. แต่ทว่าลักษณะการขึ้นลงของกราฟที่ปรากฏไม่แปรปรวนเหมือนที่ปรากฏในช่วงเวลา 5:00 – 6:00 น.
- ข้อมูลสถานี Exat 10 ช่วงเวลา 17:30 – 19.00 น. ได้รับผลกระทบจากท้ายแถวช่องทางลง ทำให้เวลาการเดินทางที่คำนวณจากวิธีการอย่าง V san มีค่าสูงมากที่สถานีดังกล่าว ส่งผลให้เวลาการเดินทางทั้งเส้นทางมีค่าสูงต่างไปจากเวลาการเดินทางจริงที่เส้นทางสิ้นสุดที่สถานีดังกล่าวมาก

- นอกเหนือจากช่วงเวลาข้างต้น เวลาการเดินทางค่อนข้างคงที่ ไม่ว่าจะในช่วงเวลา กลางวันหรือเวลากลางคืน



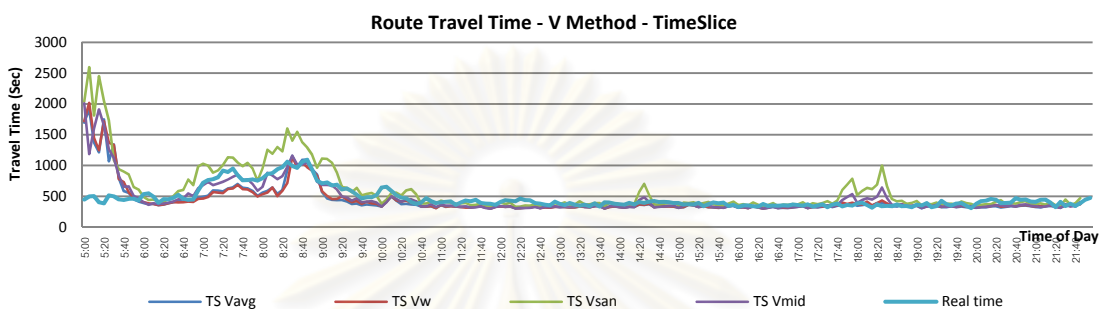
รูปที่ 5.4 เวลาการเดินทางด้วยวิธี Instantaneous (SMS)

และเมื่อพิจารณาจากแต่ละวิธีการถึงแม้ว่าค่าเวลาการเดินทางที่ประมาณได้จะมีการขึ้นลงอยู่ตลอดเวลาไม่ว่าจะช่วงปกติหรือช่วงหนาแน่น แต่พบว่า

- โดยรวมการประมาณค่าเวลาการเดินทางแบบ Vsan ให้ค่าเวลาการเดินทางที่สูงกว่าวิธีการอื่นๆอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลาที่มีความหนาแน่นสูง หรือข้อมูลมีความแปรปรวน เช่น ในช่วงเวลา 5:00 – 10:00 น. และ 17:30 – 19:00 น. เนื่องจากใช้ค่าความเร็วที่มากในการประมาณทำให้ได้ผลของเวลาที่มากกว่าวิธีการอื่นๆเสมอ
- ส่วนวิธีการที่สามารถประมาณค่าเวลาการเดินทางโดยรวมได้รองลงมาคือวิธีการแบบ Vmid ซึ่งประมาณค่าได้มากกว่าวิธี Vavg และ Vweight แต่ทว่าไม่สูงกว่าวิธี Vsan และมีความแปรปรวนของค่าเวลาที่ประมาณได้ค่อนข้างต่ำกว่าวิธีการอื่นๆ โดยสังเกตได้จากลักษณะของความชันจากกราฟที่มีการไล่ระดับของค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นดีกว่าวิธีการอื่นๆ
- วิธีการ Vavg และ Vweight เป็นวิธีที่สามารถประมาณเวลาการเดินทางได้ดีและค่อนข้างใกล้เคียงกันมากในเกือบทุกช่วงเวลา สังเกตได้จากลักษณะของกราฟระหว่างสองวิธีดังกล่าวที่เกือบซ้อนทับกัน

5.2.2 การรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นแบบขั้นบันได (TimeSlice)

จากผลการรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นแบบขั้นบันไดที่ได้ในแต่ละวิธีจากรูปที่ 5.5 พบว่า ลักษณะของค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นโดยรวม มีลักษณะใกล้เคียงกับการรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นโดยตรง ณ ช่วงเวลาเดียวกันในทุกช่วงเวลา



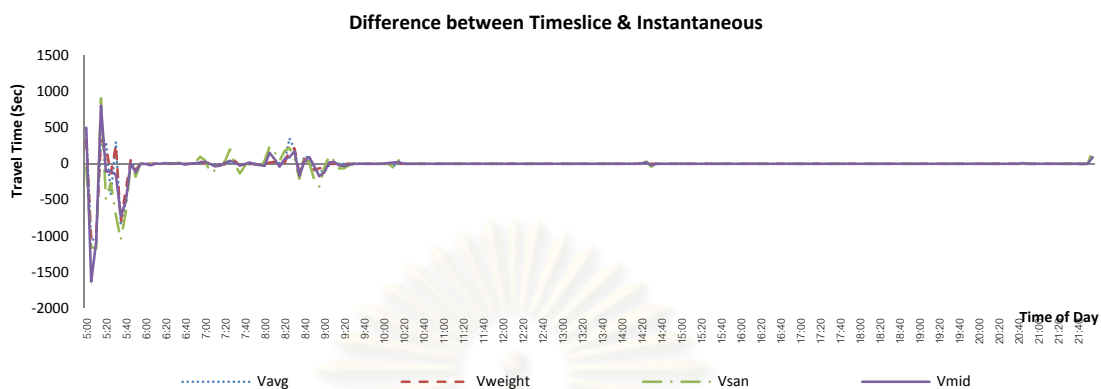
รูปที่ 5.5 เวลาการเดินทางด้วยวิธี TimeSlice (SMS)

โดยมีความแตกต่างกันเพียงในบางจุด เนื่องจากวิธีการรวบรวมแบบขั้นบันได จะใช้เวลาในช่วงเวลาที่ตัดไปรวบรวมเมื่อเวลาการเดินทางที่ใช้ในแต่ละช่วงนั้นเกินระยะเวลาทุกช่วง 5 นาที และเนื่องจากเวลาการเดินทางโดยทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 5 – 8 นาที ดังนั้นช่วงของค่าเวลาที่ใช้จะแตกต่างจากวิธีการแรกเพียงแค่ 1 ครั้งทำให้ไม่เห็นความแตกต่างเท่าใดนัก แต่จะแตกต่างสูงในกรณีที่ระยะเวลาเดินทางใช้เวลามากทำให้ต้องใช้ค่าเวลาในช่วงเวลาที่ตัดมาทำการบวกค่าเวลาการเดินทางมากกว่า 1 ครั้ง ซึ่งมักจะเกิดขึ้นเฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วน หรือข้อมูลมีความแปรปรวนสูง ดังสังเกตได้ในช่วงเวลา 5:00 – 10:00 น. และ 17:30 – 19:00 น.

5.2.3 ผลต่างของวิธีการรวมเวลาการเดินทางแบบ Instantaneous และ Timeslice

การรวมเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางด้วยวิธีการทั้งสองดังที่ได้กล่าวมา จากรูปที่ 5.6 ค่อนข้างได้ผลที่ใกล้เคียงกันมากในช่วงเวลาปกติที่สภาพการจราจรสามารถเคลื่อนตัวได้อย่างคล่องตัว โดยสังเกตได้จากแผนภูมิค่าความแตกต่างระหว่างวิธีการรวมเวลาทั้งสองวิธี ที่เส้นกราฟจากวิธีการประมาณในแต่ละวิธีมีค่าต่ำมากเกือบจะเป็นศูนย์ไปตามแนวนอน เนื่องจากค่าที่ได้จะแตกต่างกันก็ต่อเมื่อการเดินทางบนช่วงทางใช้เวลาเกินระยะเวลา 5 นาที ที่จะส่งผลทำให้วิธีการรวมเวลาแบบขั้นบันไดใช้ค่าเวลาเดินทางบนช่วงทางในช่วงเวลาที่ตัดไปที่สุดคล้อยกับเวลาการ

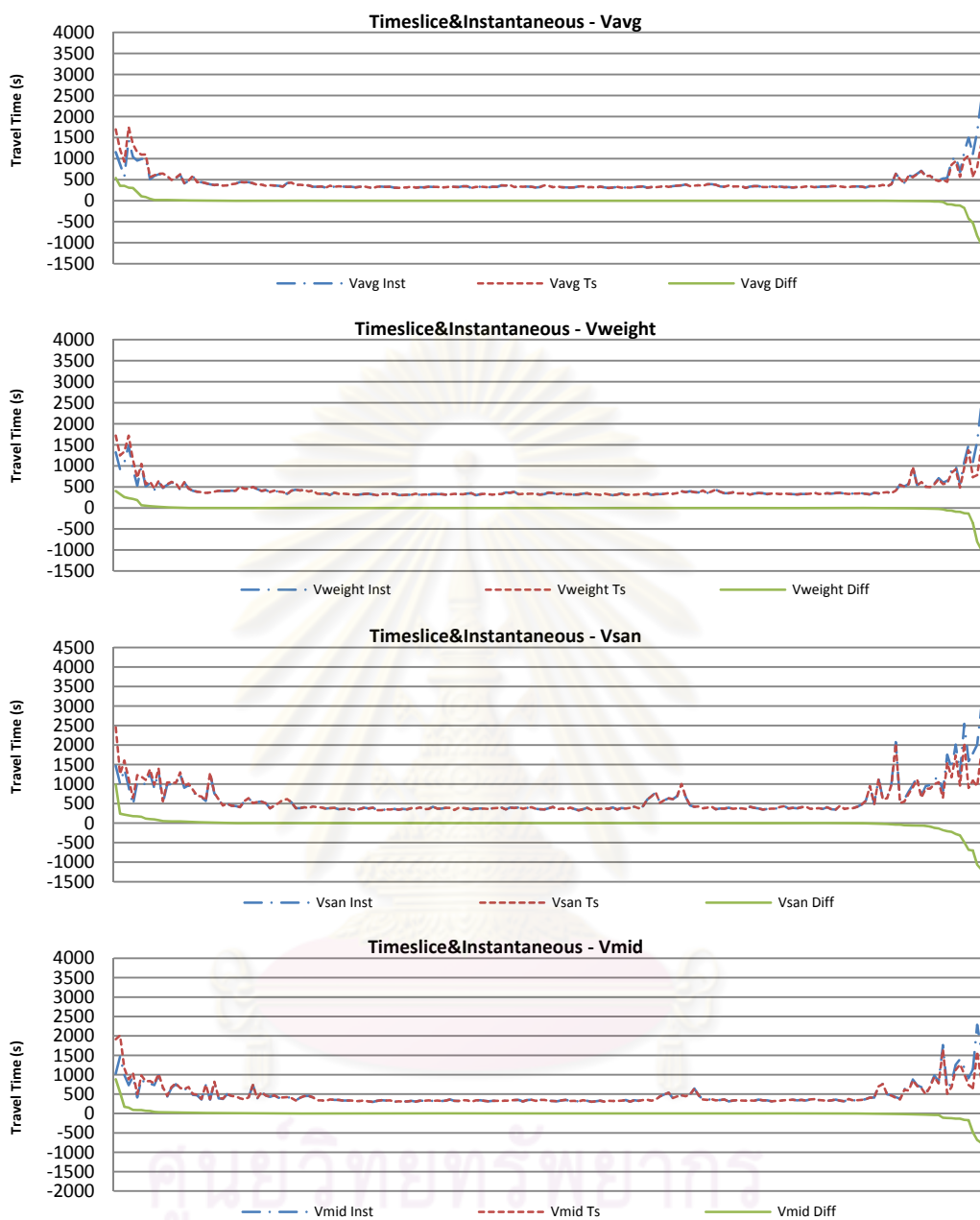
เดินทางที่เกิดขึ้นจริงมาทำการรวบรวมค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง ทำให้เกิดผลต่างระหว่างทั้งสองวิธี



รูปที่ 5.6 ผลต่างวิธีการรวมเวลาการเดินทางแบบ Instantaneous และ Timeslice (SMS)

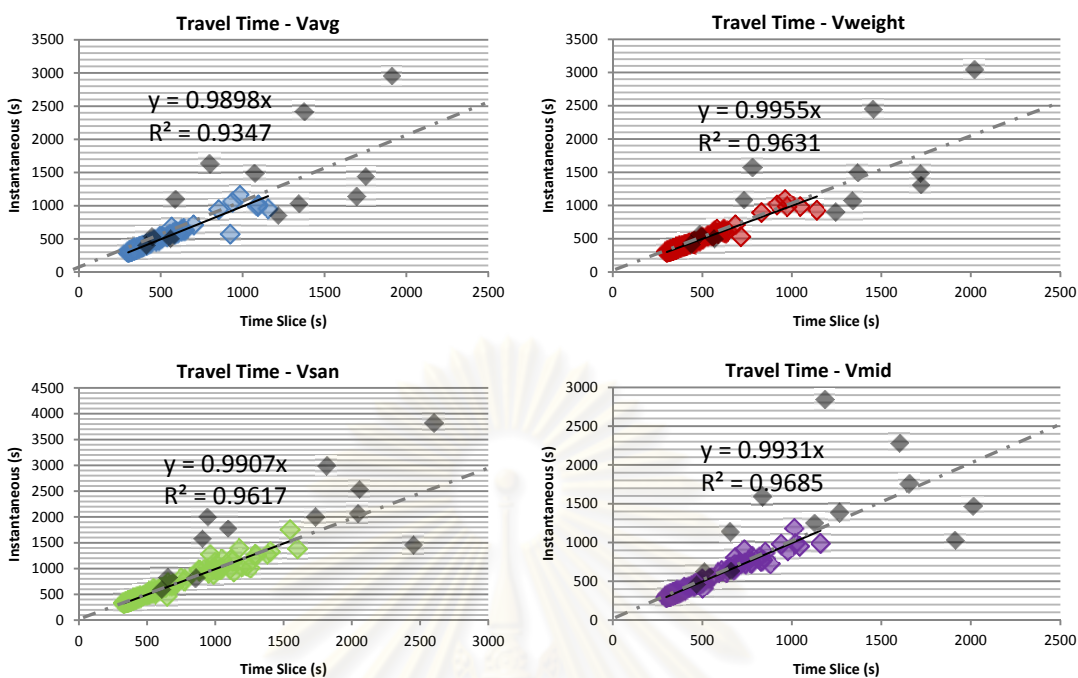
เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.6 และรูปที่ 5.7 ที่นำผลความแตกต่างของการรวมเวลาทั้ง 2 วิธี (V Diff) มาเรียงจากมากไปน้อย พบว่าค่าความแตกต่างจะเกิดขึ้นเมื่อสภาพการจราจรมีความหนาแน่นสูง อาทิ เช่น ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า ระหว่างช่วงเวลา 6:00 -10:00 น. โดยความแตกต่างที่เกิดขึ้น มีทั้งในส่วนที่เป็นค่าบวกและส่วนที่เป็นค่าลบ ดังนั้น แสดงให้เห็นว่าการรวมเวลาการเดินทางทั้งสองวิธี ไม่มีวิธีการใดที่สามารถรวบรวมค่าได้มากกว่าหรือน้อยกว่าเสมอ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไป ขึ้นอยู่กับสภาพการจราจรและข้อมูลที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา แต่ทว่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเร่งด่วนนั้นมีค่าไม่มากเท่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 5:00-6:00 น. ที่มีความแปรปรวนของข้อมูลและความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวมีฝนตกจึงมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการรวบรวมข้อมูลด้วยระบบประมวลผลภาพ

เมื่อนำค่าความแตกต่างระหว่างการรวมเวลาทั้งสองวิธี มาจัดเรียงจากมากไปน้อยพบว่าความแตกต่างมักเกิดที่บริเวณช่วงเวลาการเดินทางที่สูงกว่า 500 วินาที ไม่ว่าจะเป็นวิธีการประมาณค่าเวลาการเดินทางโดย Vavg, Vweight, Vsan และ Vmid ความแตกต่างระหว่างวิธีการรวมค่าเวลาจะเพิ่มสูงขึ้นตามค่าระยะเวลาการเดินทางที่มีมากขึ้น ทั้งในค่าความแตกต่างเชิงบวกและในเชิงลบ ซึ่งแสดงค่าเป็นเชิงบวกเมื่อวิธีการรวมแบบ Timeslice มีค่าสูงกว่า Instantaneous และในทางกลับกันจะได้ค่าความแตกต่างเป็นลบ เมื่อวิธีการ Instantaneous สามารถรวมค่าเวลาการเดินทางได้สูงกว่าดังที่สังเกตได้จากรูปที่ 5.7

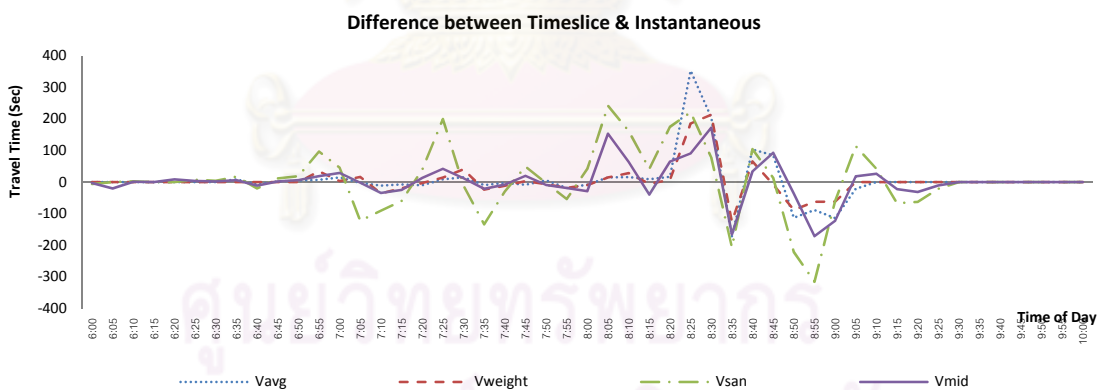


รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเดินทางและผลต่างของวิธีการรวมเวลาการเดินทาง (SMS)

เมื่อพิจารณาภาพรวมจากรูปที่ 5.8 โดยจุดสีดำคือข้อมูลในช่วงเวลาฝนตก และค่าความแตกต่างของวิธีการรวมเวลาการเดินทางในช่วงเร่งด่วนดังรูปที่ 5.9 วิธีการ Vavg และ Vweight มีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงและเกาะกลุ่มกัน แต่ทว่าวิธีการประมาณเวลาแบบ Vsan และ Vmid จะมีระดับค่าความแตกต่างที่สูงกว่าช่วงที่มีค่าการประมาณเวลาการเดินทางแต่ละวิธีที่ค่อนข้างสูงและมีลักษณะของข้อมูลที่แปรปรวนมาก



รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างการรวมเวลาการเดินทางแบบ Instantaneous และ Timeslice (SMS)



รูปที่ 5.9 ผลต่างวิธีการรวมเวลาการเดินทางแบบ Instantaneous และ Timeslice (SMS) ช่วง 6:00-10:00 น.

เมื่อทำการพิจารณาจากลักษณะการกระจายตัวของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการรวมเวลาการเดินทางแบบ Instantaneous และ Timeslice ในแต่ละวิธีการประมาณค่าความเร็วแล้ว พบว่าจะมีจุดที่แตกต่างกันอยู่ 2 จุดคือ

1. ระดับของช่วงเวลาที่เริ่มเกิดการกระจายตัวของค่าความแตกต่าง
 - วิธี Vavg และ Vweight จะเริ่มเกิดการกระจายตัวของค่าความแตกต่างสูงในช่วงที่ใช้เวลาการเดินทางประมาณ 750 วินาที ส่วนในช่วงก่อนหน้านั้นข้อมูลที่ได้ค่อนข้างใกล้เคียงกัน
 - วิธี Vsan และ Vmid ถึงแม้ว่าจะเริ่มเกิดการกระจายตัวของค่าความแตกต่างในช่วงที่ใช้เวลาการเดินทางประมาณ 750 วินาทีเหมือนกัน แต่ทว่าการกระจายตัวของค่าความแตกต่างจะเกิดขึ้นสูง เมื่ออยู่ในช่วงที่ใช้เวลาการเดินทางประมาณ 1000 วินาที ในการประมาณค่าเวลาด้วยวิธี Vmid และอยู่ที่ระดับเวลาประมาณ 1400 วินาที ในการประมาณค่าเวลาด้วยวิธี Vsan
2. แนวโน้มของค่าความแตกต่าง

ถึงแม้ว่าความแตกต่างของทั้งสองวิธีจะมีค่าทั้งเป็นบวกและเป็นลบ คือในบางครั้ง วิธีการรวมเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางแบบ Instantaneous และแบบ Timeslice จะสลับกันมีค่ามากและน้อยกว่าแตกต่างกันไป แต่เมื่อสังเกตจากการกระจายตัวของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการรวมเวลาการเดินทางโดยภาพรวมแล้ว พบว่าค่าความชันที่ได้จากทุกวิธีน้อยกว่า 1 ซึ่งก็คือค่าในแนวแกนนอนหรือค่าจากวิธีการ Timeslice มีค่ามากกว่าค่าการรวมเวลาแบบ Instantaneous

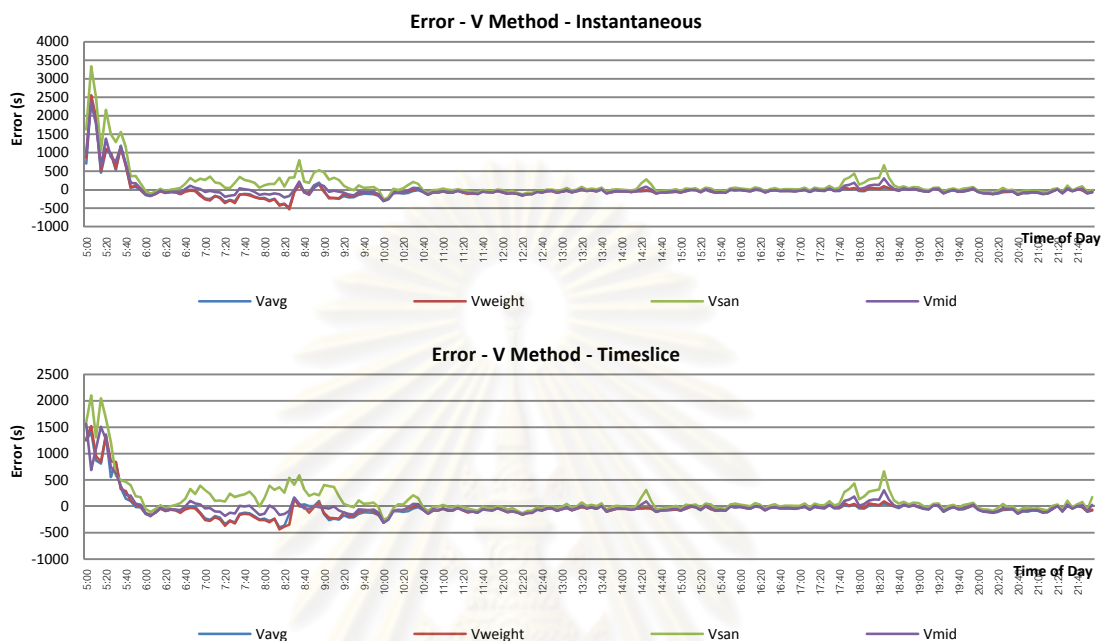
5.2.4 การเปรียบเทียบวิธีการประมาณเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง

จากการประมาณเวลาการเดินทางด้วยความเร็วทั้ง 4 วิธี และการรวมค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางทั้ง 2 วิธี นำค่าในแต่ละวิธีมาทำการเปรียบเทียบเพื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง โดยเปรียบเทียบดังนี้

การเปรียบเทียบด้วยค่าความคลาดเคลื่อนแบบผลต่าง Error

นำค่าที่ได้จากแต่ละวิธีการลบค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริงเพื่อหาค่าความแตกต่าง ทั้งนี้เพื่อพิจารณาว่าวิธีการที่ใช้สามารถประมาณได้มากหรือน้อยกว่าค่าจริงอย่างไร

จากรูปที่ 5.10 พบว่าในช่วงเวลาส่วนใหญ่ วิธีการ Vavg Vweight และ Vmid สามารถประมาณค่าเวลาการเดินทางได้ต่ำกว่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง



รูปที่ 5.10 ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณเวลาการเดินทาง (SMS)

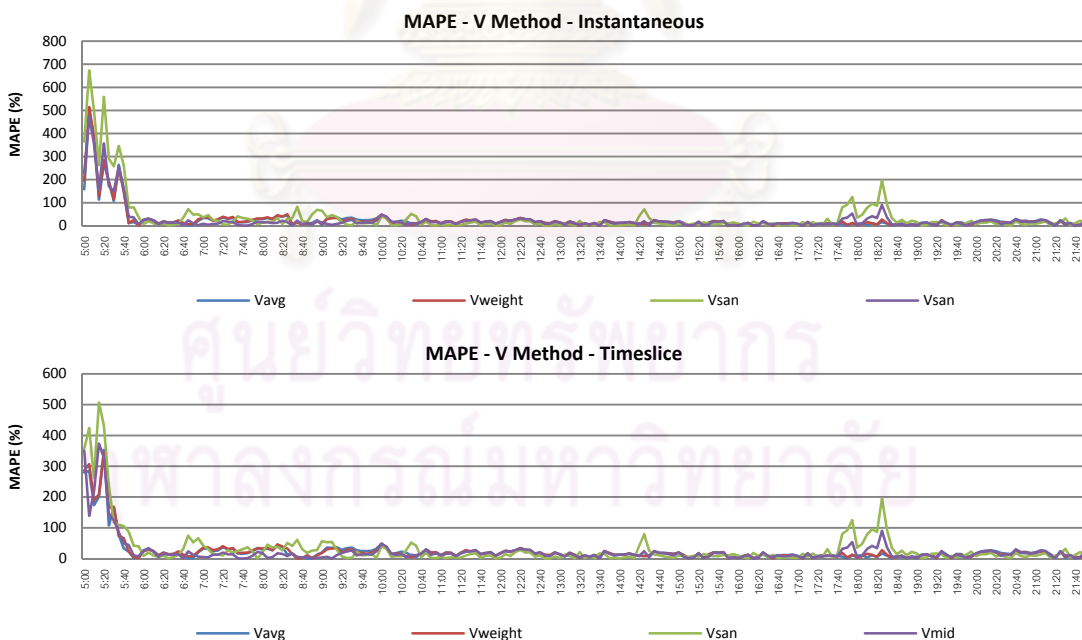
เนื่องจากผลของค่าความแตกต่างเป็นลบ ทำให้เส้นของข้อมูลอยู่ใต้แกน ทั้งในส่วนของการรวมเวลาแบบ Instantaneous และ Timeslice ซึ่งแตกต่างจากวิธี Vsan ที่ค่าความแตกต่างส่วนใหญ่ปรากฏผลเป็นค่าบวกอยู่เหนือแนวเส้นศูนย์ เนื่องจากเป็นวิธีการประมาณที่ได้เวลาการเดินทางสูงที่สุดเสมอเมื่อเทียบกับวิธีการประมาณด้วยวิธีการความเร็วอื่นๆ

ส่วนเมื่อพิจารณาถึงระดับของความแตกต่างที่ปรากฏ พบว่าในช่วงการจราจรปกติจะเกิดผลความคลาดเคลื่อนค่อนข้างต่ำ สืบเนื่องจากแนวเส้นแต่ละวิธีไล่ไปตามแนวแกนศูนย์ ยกเว้นในช่วงเวลาเร่งด่วน ที่ผลต่างมีเพิ่มมากขึ้น โดยวิธี Vsan ความแตกต่างจะเพิ่มมากขึ้นในทางบวก ส่วนวิธีการอื่นนั้น โดยภาพรวมความแตกต่างจะเพิ่มขึ้นในทางลบ ยกเว้น ในช่วงเวลา 5.00 – 6.00 น.ที่ผลของค่าความแตกต่างนี้เพิ่มขึ้นในทางบวกทั้งหมด และมีความแตกต่างที่มากผิดปกติเนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดถึง 2400 - 3300 วินาที หรือ 40 - 55 นาที ในการประมาณที่รวมเวลาแบบ Instantaneous และ ประมาณ 1500 – 2100 วินาที หรือ 25 – 35 นาที ในแบบ Timeslice ซึ่งแสดงว่าช่วงเวลาดังกล่าวน่าจะมีความผิดพลาดของข้อมูลที่รวบรวมได้

เกิดขึ้น แต่จากที่ปรากฏก็ช่วยให้เราได้ทราบว่าเมื่อเจอลักษณะของข้อมูลดังกล่าว การประมาณด้วยวิธี Timeslice จะช่วยประมาณค่าเวลาการเดินทางได้เหมาะสมกว่าวิธี Instantaneous เนื่องจากมีการปรับเลือกใช้ค่าเวลาการเดินทางในแต่ละช่วงทางที่เหมาะสมมาใช้ในการรวมเวลาทั้งเส้นทาง

การเปรียบเทียบด้วยค่า MAPE

ค่าความคลาดเคลื่อนในวิธีการแรกเมื่อทำการบวกระดมจะเกิดการหักล้างกันขึ้น ทำให้ไม่สามารถนำค่าดังกล่าวมาใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างในการวิเคราะห์รวมได้ ดังนั้นในการเปรียบเทียบถึงความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น จึงนิยมนำค่า MAPE มาใช้ โดยในการศึกษาครั้งนี้ แต่ละวิธีประมาณสามารถหาค่าของ MAPE ได้ดังรูปที่ 5.11 โดยสังเกตพบว่ารูปแบบของค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นนั้นมีรูปแบบเหมือนค่าคลาดเคลื่อนแบบผลต่าง เพียงแต่ค่าติดลบที่เกิดขึ้นมาอยู่เหนือแกนเปลี่ยนเป็นค่าบวกทั้งหมดแทน และถูกปรับให้อยู่ในรูปแบบร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 5.11 ค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ในการประมาณเวลาการเดินทาง (SMS)

โดยเมื่อพิจารณาภาพรวมแล้วพบว่าความแตกต่างของค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งจำแนกได้เป็น 4 กลุ่มหลัก คือ

1. ช่วงเวลาฝนตก 5:00 – 6:00 น. ซึ่งการประมาณเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นคลาดเคลื่อนเฉลี่ยมากถึงร้อยละ 140 - 300 โดยวิธี Vsan แบบ Instantaneous จะคลาดเคลื่อนมากกว่าวิธีการอื่นอย่างเห็นได้ชัด
2. ช่วงเวลาเร่งด่วน 1 6:00 – 10:00 น. มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย อยู่ที่ประมาณร้อยละ 10 - 30 โดยวิธี Vmid จะมีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าวิธีอื่นๆ อย่างชัดเจนโดยจะต่ำสุดที่การรวบรวมเวลาด้วยวิธีแบบ Timeslice
3. ช่วงเวลาเร่งด่วน 2 17.30 – 19.00 เกิดความคลาดเคลื่อนจากลักษณะตำแหน่งสถานีที่เวลาการเดินทางบริเวณสถานีสุดท้ายมีค่าสูงมากเพียงจุดเดียวทำให้วิธีการที่ประมาณเวลาการเดินทางจากค่าความเร็วเพียงค่าใดค่าหนึ่งมีค่าสูงและส่งผลให้เวลาการเดินทางรวมทั้งเส้นทางมีค่ามากผิดไปจากค่าเวลาการเดินทางจริงที่สิ้นสุดบนช่วงทาง ก่อนจะได้รับผลกระทบจากสภาพการจราจรที่บริเวณดังกล่าว
4. ช่วงเวลาปกติหรือนอกช่วงเวลาเร่งด่วน มีความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นต่ำกว่าช่วงเวลาอื่นและค่อนข้างจะได้ค่าใกล้เคียงกันมากในทุกวิธี รวมทั้งในทั้งสองรูปแบบวิธีการรวบรวมเวลาการเดินทางด้วย

โดยรายละเอียดของค่า MAPE ในแต่ละช่วงเวลาดังกล่าวนั้น จากตารางที่ 5.1 สามารถสรุปการเปรียบเทียบออกเป็น 2 รูปแบบคือการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการประมาณค่าความเร็วในแต่ละวิธี และการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการรวมเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง

ตารางที่ 5.1 สรุปค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ในแต่ละช่วงเวลา (SMS)

Method	Instantaneous				Timeslice			
	Vavg	Vw	Vsan	Vmid	Vavg	Vw	Vsan	Vmid
	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE
Rain Time (5:00 AM–6:00 AM)	182.2	189.6	312.0	202.9	142.2	153.2	229.0	151.5
Peak Time 1 (6:00 AM–10:00 AM)	23.9	23.8	25.6	13.3	22.7	23.1	25.9	11.9
Peak Time 2 (5:30 PM–7:00 PM)	7.3	9.4	60.3	23.3	7.3	9.4	60.3	23.3
Off-Peak	14.9	14.1	10.9	14.0	15.0	14.1	11.2	13.9
Daytime 1 (5:00 AM–10:00 PM)	26.2	26.3	36.5	25.8	23.6	24.0	31.8	22.3
Daytime 2 (6:00 AM–10:00 PM)	16.5	16.1	19.2	14.7	16.2	15.9	19.5	14.3

สรุปการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าความเร็วแต่ละวิธี

จากค่าความคลาดเคลื่อน สรุปให้เห็นว่าในแต่ละช่วงเวลานั้นวิธีการประมาณเวลาการเดินทางแต่ละวิธีสามารถให้ผลการประมาณที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลาแตกต่างกัน โดยพบว่าช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นที่ได้รับผลกระทบจากตำแหน่งสถานีศึกษา และช่วงฝนตก ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจะสูงมากวิธี Vavg เกิดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำสุด ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้ามีความคลาดเคลื่อนปานกลางวิธี Vmid เกิดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำสุด ช่วงเวลาปกติมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดวิธี Vsan เกิดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำสุด และเมื่อสรุปตลอดทั้งวันพบว่าในภาพรวมวิธี Vmid มีผลความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยโดยรวมต่ำที่สุด

สรุปการเปรียบเทียบการรวมเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางแต่ละวิธี

จากการเปรียบเทียบค่า MAPE พบว่าวิธีการรวมเวลาการเดินทางแบบ Timeslice นั้นสามารถประมาณเวลาการเดินทางได้แม่นยำกว่า วิธี Instantaneous เนื่องจากค่าที่ได้จากการประมาณด้วยวิธีการความเร็วในรูปแบบต่างๆส่วนใหญ่ มีค่า MAPE ที่ต่ำกว่าวิธี Instantaneous โดยเห็นได้ว่าวิธี Timeslice นั้นสามารถช่วยลดค่าความคลาดเคลื่อนลงได้ในช่วงเวลาที่เกิดความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากรวมค่าเวลาการเดินทางตามสภาพความเป็นจริงมากกว่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3 การวิเคราะห์และเลือกใช้วิธีการหาค่าเวลาการเดินทางที่เหมาะสม (ข้อมูล SMS)

จากการประมาณเวลาการเดินทาง พบว่าเกิดความคลาดเคลื่อนสูงเมื่อมีสภาพการจราจรหนาแน่น ส่วนในช่วงนอกเหนือจากนั้นความคลาดเคลื่อนที่พบจากแต่ละวิธีนั้นค่อนข้างต่ำ แต่ทว่าแต่ละวิธีก็ให้ความแม่นยำที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาและสภาพการจราจร ดังนั้นแนวทางในการปรับปรุงเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อน สามารถทำได้ดังนี้

- การเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงเวลาตามสภาพข้อมูล
- การเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงระยะเวลาการเดินทาง

5.3.1 การเลือกวิธีการหาค่าเวลาการเดินทางให้เหมาะสมกับช่วงเวลาตามสภาพข้อมูล (ปรับปรุงแบบที่ 1, D1)

การปรับปรุงวิธีการโดยเลือกใช้ให้เหมาะสมตามสภาพของช่วงเวลาตามสภาพข้อมูลนี้ เป็นการวิเคราะห์วิธีการประมาณค่าเวลาการเดินทางด้วยความเร็วในภาพรวม โดยจัดแบ่งสภาพของข้อมูลตามลักษณะของกราฟค่าเวลาการเดินทางในแต่ละช่วงเวลาที่สามารถได้ และค่าความคลาดเคลื่อนที่สัมพันธ์กับช่วงเวลาดังกล่าว จากข้อมูลสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะคือ

1. ช่วงเวลาที่มีปัจจัยส่งผลกระทบต่อให้ข้อมูลเกิดความแปรปรวนและเกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลสูง ซึ่งข้อมูลลักษณะดังกล่าวได้แก่ ช่วงเวลาฝนตก 5:00 - 6:00 น. และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น 17:30 - 19:00 น.
2. ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า โดยจากสภาพเส้นทางที่ศึกษาพบว่า เนื่องจากเป็นเส้นทางขาเข้าเมืองดังนั้นสภาพการจราจรจึงเกิดช่วงเวลาเร่งด่วนเฉพาะในตอนช่วงเช้า ในระหว่างเวลาประมาณ 6:00 – 10:00 น.
3. ช่วงเวลาปกติ หรือนอกช่วงเวลาเร่งด่วน มีสภาพการจราจรค่อนข้างคงที่ การประมาณเวลาการเดินทางในแต่ละวิธี ค่อนข้างมีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าช่วงอื่นๆ อีกทั้งให้ผลใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละวิธีที่มีความเหมาะสมในการประมาณในช่วงเวลาที่แตกต่างกันตามสภาพของข้อมูล ทั้งในส่วนของกรรวมเวลาแบบ Instantaneous และ Timeslice แล้ว ควรเปรียบเทียบวิธีที่ดีที่สุดที่พบระหว่างการบวกรวมเวลาทั้งสองรูปแบบด้วย เพื่อเปรียบเทียบว่าวิธีการประมาณที่เหมาะสมสอดคล้องกันหรือไม่ โดยเมื่อพิจารณาแล้วพบว่าวิธีการที่เหมาะสมกับแต่ละช่วงเวลาตามสภาพข้อมูลนั้น เป็นดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 สรุปวิธีที่เหมาะสมกับแต่ละช่วงเวลาตามสภาพข้อมูล (SMS)

Method	Instantaneous				Timeslice			
	Vavg	Vw	Vsan	Vmid	Vavg	Vw	Vsan	Vmid
	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE
Rain Time (5:00 AM~6:00 AM)	182.2	189.6	312.0	202.9	142.2	153.2	229.0	151.5
Peak Time 1 (6:00 AM~10:00 AM)	23.9	23.8	25.6	13.3	22.7	23.1	25.9	11.9
Peak Time 2 (5:30 PM~7:00 PM)	7.3	9.4	60.3	23.3	7.3	9.4	60.3	23.3
Off-Peak	14.9	14.1	10.9	14.0	15.0	14.1	11.2	13.9
Daytime (5:00 AM~10:00 PM)	26.2	26.3	36.5	25.8	23.6	24.0	31.8	22.3
Daytime 2 (6:00 AM~10:00 PM)	16.5	16.1	19.2	14.7	16.2	15.9	19.5	14.3

จากตารางที่ 5.2 พบว่าวิธีการประมาณเวลาการเดินทางที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลานั้น เมื่อลองพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่เหมาะสมที่พบในการรวมเวลาแบบ Instantaneous และ Timeslice นั้น วิธีการที่ดีที่สุดดังกล่าวเป็นวิธีเดียวกัน ดังนั้นจึงเป็นอีกจุดหนึ่งซึ่งช่วยในการยืนยันความเหมาะสมของรูปแบบวิธีการที่จะเลือกนำมาใช้ในการหาเวลาการเดินทาง

เมื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุของความเหมาะสมของวิธีการประมาณเวลาการเดินทางในแต่ละช่วงเวลาตามสภาพข้อมูลที่ได้ สามารถสรุปได้ดังนี้

- ช่วงเวลาฝนตกและช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น วิธี Vavg ให้ค่าที่คลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยที่สุด เนื่องจากข้อดีของวิธีดังกล่าว เป็นการเฉลี่ยค่าระหว่างสถานี ดังนั้นกรณีที่สภาพข้อมูลมีปัญหาได้ค่าไม่ถูกต้องวิธีดังกล่าวจะสามารถช่วยเฉลี่ยให้ผลกระทบจากการคลาดเคลื่อนดังกล่าวลดลง

- ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า สภาพการจราจรมีความหนาแน่นอีกทั้งครอบคลุมช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพจราจร จากสภาพการจราจรปกติไปสู่สภาพการจราจรหนาแน่นหรือจากสภาพการจราจรหนาแน่นกลับไปสู่สภาพการจราจรปกตินั้น วิธีการประมาณเวลาอย่างวิธี Vmid ที่เป็นค่าความเร็วในจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวโดยตรงนั้น จึงสามารถประมาณได้ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุดเพราะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการจราจร ซึ่งถ้าเป็น Vsan อาจไปเลือกค่ามาก หรือ Vavg และ Vweight ที่ไม่ได้ใช้ข้อมูลตำแหน่งดังกล่าวโดยตรงทำให้มีโอกาสประมาณผิดไปจากค่าที่แท้จริง
- ช่วงสภาพการจราจรปกติหรือช่วงนอกเวลาเร่งด่วน การจราจรมีความคล่องตัวสูงการประมาณแต่ละวิธีการให้ความแม่นยำที่ใกล้เคียงกัน แต่จากลักษณะข้อมูลความเร็วที่รวบรวมได้ในการศึกษาครั้งนี้ วิธีการประมาณเวลาการเดินทางส่วนใหญ่จะประมาณได้ต่ำกว่าค่าเวลาการเดินทางจริง โดยวิธี Vsan สามารถประมาณค่าเวลาการเดินทางได้สูงและใกล้เคียงเวลาการเดินทางจริงมากกว่าวิธีอื่น

โดยในการหาค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางนั้น เลือกใช้วิธีการรวมเวลาการเดินทางแบบ Timeslice เนื่องจากเป็นวิธีการที่เกิดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำกว่าวิธี Instantaneous

จากนั้นเมื่อสรุปได้ จึงเลือกใช้วิธีการประมาณเวลาการเดินทางที่เกิดความคลาดเคลื่อน MAPE ต่ำที่สุดในแต่ละช่วงมาพิจารณาและประมาณค่าใหม่ แล้วจึงนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 การเปรียบเทียบผลจากวิธีการปรับปรุงแบบที่ 1 (SMS)

Method	Instantaneous				Timeslice				D1
	Vavg	Vw	Vsan	Vmid	Vavg	Vw	Vsan	Vmid	
	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE
Rain Time (5:00 AM-6:00 AM)	182.2	189.6	312.0	202.9	142.2	153.2	229.0	151.5	142.2
Peak Time 1 (6:00 AM-10:00 AM)	23.9	23.8	25.6	13.3	22.7	23.1	25.9	11.9	11.9
Peak Time 2 (5:30 PM-7:00 PM)	7.3	9.4	60.3	23.3	7.3	9.4	60.3	23.3	7.3
Off-Peak	14.9	14.1	10.9	14.0	15.0	14.1	11.2	13.9	11.2
Daytime (5:00 AM-10:00 PM)	26.2	26.3	36.5	25.8	23.6	24.0	31.8	22.3	18.8
Daytime 2 (6:00 AM-10:00 PM)	16.5	16.1	19.2	14.7	16.2	15.9	19.5	14.3	11.0

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 5.3 พบว่าค่าที่ได้จากวิธีการปรับปรุงดังกล่าว มีความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาต่ำที่สุด เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากวิธีการอื่นๆทั้งหมด อีกทั้งส่งผลทำให้ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตลอดทั้งวันลดต่ำลง โดยค่าความคลาดเคลื่อนลดลงเหลืออยู่ที่ประมาณร้อยละ 18.8 ซึ่งถ้าตัดช่วงเวลา 5:00 – 6:00 น. ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงออกไป โดยกำหนดให้ช่วงเวลาตลอดวันเริ่มที่ 6:00 น. และสิ้นสุดที่ 22:00 น. ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยโดยรวมตลอดทั้งวันในช่วงเวลาดังกล่าวจะเหลือเพียงร้อยละ 11

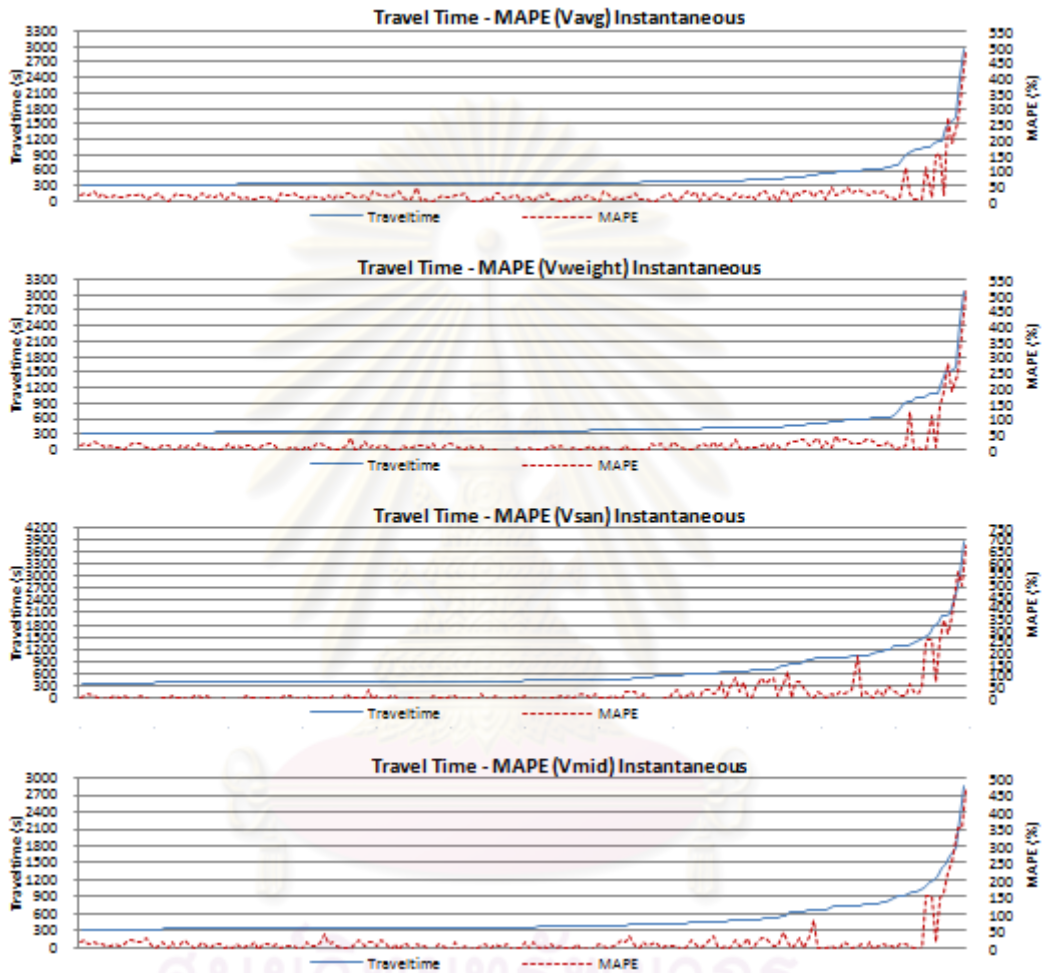
5.3.2 การเลือกวิธีการหาค่าเวลาการเดินทางให้เหมาะสมกับช่วงระยะเวลาการเดินทาง (ปรับปรุงแบบที่ 2, D2)

เนื่องจากสิ่งที่ต้องการจากการประมาณค่าเวลาการเดินทางนั้น ก็คือค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง ดังนั้น จึงเป็นตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อใช้ในการปรับปรุงเลือกใช้วิธีการประมาณค่าเวลาการเดินทางให้เหมาะสม โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นกับวิธีการประมาณเวลาการเดินทางด้วยความเร็วในแต่ละวิธีว่าในแต่ละช่วงระยะเวลาที่ใช้ดังกล่าว ควรเลือกใช้วิธีการใดจึงจะสามารถประมาณค่าเวลาการเดินทางแล้วเกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. จัดเรียงค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางที่หาได้ โดยเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก เปรียบเทียบไปพร้อมกับค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ในการประมาณค่าเวลาการเดินทางด้วยความเร็วทุกวิธี รวมไปถึงการรวมเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางแบบ Instantaneous และ Timeslice

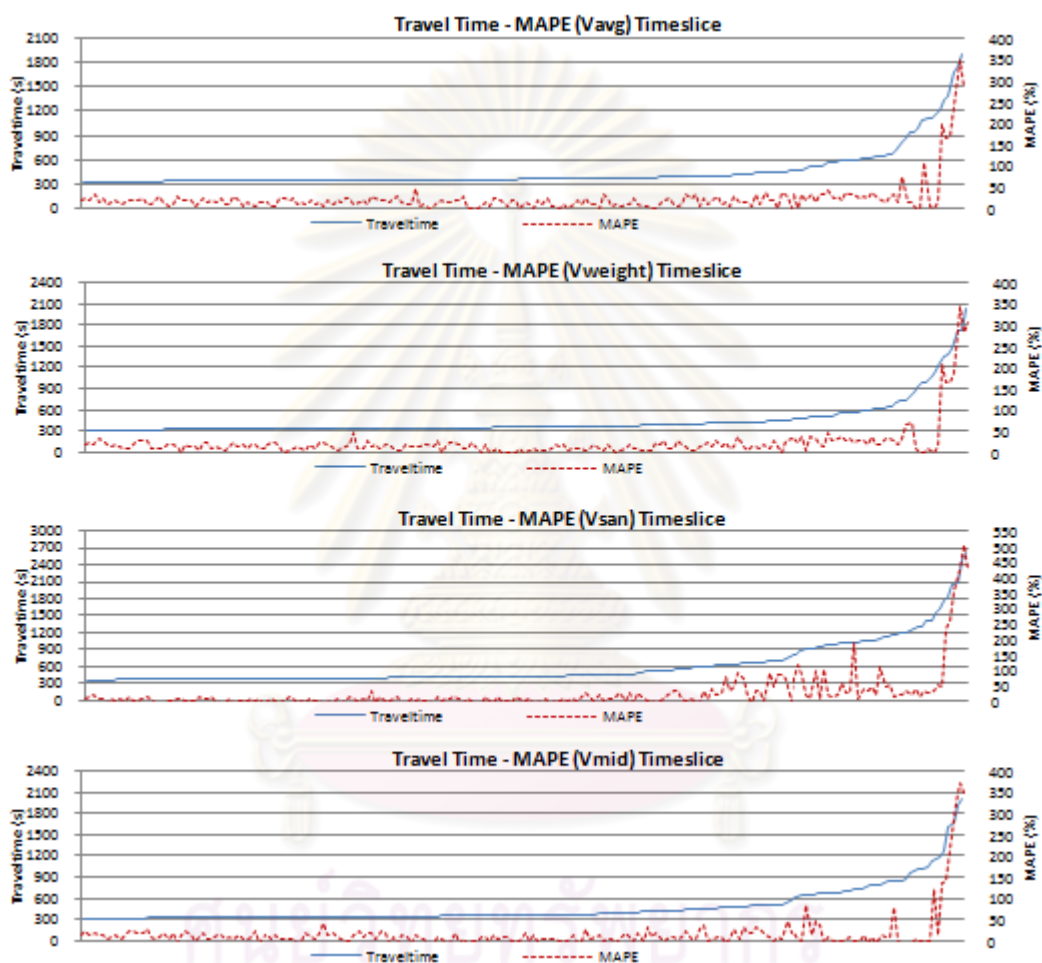
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 5.12 สังเกตได้ว่าช่วงที่ใช้เวลาการเดินทางไม่มากวิธี Vsan มีระดับความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ส่วนในช่วงท้ายที่ไม่ใช่ช่วงปลายวิธี Vmid มีระดับความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดนอกเหนือจากนั้นมีหลายวิธีที่ใกล้เคียงกัน



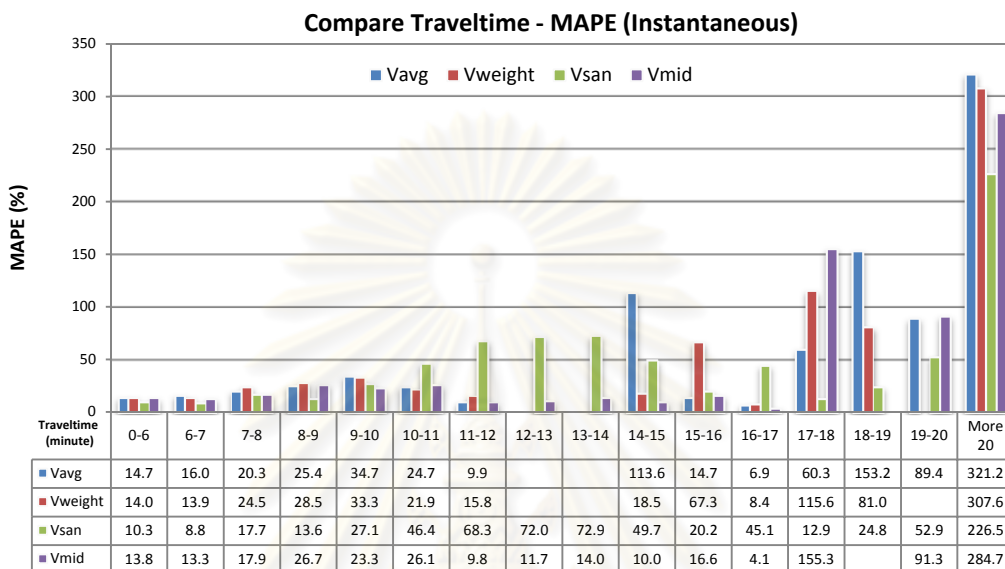
รูปที่ 5.12 การจัดเรียงเวลาการเดินทางเปรียบเทียบค่า MAPE (การรวมเวลาแบบ Instantaneous-SMS)

จากรูปที่ 5.13 สังเกตได้ว่าช่วงที่ใช้เวลาการเดินทางไม่มากวิธี Vsan มีระดับความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ส่วนในช่วงท้ายที่ไม่ใช่ช่วงปลายวิธี Vmid มีระดับความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดนอกเหนือจากนั้นมีหลายวิธีที่ใกล้เคียงกันเหมือนกับข้อมูลที่ปรากฏในการรวมเวลาแบบ Instantaneous

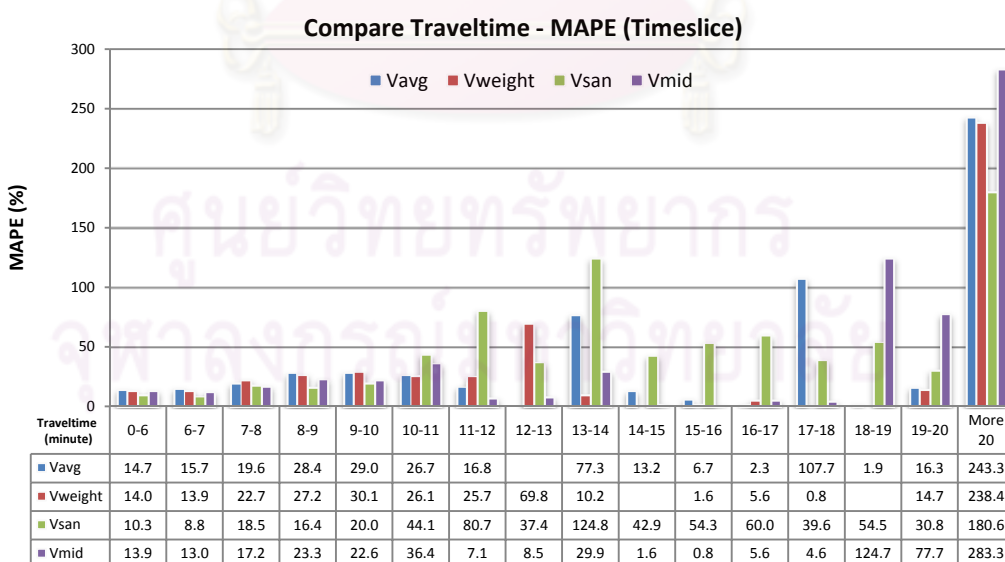


รูปที่ 5.13 การจัดเรียงเวลาการเดินทางเปรียบเทียบค่า MAPE (การรวมเวลาแบบ Timeslice-SMS)

2. แบ่งข้อมูลที่จัดเรียงแล้วออกตามช่วงความถี่ของระยะเวลาการเดินทางที่ใช้ จากนั้นทำการหาค่า MAPE ของแต่ละช่วงเวลาดังกล่าว โดยแบ่งให้ครบทั้งในส่วนวิธีการประมาณ 4 รูปแบบ และการรวมเวลา 2 วิธี ดังรูปที่ 5.14 – 5.15



รูปที่ 5.14 การเปรียบเทียบค่า MAPE ตามช่วงระยะเวลาการเดินทาง (การรวมเวลาแบบ Instantaneous-SMS)



รูปที่ 5.15 การเปรียบเทียบค่า MAPE ตามช่วงระยะเวลาการเดินทาง (การรวมเวลาแบบ Timeslice-SMS)

3. พิจารณาข้อมูลและระบุถึงวิธีการประมาณเวลาการเดินทางที่เหมาะสมในแต่ละช่วงระยะเวลาการเดินทาง โดยเลือกวิธีการที่มีค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ต่ำที่สุด ซึ่งได้ผลแสดงดังตารางที่ 5.4

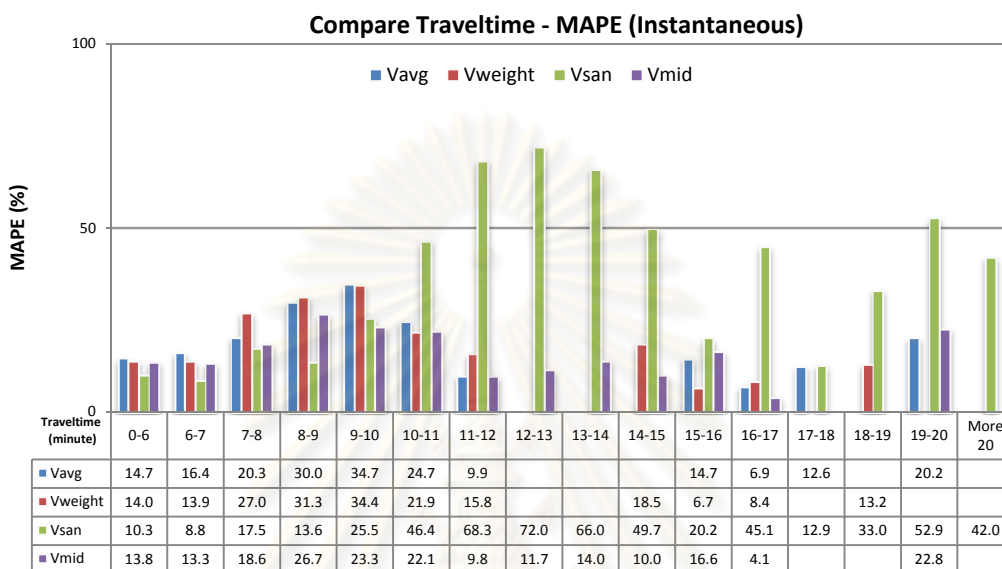
ตารางที่ 5.4 การเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงระยะเวลาการเดินทาง (SMS)

Travel Time		Instantaneous				Timeslice			
		Vavg	Vweight	Vsan	Vmid	Vavg	Vweight	Vsan	Vmid
(Minute)	(Sec)	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE
0-6	0-360	14.7	14.0	10.3	13.8	14.7	14.0	10.3	13.9
6-7	360-419	16.0	13.9	8.8	13.3	15.7	13.9	8.8	13.0
7-8	420-479	20.3	24.5	17.7	17.9	19.6	22.7	18.5	17.2
8-9	480-539	25.4	28.5	13.6	26.7	28.4	27.2	16.4	23.3
9-10	540-599	34.7	33.3	27.1	23.3	29.0	30.1	20.0	22.6
10-11	600-659	24.7	21.9	46.4	26.1	26.7	26.1	44.1	36.4
11-12	660-719	9.9	15.8	68.3	9.8	16.8	25.7	80.7	7.1
12-13	720-779			72.0	11.7		69.8	37.4	8.5
13-14	780-839			72.9	14.0	77.3	10.2	124.8	29.9
14-15	840-899	113.6	18.5	49.7	10.0	13.2		42.9	1.6
15-16	900-959	14.7	67.3	20.2	16.6	6.7	1.6	54.3	0.8
16-17	960-1019	6.9	8.4	45.1	4.1	2.3	5.6	60.0	5.6
17-18	1020-1079	60.3	115.6	12.9	155.3	107.7	0.8	39.6	4.6
18-19	1080-1139	153.2	81.0	24.8		1.9		54.5	124.7
19-20	1140-1199	89.4		52.9	91.3	16.3	14.7	30.8	77.7
More 20	More 1200	321.2	307.6	226.5	284.7	243.3	238.4	180.6	283.3

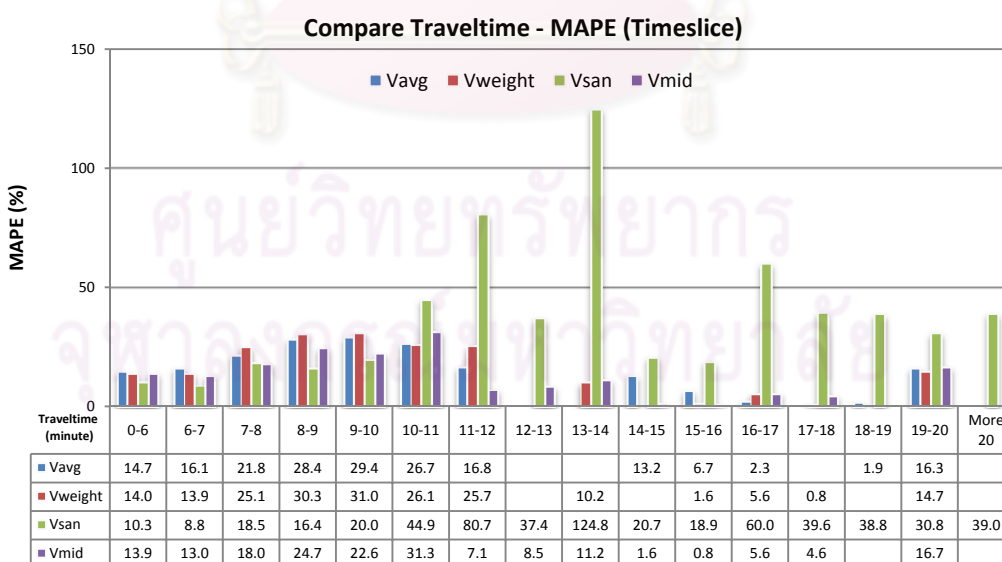
จากข้อมูลในตาราง วิธีการที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลามีการสลับไปมา รวมทั้งวิธีการที่ดีที่สุดที่ได้จากการรวมเวลาแบบ Instantaneous และ Timeslice นั้นมีบางช่วงเวลาที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งแตกต่างจากการเลือกใช้วิธีการตามวิธีการปรับปรุงในวิธีการแรกที่มีรูปแบบแน่นอน และผลที่ดีที่สุดจากการรวมเวลาแต่ละรูปแบบสอดคล้องกัน

อีกทั้งข้อมูลที่มีการเว้นว่างในบางช่วงเวลาอันเนื่องมาจากช่วงเวลาการเดินทางในบางช่วงนั้นบางวิธีไม่มีผลที่อยู่ในช่วงระยะเวลาดังกล่าว ทำให้ยากในการตัดสินใจเลือกใช้วิธีการเนื่องจากค่าที่ว่างดังกล่าวอาจจะเป็นวิธีที่สามารถประมาณเวลาได้ดีกว่าวิธีอื่นในช่วงเวลานั้น ดังนั้นจึงจะลองตัดในส่วนนของข้อมูลที่อาจส่งผลให้ค่าแปรปรวนออกก่อน และทำการเปรียบเทียบเพื่อตัดสินใจเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมตามสภาพข้อมูลที่มีมาใช้ต่อไป

เนื่องจากข้อมูลช่วง 5:00 - 6:00 น.ค่อนข้างแปรปรวนและคลาดเคลื่อน อาจส่งผลกระทบต่อแนวทางเลือกวิธี ดังนั้นก่อนเลือกวิธีการ ทำการทดสอบอีกครั้งโดยตัดช่วงเวลาดังกล่าวออกแล้วนำมาพิจารณาเปรียบเทียบอีกครั้งได้ผลดังรูปที่ 5.16 - 5.17 และตารางที่ 5.5



รูปที่ 5.16 การเปรียบเทียบค่า MAPE ตามช่วงระยะเวลาการเดินทาง (การรวมเวลาแบบ Instantaneous-SMS-นำข้อมูล 5:00-6:00 น. ออก)



รูปที่ 5.17 การเปรียบเทียบค่า MAPE ตามช่วงระยะเวลาการเดินทาง (การรวมเวลาแบบ Timeslice-SMS-นำข้อมูล 5:00-6:00 น. ออก)

ตารางที่ 5.5 การเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงระยะเวลาการเดินทาง
(นำข้อมูลช่วง 5:00-6:00น. ออก - SMS)

Travel Time		Instantaneous				Timeslice			
		Vavg	Vweight	Vsan	Vmid	Vavg	Vweight	Vsan	Vmid
(Minute)	(Sec)	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE
0-6	0-360	14.7	14.0	10.3	13.8	14.7	14.0	10.3	13.9
6-7	360-419	16.4	13.9	8.8	13.3	16.1	13.9	8.8	13.0
7-8	420-479	20.3	27.0	17.5	18.6	21.8	25.1	18.5	18.0
8-9	480-539	30.0	31.3	13.6	26.7	28.4	30.3	16.4	24.7
9-10	540-599	34.7	34.4	25.5	23.3	29.4	31.0	20.0	22.6
10-11	600-659	24.7	21.9	46.4	22.1	26.7	26.1	44.9	31.3
11-12	660-719	9.9	15.8	68.3	9.8	16.8	25.7	80.7	7.1
12-13	720-779			72.0	11.7			37.4	8.5
13-14	780-839			66.0	14.0		10.2	124.8	11.2
14-15	840-899		18.5	49.7	10.0	13.2		20.7	1.6
15-16	900-959	14.7	6.7	20.2	16.6	6.7	1.6	18.9	0.8
16-17	960-1019	6.9	8.4	45.1	4.1	2.3	5.6	60.0	5.6
17-18	1020-1079	12.6		12.9			0.8	39.6	4.6
18-19	1080-1139		13.2	33.0		1.9		38.8	
19-20	1140-1199	20.2		52.9	22.8	16.3	14.7	30.8	16.7
More 20	More 1200			42.0				39.0	

เมื่อทำการตัดข้อมูลในช่วงเวลา 5:00 – 6:00 น. ออกและทำการเรียงข้อมูลใหม่ หลังจากนั้นทำการระบุวิธีการที่ดีที่สุดในแต่ละช่วงระยะเวลาการเดินทาง พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนบางค่าลดต่ำลงหรือหายไป สรุปได้ว่ามีสาเหตุมาจากข้อมูลในช่วงเวลา 5:00-6:00 น. นั้นเอง โดยการเปลี่ยนแปลงของวิธีการที่ดีที่สุด เกิดขึ้นเฉพาะช่วงระยะเวลาการเดินทางที่ใช้เวลาสูงคือในช่วง 15-16 นาที จากวิธี Vavg มาเป็น Vweight ช่วง 17-18 และ 19-20 นาที เปลี่ยนจาก Vsan มาเป็น Vavg และช่วง 18-19 เปลี่ยนจาก Vsan มาเป็น Vweight และที่น่าสังเกตคือเกิดขึ้นในฝั่งของการรวมเวลาการเดินทางแบบ Instantaneous เท่านั้น ส่วนในฝั่งของการรวมเวลาการเดินทางแบบ Timeslice วิธีการที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละช่วงเวลายังคงเหมือนเดิม อีกทั้งเมื่อพิจารณาถึงภาพรวมของค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นของการรวมเวลาแบบ Timeslice ก็ต่ำกว่าแบบ Instantaneous ดังนั้นสรุปจึงเลือกใช้วิธีการดังกล่าวในการประมาณค่าเวลาการเดินทาง

4. หาค่าเวลาการเดินทางอ้างอิงที่จะนำมาใช้เลือกวิธีการประมาณเหมาะสม

เนื่องจากวิธีการที่เหมาะสมที่หาได้นั้นจะต้องนำไปเลือกใช้ตามค่าเวลาการเดินทางแต่หาค่าเวลาที่จะนำมาใช้นั้น ยังไม่ทราบว่าจะใช้ค่าใดจึงจะเหมาะสมที่สุด ดังนั้นจึงต้องทำการทดลองหาวิธีการที่ให้ค่าเวลาการเดินทางที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ โดยทดลองใช้ค่าวิธีการประมาณเวลาการเดินทางที่เหมาะสมดังกล่าวจับเข้ากับค่าตัวแปรที่เป็นไปได้ในทุกรูปแบบ ดังนี้

- ใช้ค่าเวลาการเดินทางเฉลี่ยที่ได้จากทั้ง 4 วิธีการรวมกัน และเนื่องจากใช้เฉพาะกับวิธี Timeslice เท่านั้น ดังนั้นจึงมีเพียง 1 วิธี ตัวอย่างตัวอักษรย่อคือ Vawsm หมายถึง การเฉลี่ยมาจากวิธี Vavg, Vweight, Vsan และ Vmid เป็นต้น
- ใช้ค่าเวลาการเดินทางเฉลี่ยที่ได้จาก 3 วิธีการ มีจำนวนทั้งสิ้น 4 วิธี
- ใช้ค่าเวลาการเดินทางเฉลี่ยที่ได้จาก 2 วิธีการ มีจำนวนทั้งสิ้น 6 วิธี
- ใช้ค่าเวลาการเดินทางที่ได้จาก 1 วิธีการ มีจำนวนทั้งสิ้น 4 วิธี

จากนั้นทำการหาค่า MAPE ของช่วงเวลาทั้งหมดในแต่ละรูปแบบเพื่อพิจารณาว่าเมื่อลองใช้วิธีการที่เหมาะสมดังกล่าวกับค่าเวลาการเดินทางที่ได้จากการเฉลี่ยในแต่ละรูปแบบแล้ววิธีการใดจึงจะเหมาะสมเป็นค่าอ้างอิงที่สุด โดยเลือกจากวิธีที่ได้ผลลัพธ์ MAPE สะสมที่ต่ำที่สุด และทดลองทำซ้ำอีกครั้งกับข้อมูลที่ตัดข้อมูลช่วงเวลา 5:00-6:00 น. ออก เพื่อให้ได้ผลของข้อมูลที่มีสภาพใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการจราจรจริง โดยได้ผลดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 MAPE ของวิธีการหาค่าเวลาการเดินทางอ้างอิงแต่ละรูปแบบ (SMS)

Method	Vawsm	Vaws	Vawm	Vasm	Vwsm	Vaw	Vas	Vam	Vws	Vwm	Vsm	Va	Vw	Vs	Vm
No.	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
Period	5-22	5-22	5-22	5-22	5-22	5-22	5-22	5-22	5-22	5-22	5-22	5-22	5-22	5-22	5-22
MAPE	25.7	25.7	27.9	26.9	27.2	28.9	27.8	27.1	27.9	26.4	28.2	28.7	28.7	25.7	25.2
Method	Vawsm	Vaws	Vawm	Vasm	Vwsm	Vaw	Vas	Vam	Vws	Vwm	Vsm	Va	Vw	Vs	Vm
No.	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
Period	6-22	6-22	6-22	6-22	6-22	6-22	6-22	6-22	6-22	6-22	6-22	6-22	6-22	6-22	6-22
MAPE	13.7	13.7	16.2	14.6	14.9	17.2	15.8	15.8	15.9	14.8	16.0	16.9	16.7	13.7	13.8

a = avg

w=weight

s=san

m=mid

เมื่อพิจารณาพบว่าค่าเวลาการเดินทางที่ควรจะนำมาใช้อ้างอิง ว่าช่วงเวลาดังกล่าวควรใช้วิธีการประมาณแบบใดนั้น วิธีการที่เหมาะสมที่สุดคือวิธีการ Vm หรือคือการอ้างอิง จากค่าเวลาการเดินทางที่ประมาณได้จากค่าความเร็วที่จุดกึ่งกลางวิธีการเดียว เนื่องจากมีค่า MAPE ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ ทั้งในรูปแบบที่ประมาณโดยใช้ช่วงเวลาทั้งหมด ซึ่งได้ค่า MAPE เท่ากับ 25.2 และกรณีที่ดีข้อมูลช่วง 5:00-6:00 น.ออก ซึ่งได้ ค่า MAPE เท่ากับ 13.8

5. นำวิธีการที่เหมาะสมในแต่ละช่วงระยะเวลาไปใช้และหาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น เพื่อนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบ

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 5.7 พบว่าค่าที่ได้จากวิธีการปรับปรุงดังกล่าว มีความคลาดเคลื่อนที่ค่อนข้างดีในช่วงเวลาเร่งด่วน และช่วงเวลาปกติ แต่ทว่าไม่ใช่วิธีการที่ดีที่สุด ในช่วงเวลาทั้งสองและค่อนข้างมีค่าความคลาดเคลื่อนที่สูงในช่วงเวลาฝนตก เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากวิธีการอื่นๆทั้งหมด ดังนั้นจึงส่งผลทำให้ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตลอดทั้งวันค่อนข้างสูง โดยค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ประมาณร้อยละ 25.2

ตารางที่ 5.7 การเปรียบเทียบผลจากวิธีการปรับปรุงแบบที่ 2 (SMS)

Method	Instantaneous				Timeslice				D2
	Vavg	Vw	Vsan	Vmid	Vavg	Vw	Vsan	Vmid	
	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE
Rain Time (5:00 AM~6:00 AM)	182.2	189.6	312.0	202.9	142.2	153.2	229.0	151.5	207.9
Peak Time 1 (6:00 AM~10:00 AM)	23.9	23.8	25.6	13.3	22.7	23.1	25.9	11.9	13.6
Peak Time 2 (5:30 PM~7:00 PM)	7.3	9.4	60.3	23.3	7.3	9.4	60.3	23.3	37.4
Off-Peak	14.9	14.1	10.9	14.0	15.0	14.1	11.2	13.9	10.5
Daytime 1 (5:00 AM~10:00 PM)	26.2	26.3	36.5	25.8	23.6	24.0	31.8	22.3	25.2
Daytime 2 (6:00 AM~10:00 PM)	16.5	16.1	19.2	14.7	16.2	15.9	19.5	14.3	13.8

โดยสาเหตุที่ทำให้ผลออกมาเป็นเช่นนี้เนื่องมาจาก วิธีการที่เลือกได้ในแต่ละช่วงเวลาการเดินทางที่เหมาะสมนั้นมีในส่วนของวิธีการ Vsan และ Vmid อยู่หลายช่วง ซึ่งวิธีการดังกล่าวอย่าง Vmid และ Vsan นั้น ใช้ค่าตรงตำแหน่งกึ่งกลาง และค่าความเร็วที่มากที่สุดตามลำดับในการคำนวณโดยตรงเพียงค่าเดียว ดังนั้นเมื่อใดที่ทำการประมาณแล้วค่าตรงกับสภาพความเป็นจริง ค่าความคลาดเคลื่อนที่พบก็จะน้อยมากทำให้วิธีการดังกล่าวถูกเลือก แต่ถ้าคลาดเคลื่อนเมื่อใดก็จะเกิดความคลาดเคลื่อนสูงมากเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิธีการ Vsan ที่สามารถสังเกตเห็นถึงลักษณะดังกล่าวได้ชัดเจนจากข้อมูลที่ผ่านมา

ซึ่งจากวิธีการปรับปรุงแบบที่ 2 ถ้าตัดช่วงเวลา 5:00 – 6:00 น. ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงมากออกไป โดยกำหนดให้ช่วงเวลาตลอดวันเริ่มที่ 6:00 น. และสิ้นสุดที่ 22:00 น. ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยโดยรวมตลอดทั้งวันในช่วงเวลาดังกล่าวจะลดลงเหลือเพียงร้อยละ 13.8 ซึ่งสูงกว่าวิธีการปรับปรุงวิธีแรกที่ได้ค่าดังกล่าวร้อยละ 11 เล็กน้อย

นับว่าเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมในการที่จะเลือกนำมาใช้ในกรณีที่มีข้อมูลจำนวนมาก เพราะมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าวิธีการอื่นๆ โดยส่วนใหญ่ และเป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ปรับปรุงช่วงในการเลือกวิธีการประมาณให้เหมาะสมมากขึ้นได้ โดยอาศัยจำนวนข้อมูลที่มากขึ้นเพื่อนำมาใช้ในการเติมเต็มช่องว่างบางช่วงในแต่ละวิธีการที่ยังไม่มีข้อมูล และปรับปรุงทำให้วิธีการที่จะนำมาใช้ในแต่ละช่วงระยะเวลาการเดินทางเหมาะสมและสะท้อนตามความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

5.3.3 สรุปผลแนวทางในการปรับปรุงเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อน

จากผลของการศึกษาที่ผ่านมาดังตารางที่ 5.8 พบว่าวิธีการที่น่าจะเหมาะสมในการนำมาใช้กับข้อมูล SMS มากที่สุดคือการปรับปรุงวิธีการแรกซึ่งเป็นการเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงเวลาตามสภาพข้อมูล โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าวิธีการประมาณอื่น โดยสามารถสรุปถึงวิธีการที่จะนำไปใช้ได้ดังนี้

1. ในส่วนของการเลือกใช้ค่าความเร็วในการประมาณเวลาการเดินทาง

เลือกใช้ค่า Vavg ในช่วงที่ข้อมูลคลาดเคลื่อนสูง เช่น ช่วงฝนตก ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น

เลือกใช้ค่า Vsan ในช่วงเวลาปกติ

เลือกใช้ค่า Vmid ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า

2. ในส่วนของวิธีการรวมค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง

เลือกใช้วิธี Timeslice

ตารางที่ 5.8 การเปรียบเทียบผลจากวิธีการทั้งหมด (SMS)

Method	Instantaneous				Timeslice				D1	D2
	Vavg	Vw	Vsan	Vmid	Vavg	Vw	Vsan	Vmid		
	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE		
Rain Time (5:00 AM~6:00 AM)	182.2	189.6	312.0	202.9	142.2	153.2	229.0	151.5	142.2	207.9
Peak Time 1 (6:00 AM~10:00 AM)	23.9	23.8	25.6	13.3	22.7	23.1	25.9	11.9	11.9	13.6
Peak Time 2 (5:30 PM~7:00 PM)	7.3	9.4	60.3	23.3	7.3	9.4	60.3	23.3	7.3	37.4
Off-Peak	14.9	14.1	10.9	14.0	15.0	14.1	11.2	13.9	11.2	10.5
Daytime 1 (5:00 AM~10:00 PM)	26.2	26.3	36.5	25.8	23.6	24.0	31.8	22.3	18.8	25.2
Daytime 2 (6:00 AM~10:00 PM)	16.5	16.1	19.2	14.7	16.2	15.9	19.5	14.3	11.0	13.8

โดยในการประมาณเวลาการเดินทาง พบว่าบางช่วงเวลามีความผิดพลาดของข้อมูลสูงไม่สามารถประมาณเวลาให้ถูกต้องได้ จึงควรจำแนกสภาพข้อมูลดังกล่าวออก อาทิเช่น ข้อมูลที่ผิดพลาดอันเนื่องมาจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ประมวลผลภาพที่มีความผิดพลาดสูงในช่วงเวลาที่มีฝนตก โดยพบปัญหาเรื่องคุณภาพของภาพที่ต่ำและเงาสะท้อนของยานพาหนะและแสงไฟบนเส้นทางที่มีผลต่อการประมวลผลภาพ ดังตัวอย่างภาพในรูปที่ 5.18

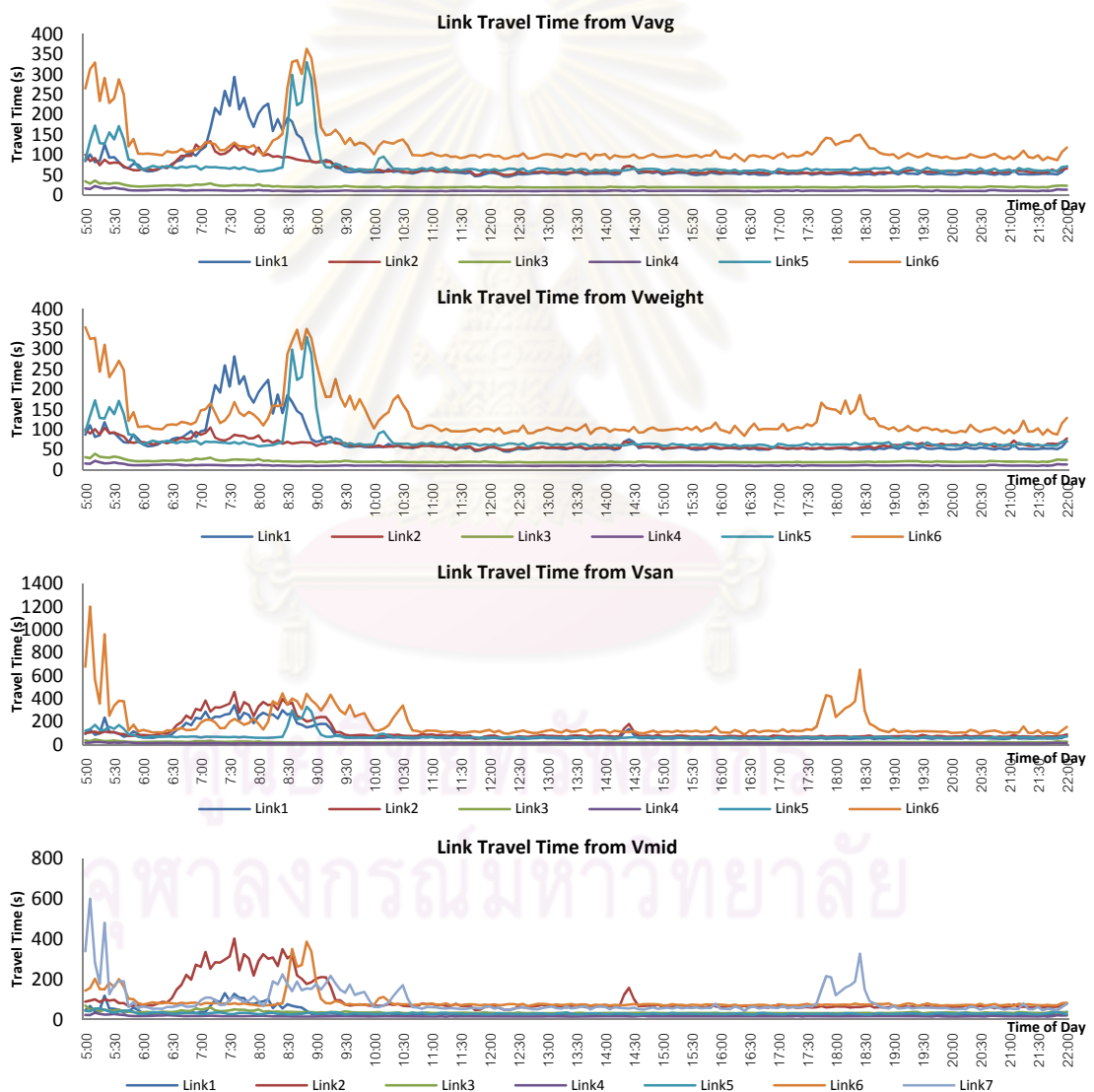


รูปที่ 5.18 ตัวอย่างภาพในช่วงเวลาฝนตก

โดยปัญหาดังกล่าวทำให้ข้อมูลที่ได้จากระบบประมวลผลภาพวีดิทัศน์มีความผิดพลาดสูง เช่น เมื่อเกิดเงาสะท้อนจากยานพาหนะจะส่งผลให้นับจำนวนยานพาหนะได้มากกว่าความเป็นจริง หรือเมื่อภาพถ่ายไม่ชัดเจนจะทำให้ไม่สามารถจับภาพยานพาหนะหรือไม่สามารถตรวจนับค่าความเร็วได้ถูกต้อง ดังข้อมูลในช่วงเวลา 5:00 - 6:00 น. ในการศึกษาครั้งนี้ เมื่อตรวจสอบจากภาพวีดิทัศน์กับข้อมูลที่ได้จากระบบประมวลผลภาพพบว่า มีปัญหาของข้อมูลที่ยานพาหนะมีจำนวนมากและใช้ความเร็วต่ำกว่าสภาพความเป็นจริงที่พบจากภาพวีดิทัศน์อย่างชัดเจน ทำให้ข้อมูลการจราจรมีความผิดพลาดสูง ซึ่งเป็นสาเหตุให้การประมาณเวลาการเดินทาง (ข้อมูล SMS) ในช่วงเวลาดังกล่าวมีความคลาดเคลื่อนสูงมากถึงร้อยละ 140 - 300

5.4 การประมาณเวลาการเดินทางบนช่องทาง (ข้อมูล TMS)

ผลวิธีการประมาณค่าเวลาการเดินทางบนช่องทางด้วยรูปแบบความเร็วทั้ง 4 วิธี จากข้อมูลความเร็ว TMS ของสถานีสำรวจจัดรูปที่ 5.19 พบว่ามีรูปแบบของค่าเวลาการเดินทางในแต่ละช่องทางไปในทิศทางเดียวกันเหมือนข้อมูล SMS คือมีการใช้เวลาการเดินทางที่สูงและแปรปรวนในช่วงเวลา 5:00-6:00 น. ที่มีฝนตกเพียงแต่ช่วงดังกล่าวมีค่าต่ำลงมากโดยมากใกล้เคียงกับข้อมูลช่วงเวลาเร่งด่วนซึ่งต่างจากข้อมูล SMS มากเมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน



รูปที่ 5.19 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาการเดินทางบนช่องทางในแต่ละวิธี (TMS)

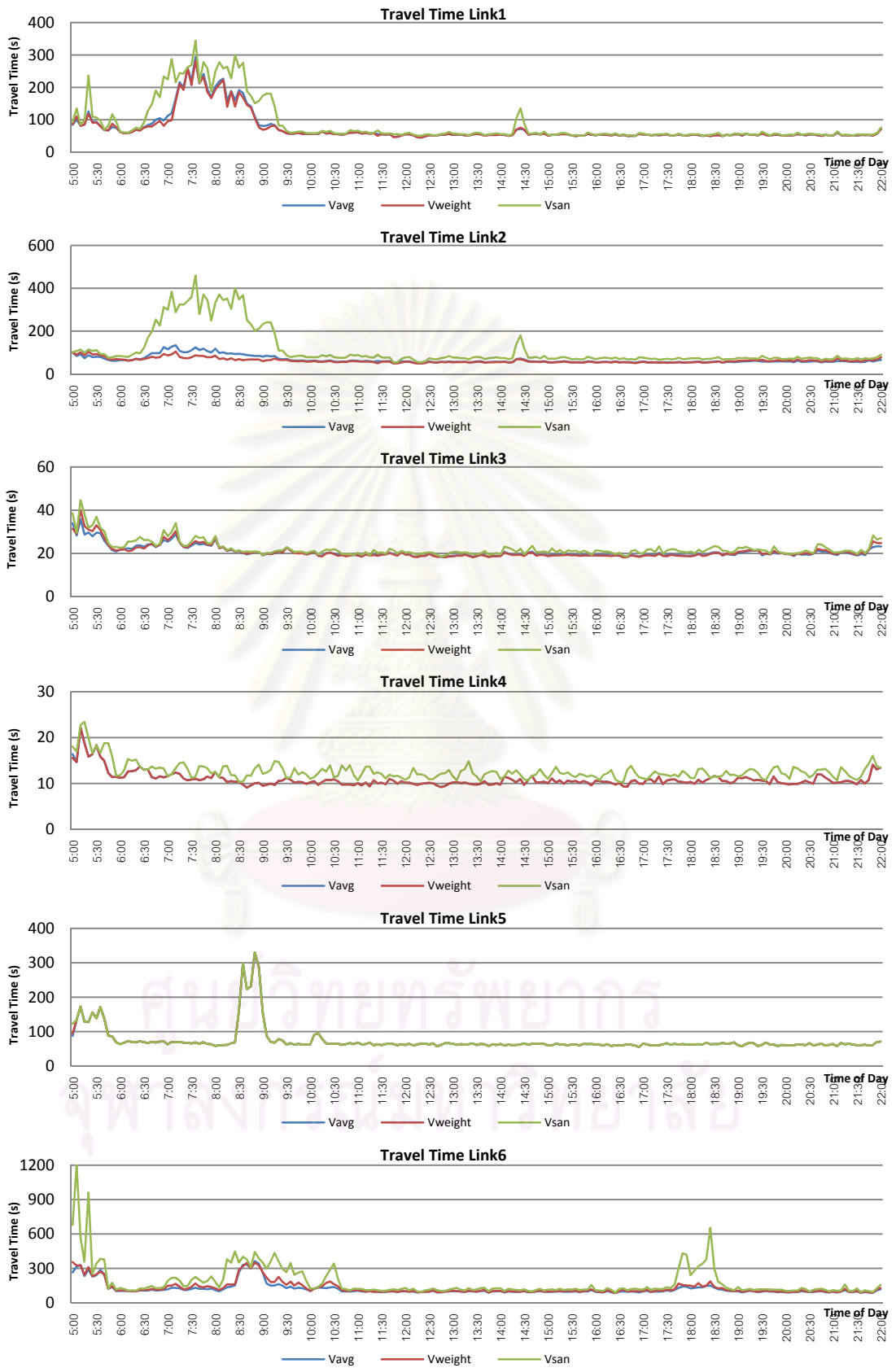
นอกจากนี้ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าเวลาประมาณ 6:00-10:00 น.ที่มีปริมาณการจราจรเข้าเมืองหนาแน่น และช่วงนอกเวลาดังกล่าวมีค่าที่ประมาณได้จากแต่ละวิธีค่อนข้างจะใกล้เคียงกันตลอดเวลา เมื่อเปรียบเทียบค่าเวลาการเดินทาง 4 วิธีการ พบว่าวิธี Vavg และ V weight มีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันมากในทุกช่วงเวลาโดยสังเกตได้จากรูปแบบการเพิ่มลดของค่าเวลาการเดินทางที่ประมาณได้ เมื่อพิจารณาถึงรูปแบบเวลาการเดินทางบนช่องทางที่ประมาณได้จาก TMS ดังรูปที่ 5.20 พบว่ามีลักษณะเหมือนกับผลที่ได้จากข้อมูล SMS เพียงแต่ค่าเวลาการเดินทางบนช่องทางที่ประมาณได้มีค่าต่ำลงทุกช่วงเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงเวลา 5:00-6:00 น. ที่ข้อมูลเปลี่ยนไปอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากข้อมูล TMS มีค่าสูงกว่า SMS จึงเป็นสาเหตุให้ค่าเวลาการเดินทางที่ประมาณจากวิธี Vsan ที่เคยสูงมากมีค่าลดลง

โดยสรุปสภาพช่องทางที่ส่งผลกระทบต่อถึงวิธีการประมาณเวลาการเดินทางดังนี้

ช่องทาง 1 และ 2 อยู่บริเวณช่วงต้นของพื้นที่ในการศึกษา ได้รับผลกระทบจากปริมาณการจราจรที่เข้ามาบริเวณทางขึ้นและลักษณะที่ทางหลักต้องชะลอความเร็วเมื่อมียานพาหนะเข้ามาในเส้นทางจากทางขึ้น อีกทั้งมีการรวมและลดจำนวนช่องจราจรลงบริเวณหลังทางขึ้น ส่งผลต่อความเร็วในการขับขีที่ถูกรบกวนทำให้ความเร็วต่ำลงและมีสะพานพระราม 9 อยู่ในช่วงดังกล่าว จึงทำให้ค่าประมาณเวลาการเดินทางบนช่องทางในทุกวิธีมาก โดยใช้เวลาการเดินทางสูงสุดแต่ละช่วงไม่เกิน 450 วินาที

ช่องทาง 3 และ 4 อยู่บริเวณช่วงกลางของเส้นทาง มีทางออกจากทางพิเศษ ความเร็วของการจราจรบนช่วงดังกล่าวจึงค่อนข้างสูงคงที่และเป็นช่องทางที่มีระยะทางสั้น ดังนั้นค่าประมาณเวลาการเดินทางบนช่องทางในทุกวิธีจึงต่ำกว่าช่องทางอื่น โดยใช้เวลาการเดินทางสูงสุดแต่ละช่วงไม่เกิน 45 วินาที

ช่องทาง 5 และ 6 อยู่บริเวณช่วงปลายของเส้นทาง เป็นช่องทางที่ได้รับผลกระทบจากทางขึ้น, การรวมช่องจราจร และการชะลอตัวของยานพาหนะก่อนออกสู่ทางออกบริเวณช่วงปลายของเส้นทาง ส่งผลให้ความเร็วในการขับขีที่ถูกรบกวนและมีค่าความเร็วต่ำ จึงทำให้ค่าประมาณเวลาการเดินทางบนช่องทางในทุกวิธีเพิ่มมากขึ้น โดยใช้เวลาการเดินทางสูงสุดแต่ละช่วงไม่เกิน 1200 วินาที



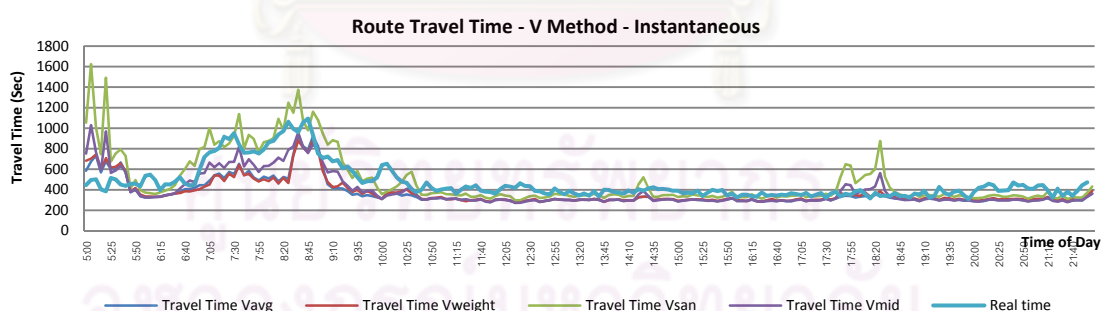
รูปที่ 5.20 เวลาการเดินทางบนช่วงทางที่ได้จากวิธีประมาณเวลาเดินทางแต่ละวิธี (TMS)

5.5 การประมาณเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง (ข้อมูล TMS)

5.5.1 การรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นโดยตรง ณ ช่วงเวลาเดียวกัน (Instantaneous)

จากผลการรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นโดยตรงในแต่ละวิธีจากรูปที่ 5.21 พบว่า

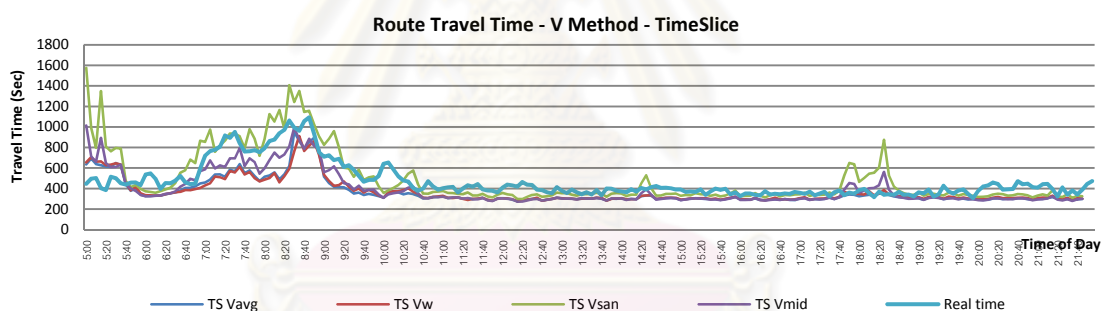
- ช่วงเวลา 5:00 – 6:00 น. เวลาการเดินทางที่ประมาณได้จากทุกวิธีการมีค่าสูงกว่าค่าจริงและมีความแปรปรวน แต่ต่ำกว่าในกรณีใช้ข้อมูล SMS มาก
- ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าซึ่งครอบคลุมในช่วงเวลาประมาณ 6:00 – 10:00 น. นั้นมีค่าเวลาการเดินทางที่เพิ่มสูงขึ้นในระดับหนึ่ง โดยเพิ่มสูงขึ้นในเวลาประมาณ 8:30 น. และค่อยๆลดลงหลังจากเวลา 9:00 น. โดยวิธีการส่วนใหญ่ประมาณได้ค่าเวลาการเดินทางต่ำกว่าค่าจริง ยกเว้นวิธี Vsan ที่ประมาณได้ค่าสูงกว่าในช่วงเร่งด่วน
- นอกเหนือจากช่วงเวลาข้างต้น เวลาการเดินทางค่อนข้างคงที่ ไม่ว่าจะในช่วงเวลากลางวันหรือเวลากลางคืนโดยวิธีการส่วนใหญ่ประมาณได้ค่าเวลาการเดินทางต่ำกว่าค่าจริง ยกเว้นวิธี Vsan ที่ประมาณค่าเวลาได้สูงที่สุดในบรรดาวิธีการต่างๆ จึงมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด จากกรณีการใช้ข้อมูล TMS



รูปที่ 5.21 เวลาการเดินทางด้วยวิธี Instantaneous (TMS)

5.5.2 การรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นแบบขั้นบันได (TimeSlice)

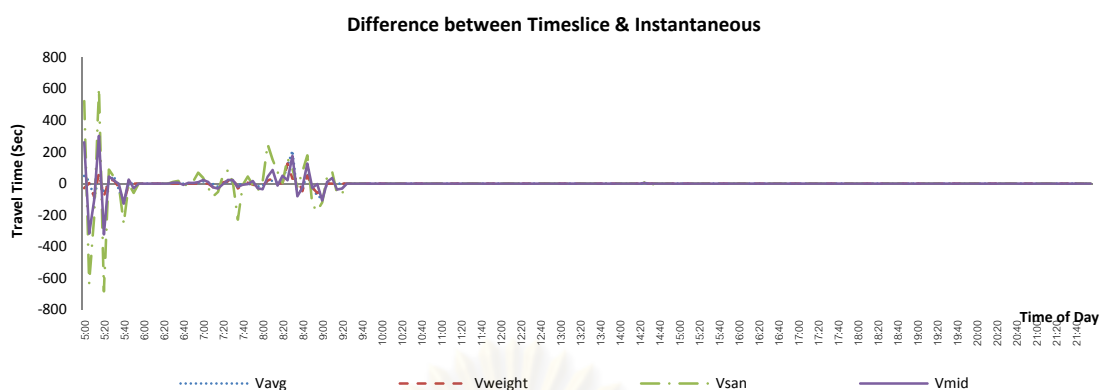
จากผลการรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นแบบขั้นบันไดที่ได้ในแต่ละวิธีจากรูปที่ 5.22 พบว่า ลักษณะของค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นโดยรวม มีลักษณะใกล้เคียงกับการรวมเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นโดยตรง ณ ช่วงเวลาเดียวกันในทุกช่วงเวลา โดยมีความแตกต่างกันเพียงในบางจุด เนื่องจากวิธีบวกรวมแบบขั้นบันได จะใช้เวลาในช่วงเวลาถัดไปบวกรวมเมื่อเวลาการเดินทางที่ใช้ในแต่ละช่วงนั้นเกินระยะเวลาทุกช่วง 5 นาที และเนื่องจากเวลาการเดินทางโดยทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 5 – 8 นาที ดังนั้นช่วงของค่าเวลาที่ใช้จะแตกต่างจากวิธีการแรกเพียงแค่ 1 ครั้งทำให้ไม่เห็นความแตกต่างเท่าใดนัก แต่จะแตกต่างสูงในกรณีที่ระยะเวลาเดินทางใช้เวลามากทำให้ต้องใช้ค่าเวลาในช่วงเวลาถัดมาทำการบวกค่าเวลาการเดินทางมากกว่า 1 ครั้ง ซึ่งมักจะเกิดขึ้นเฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วน หรือข้อมูลมีความแปรปรวนสูงดังสังเกตเห็นในช่วงเวลา 5:00 – 10:00 น. และ 17:30 – 19:00 น.



รูปที่ 5.22 เวลาการเดินทางด้วยวิธี TimeSlice (TMS)

5.5.3 ผลต่างของวิธีการรวมเวลาการเดินทางแบบ Instantaneous และ Timeslice

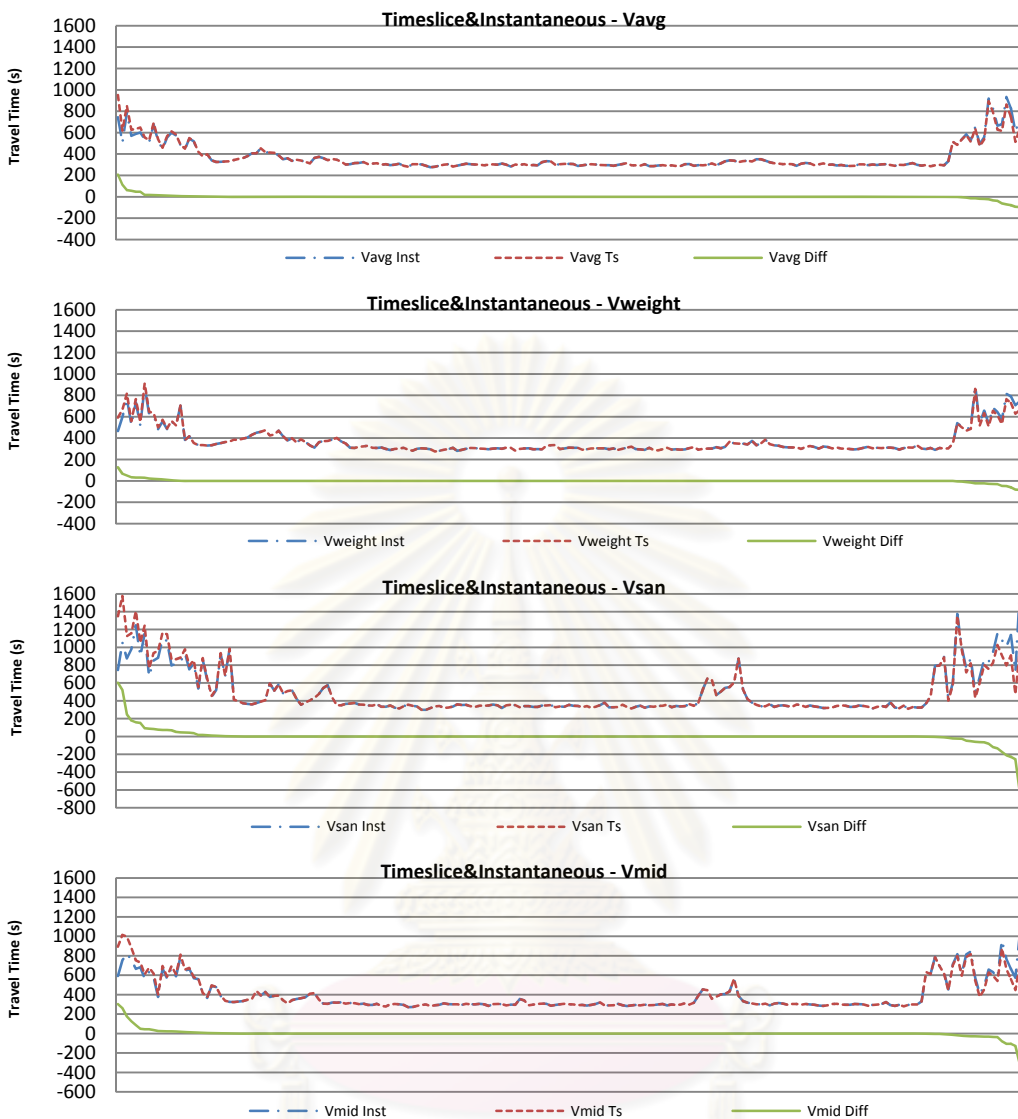
การรวมเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางด้วยวิธีการทั้งสองดังที่ได้กล่าวมา จากรูปที่ 5.23 ได้ผลที่ใกล้เคียงกันมากในช่วงเวลาปกติที่สภาพการจราจรสามารถเคลื่อนตัวได้อย่างคล่องตัว โดยสังเกตได้จากแผนภูมิค่าความแตกต่างระหว่างวิธีการรวมเวลาทั้งสองวิธี ที่เส้นกราฟจากวิธีการประมาณในแต่ละวิธีมีค่าต่ำมากเกือบจะเป็นศูนย์ไปตามแนวแกน เนื่องจากค่าที่ได้จะแตกต่างกันก็ต่อเมื่อการเดินทางบนช่วงทางใช้เวลาเกินระยะเวลา 5 นาที ที่จะส่งผลทำให้วิธีการรวมเวลาแบบขั้นบันไดใช้ค่าเวลาเดินทางบนช่วงทางในช่วงเวลาถัดไปที่สอดคล้องกับเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริงมาทำการบวกรวมค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง ทำให้เกิดผลต่างระหว่างทั้งสองวิธี



รูปที่ 5.23 ผลต่างวิธีการรวมเวลาการเดินทางแบบ Instantaneous และ Timeslice (TMS)

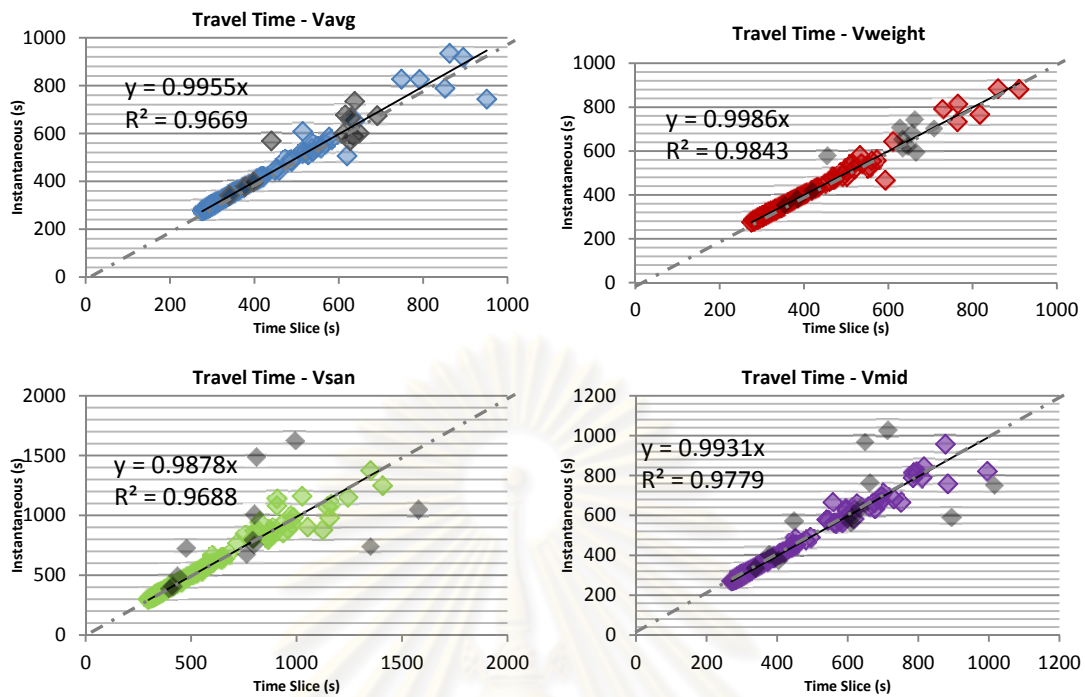
โดยเมื่อพิจารณาในส่วนของค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากรูปที่ 5.24 ความแตกต่างมีทั้งในส่วนที่เป็นค่าบวกและส่วนที่เป็นค่าลบ แสดงให้เห็นว่าการรวมเวลาการเดินทางทั้งสองวิธี ไม่มีวิธีการใดที่สามารถรวบรวมค่าได้มากกว่าหรือน้อยกว่าเสมอ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับสภาพการจราจรและข้อมูลที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา

เมื่อนำค่าความแตกต่างระหว่างกรรวมเวลาทั้งสองวิธี (V Diff) มาจัดเรียงจากมากไปน้อยพบว่าความแตกต่างมักจะเกิดที่บริเวณช่วงเวลาการเดินทางที่มากกว่า 400 วินาที ไม่ว่าจะเป็นวิธีการประมาณค่าเวลาการเดินทางโดย Vavg, Vweight, Vsan และ Vmid ความแตกต่างระหว่างวิธีการรวมค่าเวลาจะเพิ่มสูงขึ้นตามค่าระยะเวลาการเดินทางที่มีมากขึ้น ทั้งในค่าความแตกต่างเชิงบวกและในเชิงลบ ซึ่งจากกราฟจะแสดงค่าเป็นเชิงบวกเมื่อวิธีการรวมแบบ Timeslice มีค่าสูงกว่า Instantaneous และในทางกลับกันจะได้ค่าความแตกต่างเป็นลบ เมื่อวิธีการ Instantaneous สามารถรวมค่าเวลาการเดินทางได้สูงกว่า



รูปที่ 5.24 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเดินทางและผลต่างของวิธีการรวมเวลาการเดินทาง (TMS)

โดยเมื่อพิจารณาในภาพรวมจากรูปที่ 5.25 วิธีการ Vavg และ Vweight มีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน และวิธีการประมาณเวลาแบบ Vsan และ Vmid จะมีระดับค่าความแตกต่างที่สูงกว่าบริเวณช่วงปลายที่มีค่าการประมาณเวลาการเดินทางที่ใช้เวลามาก



รูปที่ 5.25 ความสัมพันธ์ระหว่างการรวมเวลาการเดินทางแบบ Instantaneous และ Timeslice (TMS)

เมื่อทำการพิจารณาจากลักษณะการกระจายตัวของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการรวมเวลาการเดินทางแบบ Instantaneous และ Timeslice ในแต่ละวิธีการประมาณค่าความเร็วแล้ว พบว่าจะมีจุดที่แตกต่างกันอยู่ 2 จุดคือ

1. ระดับของช่วงเวลาที่เริ่มเกิดการกระจายตัวของค่าความแตกต่าง
 - วิธี Vavg และ Vweight จะเริ่มเกิดการกระจายตัวของค่าความแตกต่างสูงในช่วงที่ใช้เวลาการเดินทางประมาณ 600 วินาที ส่วนในช่วงก่อนหน้านั้นข้อมูลที่ได้ค่อนข้างใกล้เคียงกัน
 - วิธี Vsan และ Vmid โดยวิธี Vsan เริ่มเกิดการกระจายตัวของค่าความแตกต่างในช่วงที่ใช้เวลาการเดินทางประมาณ 1000 วินาที ส่วนในการประมาณค่าเวลาด้วยวิธี Vmid เริ่มเกิดการกระจายตัวของค่าความแตกต่างในช่วงที่ใช้เวลาการเดินทางประมาณ 800 วินาที

2. แนวโน้มของค่าความแตกต่าง

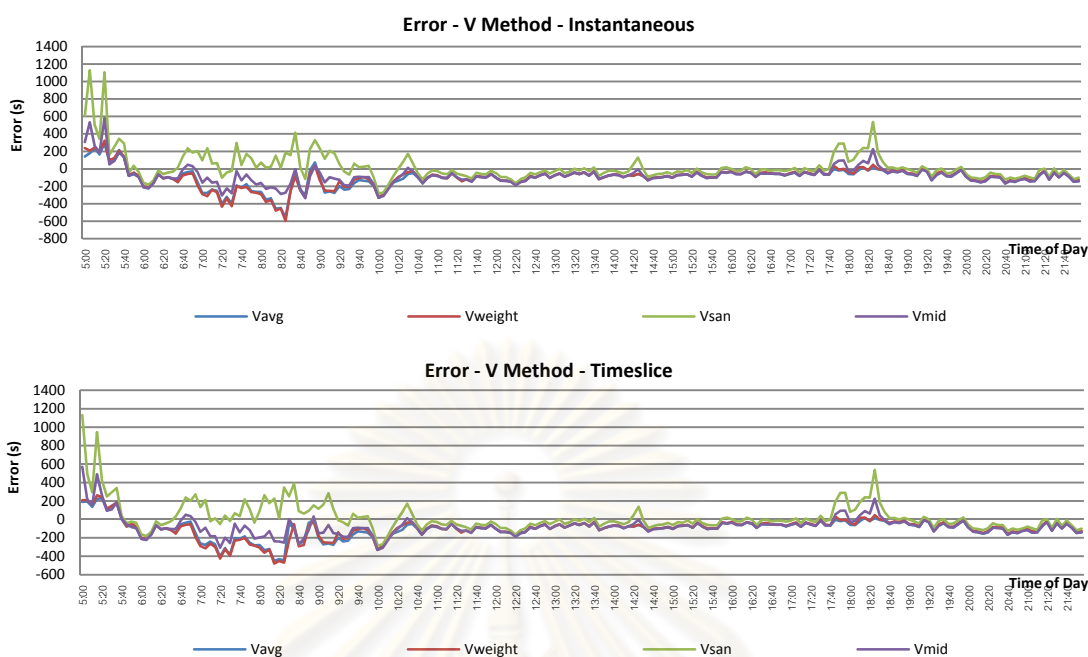
ถึงแม้ว่าความแตกต่างของทั้งสองวิธีจะมีค่าทั้งเป็นบวกและเป็นลบ คือในบางครั้ง วิธีการรวมเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางแบบ Instantaneous และแบบ Timeslice จะสลับกันมีค่ามากและน้อยกว่าแตกต่างกันไป แต่เมื่อสังเกตจากการกระจายตัวของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการรวมเวลาการเดินทางโดยภาพรวมแล้ว พบว่าค่าความชันที่ได้จากทุกวิธีน้อยกว่า 1 ซึ่งก็คือค่าในแนวนอนหรือค่าจากวิธีการ Timeslice มีค่ามากกว่าค่าการรวมเวลาแบบ Instantaneous

5.5.4 การเปรียบเทียบวิธีการประมาณเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง

จากการประมาณเวลาการเดินทางด้วยความเร็วทั้ง 4 วิธี และการรวมค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางทั้ง 2 วิธี นำค่าในแต่ละวิธีมาทำการเปรียบเทียบเพื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง โดยเปรียบเทียบจากค่าดังนี้

การเปรียบเทียบด้วยค่าความคลาดเคลื่อนแบบผลต่าง Error

นำค่าที่ได้จากแต่ละวิธีการลบค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริงเพื่อหาค่าความแตกต่าง ทั้งนี้เพื่อพิจารณาว่าวิธีการที่ใช้สามารถประมาณได้มากหรือน้อยกว่าค่าจริงอย่างไร จากรูปที่ 5.26 พบว่าในช่วงเวลาส่วนใหญ่ วิธีการ Vavg Vweight และ Vmid สามารถประมาณค่าเวลาการเดินทางได้ต่ำกว่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริงและแตกต่างจากค่าจริงมากยิ่งขึ้น เนื่องจากการใช้ข้อมูล TMS ทำให้ค่าเวลาการเดินทางต่ำลงไปกว่าผลจากข้อมูล SMS เนื่องจากผลของค่าความแตกต่างเป็นลบมากขึ้น ทั้งในการรวมเวลาแบบ Instantaneous และ Timeslice ซึ่งแตกต่างจากวิธี Vsan ที่ค่าความแตกต่างจากค่าจริงมีน้อยลงเนื่องจากเป็นวิธีประมาณที่ได้เวลาการเดินทางสูงที่สุดเสมอเมื่อเทียบกับวิธีการประมาณด้วยวิธีการความเร็วอื่นๆ

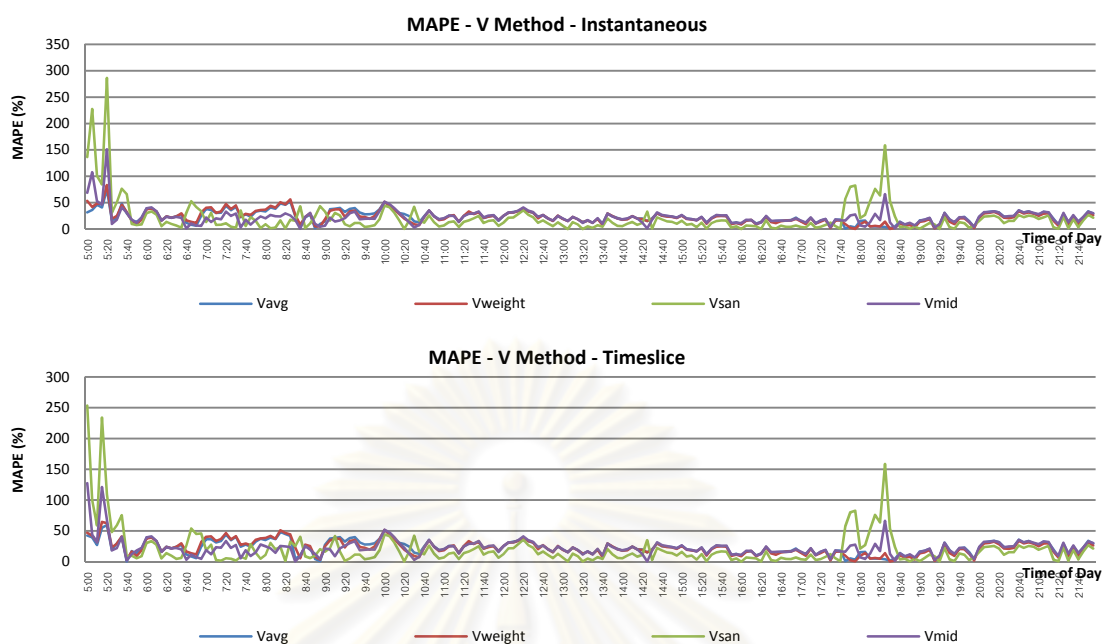


รูปที่ 5.26 ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณเวลาการเดินทาง (TMS)

เมื่อพิจารณาถึงระดับของความแตกต่างที่ปรากฏ พบว่าในช่วงการจราจรปกติจะเกิดผลความคลาดเคลื่อนค่อนข้างต่ำ สืบเนื่องจากแนวเส้นแต่ละวิธีไล่ไปตามแนวแกนศูนย์ ยกเว้นในช่วงเวลาเร่งด่วน ที่ผลต่างมีเพิ่มมากขึ้น โดยวิธี Vsan ความแตกต่างจะเพิ่มมากขึ้นในทางบวก ส่วนวิธีการอื่น ๆ นั้น โดยภาพรวมความแตกต่างจะเพิ่มขึ้นในทางลบ ยกเว้น ในช่วงเวลา 5:00 – 6:00 น. ที่ผลของค่าความแตกต่างนี้เพิ่มขึ้นในทางบวกทั้งหมด โดยมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดประมาณ 1100 วินาที หรือประมาณ 20 นาที

การเปรียบเทียบด้วยค่า MAPE

ค่าความคลาดเคลื่อนในวิธีการแรกเมื่อทำการบวกสะสมจะเกิดการหักล้างกันขึ้น ทำให้ไม่สามารถนำค่าดังกล่าวมาใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างในการวิเคราะห์รวมได้ ดังนั้นในการเปรียบเทียบถึงความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น จึงนิยมนำค่า MAPE มาใช้ โดยในการศึกษาครั้งนี้ แต่ละวิธีประมาณสามารถหาค่าของ MAPE ได้ดังรูปที่ 5.27



รูปที่ 5.27 ค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ในการประมาณเวลาการเดินทาง (TMS)

โดยสังเกตพบว่ารูปแบบของค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นนั้นมีรูปแบบเหมือนค่าคลาดเคลื่อนแบบผลต่าง เพียงแต่ค่าติดลบที่เกิดขึ้นถูกยกขึ้นมาอยู่เหนือแกนเปลี่ยนเป็นค่าบวกทั้งหมดแทน และถูกปรับให้อยู่ในรูปแบบร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อน

โดยเมื่อพิจารณาภาพรวมแล้วพบว่าความแตกต่างของค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ

1. ช่วงเวลาฝนตก 5:00 – 6:00 น. และช่วงเวลาเร่งด่วน 2 17.30 – 19.00 ซึ่งการประมาณเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นคลาดเคลื่อนเฉลี่ยมากถึงร้อยละ 50-280 โดยวิธี Vsan แบบ Instantaneous จะคลาดเคลื่อนมากกว่าวิธีการอื่นอย่างเห็นได้ชัด
2. ในช่วงเวลาอื่นๆ ทั้งช่วงเวลาเร่งด่วน 1 6:00 – 10:00 น. และนอกเร่งด่วนมีสภาพคล้ายกัน โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณร้อยละ 10 - 50 โดยภาพรวมวิธี Vsan จะมีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าวิธีอื่นๆ

โดยรายละเอียดของค่า MAPE ในแต่ละช่วงเวลาดังกล่าวนั้นจากตารางที่ 5.9 สามารถสรุปการเปรียบเทียบออกเป็น 2 รูปแบบคือการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการประมาณค่าความเร็วในแต่ละวิธี และการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการรวมเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง

ตารางที่ 5.9 สรุปค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ในแต่ละช่วงเวลา (TMS)

Method	Instantaneous				Timeslice			
	Vavg	Vw	Vsan	Vmid	Vavg	Vw	Vsan	Vmid
	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE
Rain Time (5:00 AM~6:00 AM)	33.0	36.7	90.5	48.1	30.3	32.3	80.8	43.9
Peak Time 1 (6:00 AM~10:00 AM)	29.6	30.0	16.9	20.1	29.1	29.9	16.9	19.9
Peak Time 2 (5:30 PM~7:00 PM)	7.9	7.2	40.5	16.7	7.9	7.2	40.5	16.7
Off-Peak	22.2	21.0	12.9	22.1	22.2	21.0	13.0	22.1
Daytime 1 (5:00 AM~10:00 PM)	23.3	22.9	20.9	22.7	23.0	22.6	20.3	22.4
Daytime 2 (6:00 AM~10:00 PM)	22.7	22.0	16.5	21.1	22.6	21.9	16.5	21.0

สรุปการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าความเร็วแต่ละวิธี

จากค่าความคลาดเคลื่อน สรุปให้เห็นว่าในแต่ละช่วงเวลานั้นวิธีการประมาณเวลาการเดินทางแต่ละวิธีสามารถให้ผลการประมาณที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลาแตกต่างกัน โดยพบว่าช่วงฝนตกวิธี Vavg เกิดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำสุด ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นที่ได้รับผลกระทบจากตำแหน่งสถานีศึกษา Vweight เกิดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำสุด ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและช่วงเวลากลางคืนวิธี Vsan เกิดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำสุด และเมื่อสรุปผลการใช้ข้อมูล TMS ตลอดทั้งวันพบว่าในภาพรวม 5:00 – 22:00 น. แต่ละวิธีให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ใกล้เคียงกันโดยอยู่ที่ประมาณร้อยละ 20-24 ซึ่งวิธี Vsan มีผลความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยโดยรวมต่ำสุด

สรุปการเปรียบเทียบการรวมเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางแต่ละวิธี

จากการเปรียบเทียบค่า MAPE พบว่าวิธีการรวมเวลาการเดินทางแบบ Timeslice นั้นสามารถประมาณเวลาการเดินทางได้แม่นยำกว่า วิธี Instantaneous เนื่องจากค่าที่ได้จากการประมาณด้วยวิธีการความเร็วบางรูปแบบส่วนใหญ่ มีค่า MAPE ที่ต่ำกว่าวิธี Instantaneous โดยเห็นได้ว่าวิธี Timeslice นั้นสามารถช่วยลดค่าความคลาดเคลื่อนลงได้มากกว่าในช่วงเวลาที่เกิดความคลาดเคลื่อนสูง

5.6 การวิเคราะห์และเลือกใช้วิธีการหาค่าเวลาการเดินทางที่เหมาะสม (ข้อมูล TMS)

แนวทางการปรับปรุงเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนจากข้อมูล TMS มีขั้นตอนเหมือนในการใช้ข้อมูล SMS โดยมีผลดังนี้

5.6.1 การเลือกวิธีการหาค่าเวลาการเดินทางให้เหมาะสมกับช่วงเวลาตามสภาพข้อมูล (ปรับปรุงแบบที่ 1, D1)

การปรับปรุงวิธีการประมาณเวลาการเดินทางโดยเลือกให้เหมาะสมตามสภาพของช่วงเวลาตามสภาพข้อมูลนี้ เป็นการวิเคราะห์วิธีการประมาณค่าเวลาการเดินทางด้วยความเร็วในภาพรวม

เมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนของแต่ละวิธีการประมาณเวลาการเดินทางที่มีความเหมาะสมในช่วงเวลาที่แตกต่างกันตามสภาพของข้อมูลพบว่าวิธีที่เหมาะสมกับแต่ละช่วงเวลาตามสภาพข้อมูลนั้น เป็นดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 สรุปวิธีที่เหมาะสมกับแต่ละช่วงเวลาตามสภาพข้อมูล (TMS)

Method	Instantaneous				Timeslice			
	Vavg	Vw	Vsan	Vmid	Vavg	Vw	Vsan	Vmid
	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE
Rain Time (5:00 AM~6:00 AM)	33.0	36.7	90.5	48.1	30.3	32.3	80.8	43.9
Peak Time 1 (6:00 AM~10:00 AM)	29.6	30.0	16.9	20.1	29.1	29.9	16.9	19.9
Peak Time 2 (5:30 PM~7:00 PM)	7.9	7.2	40.5	16.7	7.9	7.2	40.5	16.7
Off-Peak	22.2	21.0	12.9	22.1	22.2	21.0	13.0	22.1
Daytime 1 (5:00 AM~10:00 PM)	23.3	22.9	20.9	22.7	23.0	22.6	20.3	22.4
Daytime 2 (6:00 AM~10:00 PM)	22.7	22.0	16.5	21.1	22.6	21.9	16.5	21.0

จากตารางที่ 5.10 พบว่าวิธีการประมาณเวลาการเดินทางที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลานั้น เมื่อลองพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่เหมาะสมที่พบในการรวมเวลาแบบ Instantaneous และ Timeslice นั้น วิธีที่ดีที่สุดดังกล่าวเป็นวิธีเดียวกัน ดังนั้นจึงเหมาะสมที่จะเลือกนำมาใช้ในการหาเวลาการเดินทาง กรณีการใช้ข้อมูล TMS

เมื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุของความเหมาะสมของวิธีการประมาณเวลาการเดินทางในแต่ละช่วงเวลาตามสภาพข้อมูลที่ได้ สามารถสรุปได้ดังนี้

- ช่วงเวลาฝนตก วิธี Vavg ให้ค่าที่คลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยที่สุดเนื่องจากข้อดีของวิธีดังกล่าว เป็นการเฉลี่ยค่าระหว่างสถานี ดังนั้นกรณีที่สภาพข้อมูลมีปัญหาได้ค่าไม่ถูกต้องวิธีการดังกล่าวจะสามารถช่วยเฉลี่ยให้ผลกระทบจากการคลาดเคลื่อนดังกล่าวลดลง ซึ่งลักษณะใกล้เคียงกับช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นที่การเฉลี่ยตามปริมาณการจราจรที่สถานีเก็บข้อมูล Vweight ทำให้ความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลที่สถานีสุดท้ายส่งผลกระทบต่อประมาณเวลาทั้งเส้นทางน้อยลง
- ส่วนในช่วงเวลาอื่นๆ วิธีที่ดีที่สุดคือวิธี Vsan เนื่องจากการเลือกใช้ข้อมูล TMS ทำให้ค่าความเร็วโดยรวมเพิ่มมากขึ้นจากข้อมูล SMS ทำให้ค่าความเร็วต่ำสุดที่ วิธี Vsan เลือกใช้มีค่าสูงขึ้นและทำให้ค่าเวลาการเดินทางที่เคยประมาณได้สูงเกินไป มีค่าลดต่ำเข้าใกล้ค่าจริงมากยิ่งขึ้น

โดยในการหาค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางนั้น เลือกใช้วิธีการรวมเวลาการเดินทางแบบ Timeslice เนื่องจากเป็นวิธีการที่เกิดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำกว่าวิธี Instantaneous จากนั้นเมื่อสรุปได้ จึงเลือกใช้ผลค่าการประมาณที่ได้จากวิธีการประมาณเวลาการเดินทางที่เกิดความคลาดเคลื่อน MAPE ต่ำสุดในแต่ละช่วงมาพิจารณาและประมาณค่าใหม่แล้วจึงนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นดังตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 การเปรียบเทียบผลจากวิธีการปรับปรุงแบบที่ 1 (TMS)

Method	Instantaneous				Timeslice				D1
	Vavg	Vw	Vsan	Vmid	Vavg	Vw	Vsan	Vmid	
	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE
Rain Time (5:00 AM~6:00 AM)	33.0	36.7	90.5	48.1	30.3	32.3	80.8	43.9	30.3
Peak Time 1 (6:00 AM~10:00 AM)	29.6	30.0	16.9	20.1	29.1	29.9	16.9	19.9	16.9
Peak Time 2 (5:30 PM~7:00 PM)	7.9	7.2	40.5	16.7	7.9	7.2	40.5	16.7	7.2
Off-Peak	22.2	21.0	12.9	22.1	22.2	21.0	13.0	22.1	13.0
Daytime 1 (5:00 AM~10:00 PM)	23.3	22.9	20.9	22.7	23.0	22.6	20.3	22.4	14.4
Daytime 2 (6:00 AM~10:00 PM)	22.7	22.0	16.5	21.1	22.6	21.9	16.5	21.0	13.4

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 5.11 พบว่าค่าที่ได้จากวิธีการปรับปรุงดังกล่าว มีความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาต่ำที่สุด เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากวิธีการอื่นๆทั้งหมด อีกทั้งส่งผลทำให้ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตลอดทั้งวันลดต่ำลง โดยค่าความคลาดเคลื่อนลดลงเหลืออยู่ที่ประมาณร้อยละ 14.4

ซึ่งถ้าตัดช่วงเวลา 5:00 – 6:00 น. ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงออกไป โดยกำหนดให้ช่วงเวลาตลอดวันเริ่มที่ 6:00 น. และสิ้นสุดที่ 22:00 น. ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยโดยรวมตลอดทั้งวันในช่วงเวลาดังกล่าวจะเหลือเพียงร้อยละ 13.4

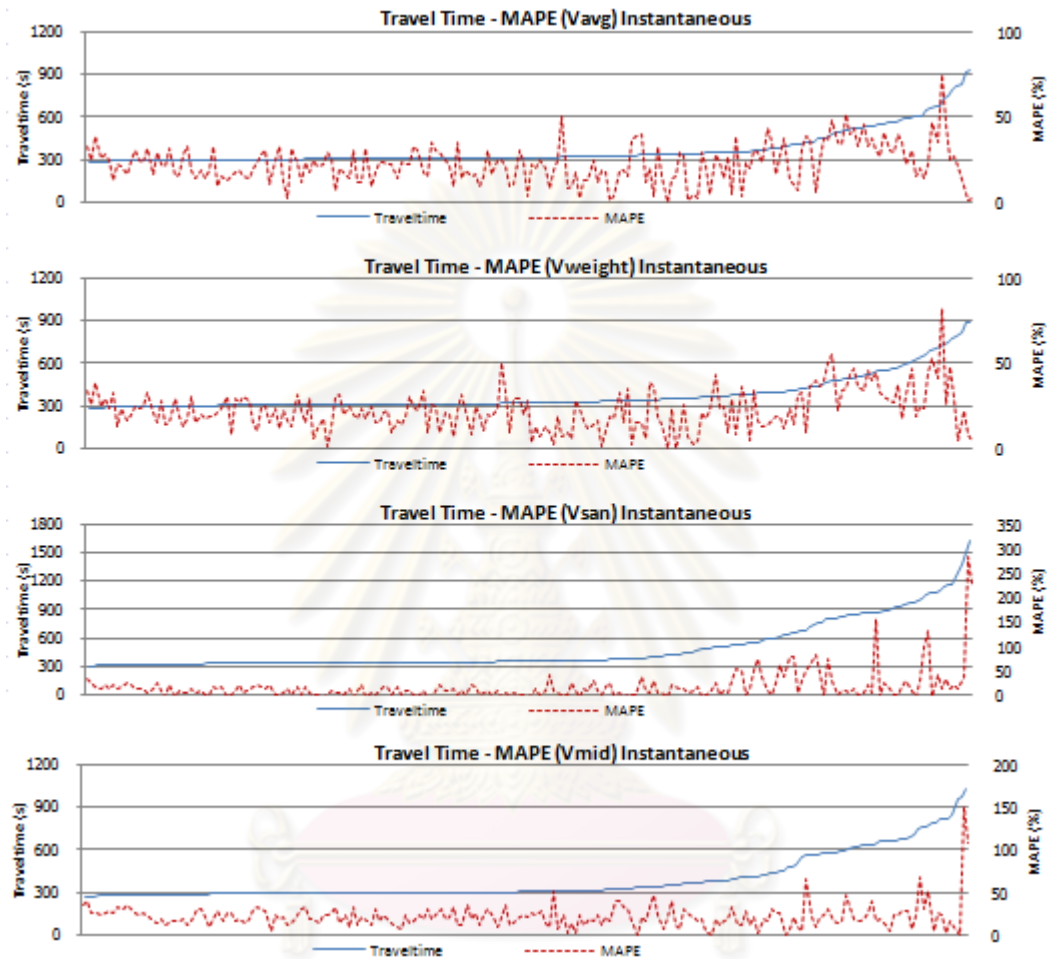
5.6.2 การเลือกวิธีการหาค่าเวลาการเดินทางให้เหมาะสมกับช่วงระยะเวลาการเดินทาง (ปรับปรุงแบบที่ 2, D2)

เนื่องจากสิ่งที่ต้องการจากการประมาณค่าเวลาการเดินทางนั้น ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้เมื่อทำการประมาณ ก็คือค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง ดังนั้นจึงเป็นตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อใช้ในการปรับปรุงเลือกใช้วิธีการประมาณค่าเวลาการเดินทางให้เหมาะสม โดยวิเคราะห์เหมือนกรณีการใช้ข้อมูล SMS

1. จัดเรียงค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางที่หาได้ โดยเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก เปรียบเทียบไปพร้อมกับค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ในการประมาณค่าเวลาการเดินทางด้วยความเร็วทุกวิธี และรวมไปถึงการรวมเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางแบบ Instantaneous และ Timeslice

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

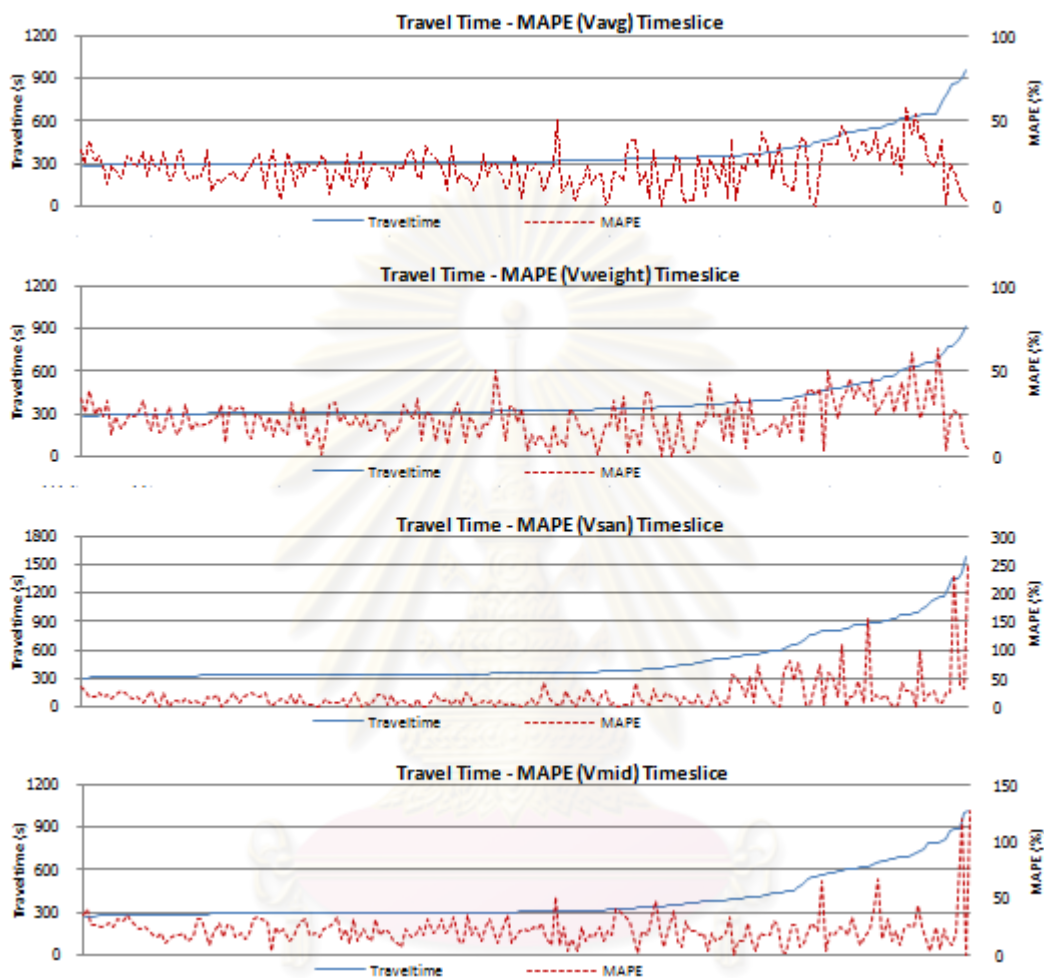
จากรูปที่ 5.28 สังเกตได้ว่าโดยภาพรวมเมื่อเปรียบเทียบแล้ว วิธี Vsan มีระดับความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าวิธีอื่นๆ



รูปที่ 5.28 การจัดเรียงเวลาการเดินทางเปรียบเทียบค่า MAPE (การรวมเวลาแบบ Instantaneous-TMS)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

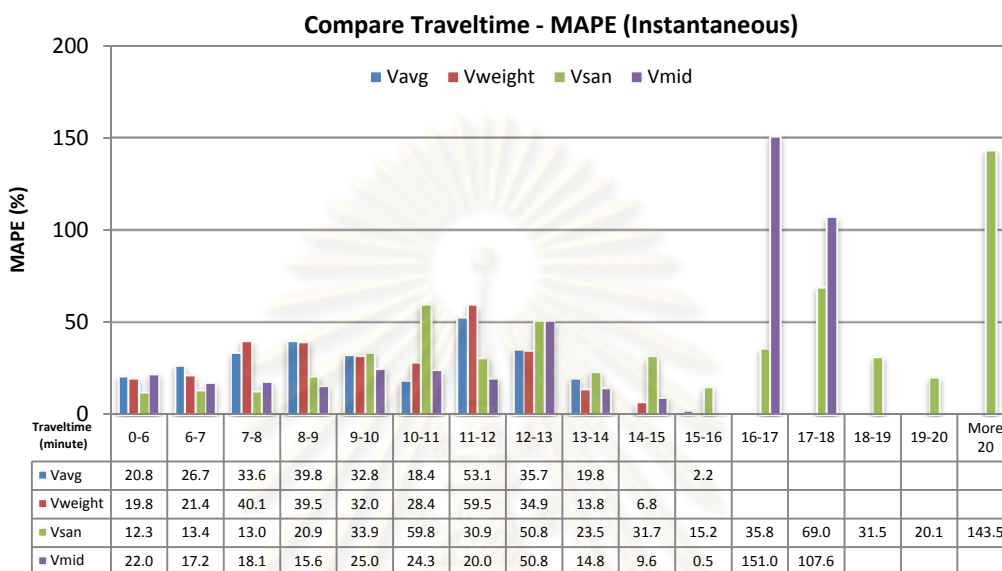
จากรูปที่ 5.29 โดยภาพรวมเมื่อเปรียบเทียบแล้ว วิธี Vsan มีระดับความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าวิธีอื่นๆ



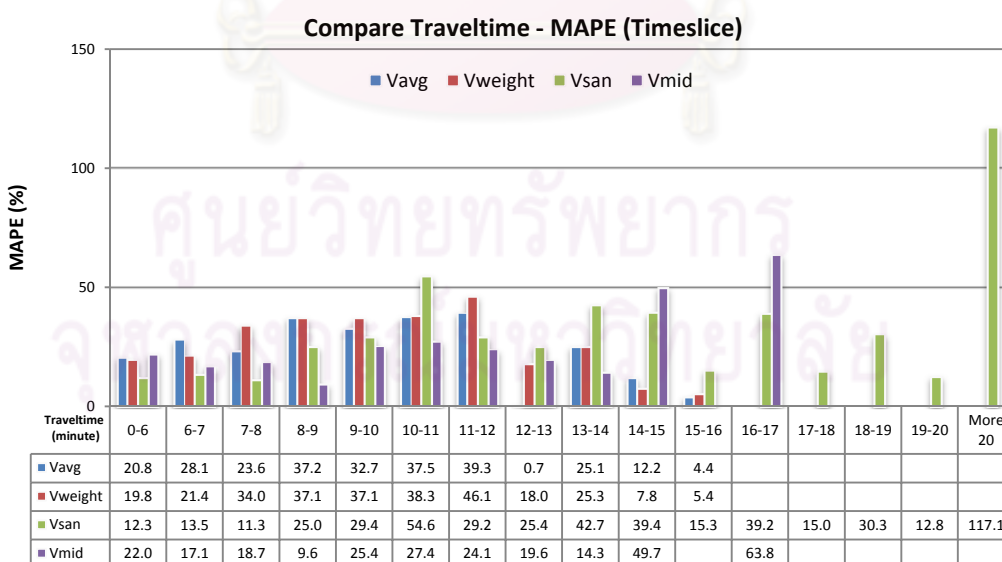
รูปที่ 5.29 การจัดเรียงเวลาการเดินทางเปรียบเทียบค่า MAPE (การรวมเวลาแบบ Timeslice-TMS)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. แบ่งข้อมูลที่จัดเรียงแล้วออกตามช่วงความถี่ของระยะเวลาการเดินทางที่ใช้ จากนั้นทำการหาค่า MAPE ของแต่ละช่วงเวลาดังกล่าว โดยแบ่งให้ครบทั้งในส่วนวิธีการประมาณ 4 รูปแบบ และการรวมเวลา 2 วิธี ดังรูปที่ 5.30 – 5.31



รูปที่ 5.30 การเปรียบเทียบค่า MAPE ตามช่วงระยะเวลาการเดินทาง (การรวมเวลาแบบ Instantaneous-TMS)



รูปที่ 5.31 การเปรียบเทียบค่า MAPE ตามช่วงระยะเวลาการเดินทาง (การรวมเวลาแบบ Timeslice-TMS)

3. พิจารณาข้อมูลและระบุถึงวิธีการประมาณเวลาการเดินทางที่เหมาะสมในแต่ละช่วงระยะเวลาการเดินทาง โดยเลือกวิธีการที่มีค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ต่ำที่สุด ซึ่งได้ผลแสดงดังตารางที่ 5.12

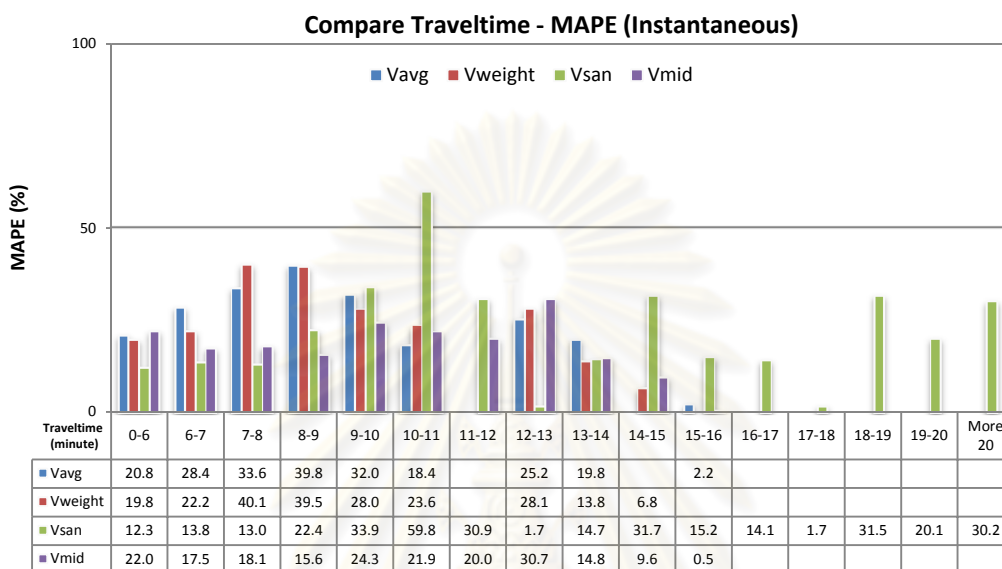
ตารางที่ 5.12 การเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงระยะเวลาการเดินทาง (TMS)

Travel Time		Instantaneous				Timeslice			
		Vavg	Vweight	Vsan	Vmid	Vavg	Vweight	Vsan	Vmid
(Minute)	(Sec)	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE
0-6	0-360	20.8	19.8	12.3	22.0	20.8	19.8	12.3	22.0
6-7	360-419	26.7	21.4	13.4	17.2	28.1	21.4	13.5	17.1
7-8	420-479	33.6	40.1	13.0	18.1	23.6	34.0	11.3	18.7
8-9	480-539	39.8	39.5	20.9	15.6	37.2	37.1	25.0	9.6
9-10	540-599	32.8	32.0	33.9	25.0	32.7	37.1	29.4	25.4
10-11	600-659	18.4	28.4	59.8	24.3	37.5	38.3	54.6	27.4
11-12	660-719	53.1	59.5	30.9	20.0	39.3	46.1	29.2	24.1
12-13	720-779	35.7	34.9	50.8	50.8	0.7	18.0	25.4	19.6
13-14	780-839	19.8	13.8	23.5	14.8	25.1	25.3	42.7	14.3
14-15	840-899		6.8	31.7	9.6	12.2	7.8	39.4	49.7
15-16	900-959	2.2		15.2	0.5	4.4	5.4	15.3	
16-17	960-1019			35.8	151.0			39.2	63.8
17-18	1020-1079			69.0	107.6			15.0	
18-19	1080-1139			31.5				30.3	
19-20	1140-1199			20.1				12.8	
More 20	More 1200			143.5				117.1	

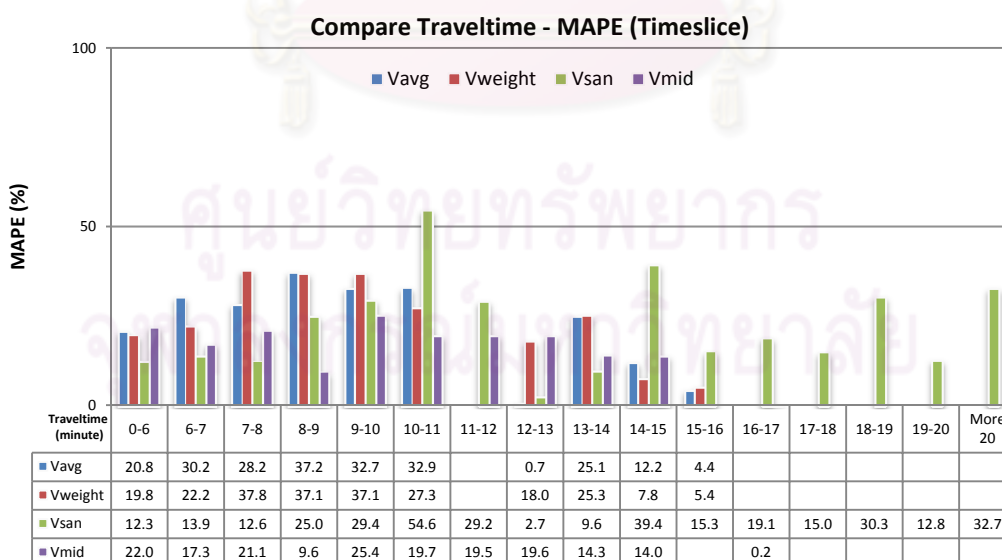
จากข้อมูลในตาราง วิธีการที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลามีการสลับไปมา รวมทั้งวิธีการที่ดีที่สุดที่ได้จากการรวมเวลาแบบ Instantaneous และ Timeslice นั้นมีบางช่วงเวลาที่เหมือนกัน ซึ่งแตกต่างจากการเลือกใช้วิธีการตามวิธีการปรับปรุงในวิธีการแรกที่มีรูปแบบแน่นอน และผลที่ดีที่สุดจากการรวมเวลาแต่ละรูปแบบสอดคล้องกัน

อีกทั้งข้อมูลที่มีการเว้นว่างในบางช่วงเวลาอันเนื่องมาจากช่วงเวลาการเดินทางในบางช่วงนั้นบางวิธีไม่มีผลที่อยู่ในช่วงระยะเวลาดังกล่าว ทำให้ยากในการตัดสินใจเลือกใช้วิธีการเนื่องจากค่าที่ว่างดังกล่าวอาจจะเป็นวิธีที่สามารถประมาณเวลาได้ดีกว่าวิธีอื่นในช่วงเวลานั้น ดังนั้นจึงจะลองตัดในส่วนของคุณค่าที่อาจส่งผลให้ค่าแปรปรวนออกก่อน และทำการเปรียบเทียบเพื่อตัดสินใจเลือกวิธีการที่เหมาะสมตามสภาพข้อมูลที่มีมาใช้ต่อไป

เนื่องจากข้อมูลช่วง 5:00-6:00 น.ค่อนข้างแปรปรวนและคลาดเคลื่อน อาจส่งผลกระทบต่อแนวทางเลือกวิธี ดังนั้นก่อนเลือกวิธีการ ทำการทดสอบอีกครั้งโดยตัดช่วงเวลาดังกล่าวออกแล้วนำมาพิจารณาเปรียบเทียบอีกครั้งได้ผลดังรูปที่ 5.32 - 5.33 และตารางที่ 5.13



รูปที่ 5.32 การเปรียบเทียบค่า MAPE ตามช่วงระยะเวลาการเดินทาง (การรวมเวลาแบบ Instantaneous-TMS-นำข้อมูล 5:00-6:00 น. ออก)



รูปที่ 5.33 การเปรียบเทียบค่า MAPE ตามช่วงระยะเวลาการเดินทาง (การรวมเวลาแบบ Timeslice-TMS-นำข้อมูล 5:00-6:00 น. ออก)

ตารางที่ 5.13 การเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงระยะเวลาการเดินทาง
(นำข้อมูลช่วง 5:00-6:00น. ออก - TMS)

Travel Time		Instantaneous				Timeslice			
		Vavg	Vweight	Vsan	Vmid	Vavg	Vweight	Vsan	Vmid
(Minute)	(Sec)	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE
0-6	0-360	20.8	19.8	12.3	22.0	20.8	19.8	12.3	22.0
6-7	360-419	28.4	22.2	13.8	17.5	30.2	22.2	13.9	17.3
7-8	420-479	33.6	40.1	13.0	18.1	28.2	37.8	12.6	21.1
8-9	480-539	39.8	39.5	22.4	15.6	37.2	37.1	25.0	9.6
9-10	540-599	32.0	28.0	33.9	24.3	32.7	37.1	29.4	25.4
10-11	600-659	18.4	23.6	59.8	21.9	32.9	27.3	54.6	19.7
11-12	660-719			30.9	20.0			29.2	19.5
12-13	720-779	25.2	28.1	1.7	30.7	0.7	18.0	2.7	19.6
13-14	780-839	19.8	13.8	14.7	14.8	25.1	25.3	9.6	14.3
14-15	840-899		6.8	31.7	9.6	12.2	7.8	39.4	14.0
15-16	900-959	2.2		15.2	0.5	4.4	5.4	15.3	
16-17	960-1019			14.1				19.1	0.2
17-18	1020-1079			1.7				15.0	
18-19	1080-1139			31.5				30.3	
19-20	1140-1199			20.1				12.8	
More 20	More 1200			30.2				32.7	

เมื่อทำการตัดข้อมูลในช่วงเวลา 5:00 – 6:00 น. ออกและทำการเรียงข้อมูลใหม่ หลังจากนั้นทำการระบุวิธีการที่ดีที่สุดในแต่ละช่วงระยะเวลาการเดินทาง พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนบางค่าลดต่ำลงหรือหายไป สรุปได้ว่ามีสาเหตุมาจากข้อมูลในช่วงเวลา 5:00-6:00 น. นั้นเอง โดยการเปลี่ยนแปลงของวิธีการที่ดีที่สุด เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาการเดินทางที่ใช้เวลาสูงคือในช่วง 12-13 นาที จากวิธี Vweight มาเป็น Vsan ช่วง 13-14 เปลี่ยนจาก Vmid มาเป็น Vsan และช่วง 16-17 เปลี่ยนจาก Vsan มาเป็น Vmid เมื่อพิจารณาถึงภาพรวมของค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นที่เลือกของการรวมเวลาแบบ Timeslice ก็ต่ำกว่าแบบ Instantaneous ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีการดังกล่าวในการประมาณค่าเวลาการเดินทาง

4. นำวิธีการที่เหมาะสมในแต่ละช่วงระยะเวลาไปใช้และหาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น เพื่อนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบ

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 5.14 พบว่าวิธีการปรับปรุงแบบที่ 2 มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตลอดทั้งวันอยู่ที่ประมาณร้อยละ 17.6 โดยถ้าตัดช่วงเวลา 5:00-6:00 น. ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงออก กำหนดให้ช่วงเวลาตลอดวันเริ่มที่ 6:00 น. และสิ้นสุดที่ 22:00 น. ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยโดยรวมตลอดทั้งวันในช่วงเวลาดังกล่าวจะลดลงเหลือร้อยละ 16.6

ตารางที่ 5.14 การเปรียบเทียบผลจากวิธีการปรับปรุงแบบที่ 2 (TMS)

Method	Instantaneous				Timeslice				D2
	Vavg	Vw	Vsan	Vmid	Vavg	Vw	Vsan	Vmid	
	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE
Rain Time (5:00 AM~6:00 AM)	33.0	36.7	90.5	48.1	30.3	32.3	80.8	43.9	35.0
Peak Time 1 (6:00 AM~10:00 AM)	29.6	30.0	16.9	20.1	29.1	29.9	16.9	19.9	20.3
Peak Time 2 (5:30 PM~7:00 PM)	7.9	7.2	40.5	16.7	7.9	7.2	40.5	16.7	31.8
Off-Peak	22.2	21.0	12.9	22.1	22.2	21.0	13.0	22.1	13.0
Daytime 1 (5:00 AM~10:00 PM)	23.3	22.9	20.9	22.7	23.0	22.6	20.3	22.4	17.6
Daytime 2 (6:00 AM~10:00 PM)	22.7	22.0	16.5	21.1	22.6	21.9	16.5	21.0	16.6

นับเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการที่จะเลือกนำมาใช้ เพราะมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าวิธีการอื่นๆ และเป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ปรับปรุงช่วงในการเลือกวิธีการประมาณให้เหมาะสมมากขึ้นได้ โดยอาศัยจำนวนข้อมูลที่มากขึ้นเพื่อนำมาใช้ในการเติมเต็มช่องว่างบางช่วงในแต่ละวิธีการที่ยังไม่มีข้อมูล และปรับปรุงทำให้วิธีการที่จะนำมาใช้ในแต่ละช่วงระยะเวลาการเดินทางเหมาะสมและสะท้อนตามความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

5.6.3 สรุปผลแนวทางในการปรับปรุงเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อน

จากผลของการศึกษาที่ผ่านมาดังตารางที่ 5.15 พบว่าแต่ละวิธีมีความแม่นยำค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยสรุปจากข้อมูลการศึกษาคำนี้วิธีที่น่าจะเหมาะสมในการนำมาใช้กับข้อมูล TMS มากที่สุดคือการปรับปรุงวิธีการแรกซึ่งเป็นการเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงเวลาตามสภาพข้อมูลโดยเมื่อพิจารณาแล้วจะได้ค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ในภาพรวมต่ำที่สุดซึ่งสามารถสรุปถึงวิธีการที่จะนำไปใช้ได้ดังนี้

1. ในส่วนของการเลือกใช้ค่าความเร็วในการประมาณเวลาการเดินทาง
เลือกใช้ค่า Vavg ในช่วงที่ข้อมูลคลาดเคลื่อนสูง เช่น ช่วงฝนตก
เลือกใช้ค่า Vweight ในช่วงที่ข้อมูลคลาดเคลื่อนช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น
เลือกใช้ค่า Vsan ในช่วงข้อมูลปกติ
2. ในส่วนของการรวมค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง
เลือกใช้วิธี Timeslice

ตารางที่ 5.15 การเปรียบเทียบผลจากวิธีการทั้งหมด (TMS)

Method	Instantaneous				Timeslice				D1	D2
	Vavg	Vw	Vsan	Vmid	Vavg	Vw	Vsan	Vmid		
	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE		
Rain Time (5:00 AM~6:00 AM)	33.0	36.7	90.5	48.1	30.3	32.3	80.8	43.9	30.3	35.0
Peak Time 1 (6:00 AM~10:00 AM)	29.6	30.0	16.9	20.1	29.1	29.9	16.9	19.9	16.9	20.3
Peak Time 2 (5:30 PM~7:00 PM)	7.9	7.2	40.5	16.7	7.9	7.2	40.5	16.7	7.2	31.8
Off-Peak	22.2	21.0	12.9	22.1	22.2	21.0	13.0	22.1	13.0	13.0
Daytime 1 (5:00 AM~10:00 PM)	23.3	22.9	20.9	22.7	23.0	22.6	20.3	22.4	14.4	17.6
Daytime 2 (6:00 AM~10:00 PM)	22.7	22.0	16.5	21.1	22.6	21.9	16.5	21.0	13.4	16.6

5.7 สรุปการประมาณเวลาการเดินทาง

ผลกระทบของสถานีเก็บข้อมูลที่มีต่อการประมาณเวลาการเดินทาง

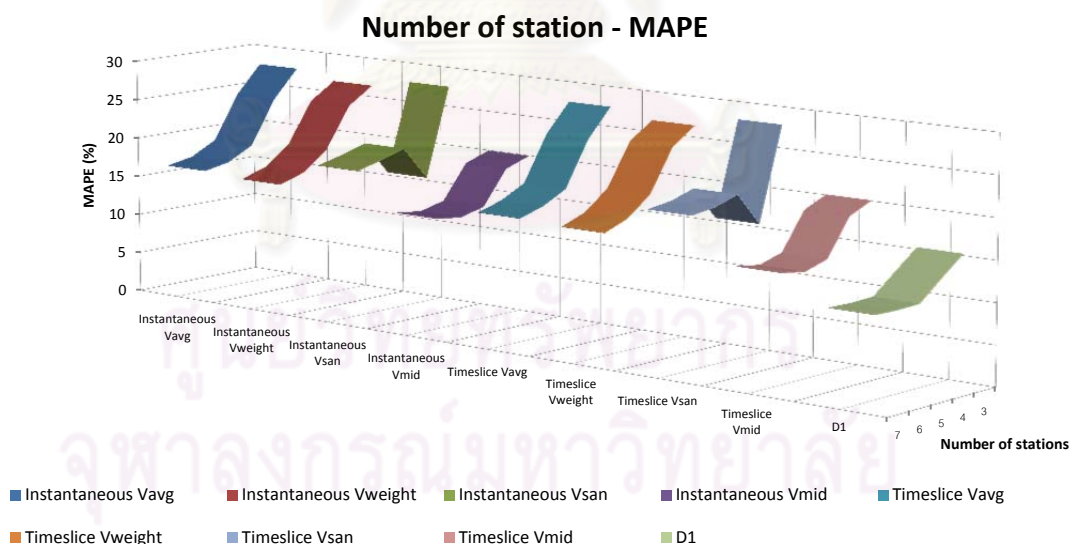
จากการศึกษาพบว่าลักษณะของช่วงทางมีผลต่อสภาพการจราจร ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการประมาณเวลาการเดินทาง โดยในการเลือกตำแหน่งในการติดตั้งควรพิจารณาใน 2 ประเด็นคือ

1. การกำหนดตำแหน่งสถานีเก็บข้อมูลควรติดตั้งสถานีเก็บข้อมูลให้ครอบคลุมบริเวณช่วงทางที่มีผลกระทบต่อสภาพการจราจร เช่น ทางเข้าออกจากเส้นทาง ทางขึ้นลงสะพาน ช่วงทางที่มีการเพิ่มลดจำนวนช่องทาง หรือสภาพช่วงทางอื่นๆที่ทำให้สภาพการจราจรเปลี่ยนแปลง
2. การกำหนดระยะห่างระหว่างสถานีเก็บข้อมูล ในต่างประเทศแนะนำให้ติดตั้งทุกระยะประมาณ 500 เมตร โดยเมื่อสามารถติดตั้งสถานีได้ก็จะทำให้สามารถรวบรวมข้อมูลการจราจรที่มีความเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงถนนได้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น ดังตัวอย่างค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณเวลาการเดินทาง ข้อมูล SMS ในช่วงเวลา 6:00-22:00 น. ในตารางที่ 5.16 ที่ติดตั้งสถานีเก็บข้อมูลทั้งสิ้น 7 สถานี โดยมีระยะห่างระหว่างสถานีประมาณ 400 เมตรไปจนถึง 2 กิโลเมตร เมื่อทดลองถอดข้อมูลในบางสถานีออกเพื่อให้ระยะห่างระหว่างสถานีเพิ่มมากขึ้นพบว่าความแม่นยำในการประมาณเวลาการเดินทางนั้นลดต่ำลง เนื่องจากข้อมูลที่นำมาใช้ประมาณเวลาการเดินทางจากสถานีสำรวจเป็นข้อมูลบริเวณช่วงหัวและท้ายของแต่ละช่วงทาง ดังนั้นเมื่อระยะห่างสถานีเพิ่มมากขึ้น การจราจรที่เกิดขึ้นภายในก็

มีความหลากหลายแตกต่างกันไปตามสภาพช่วงทางมากยิ่งขึ้น ข้อมูลความเร็วที่ได้จากสถานีเก็บข้อมูลดังกล่าวที่นำมาใช้ประมาณเวลาการเดินทางจึงไม่สามารถสะท้อนถึงสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นภายในช่วงทางได้ถูกต้อง ทำให้ผลความคลาดเคลื่อนจากการประมาณเวลาการเดินทางเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนของสถานีเก็บข้อมูลที่ลดจำนวนลง ดังรูปที่ 5.34

ตารางที่ 5.16 ผลของจำนวนสถานีเก็บข้อมูลที่มีต่อความคลาดเคลื่อนในการประมาณเวลาการเดินทาง (SMS)

Number of stations	EXAT							MAPE (%)								
	2	3	5	6	7	9	10	Instantaneous				Timeslice				D1
	Sta.(km)							Vavg	Vweight	Vsan	Vmid	Vavg	Vweight	Vsan	Vmid	
7	2	3	5	6	7	9	10	16.5	16.1	19.2	14.7	16.2	15.9	19.5	14.3	11.0
6	2	3	5		7	9	10	17.1	17.1	20.0	14.3	17.1	17.1	19.9	13.8	11.0
5	2	3	5			9	10	18.8	19.6	21.0	15.1	18.7	19.5	20.9	14.7	11.1
4	2		5			9	10	24.3	24.7	16.8	19.3	24.3	24.7	16.8	19.2	13.4
3	2			6			10	27.8	26.8	27.9	20.4	27.8	26.8	28.2	20.5	15.7



รูปที่ 5.34 จำนวนสถานีเก็บข้อมูล – ความคลาดเคลื่อน

การประมาณเวลาการเดินทางด้วยข้อมูล TMS

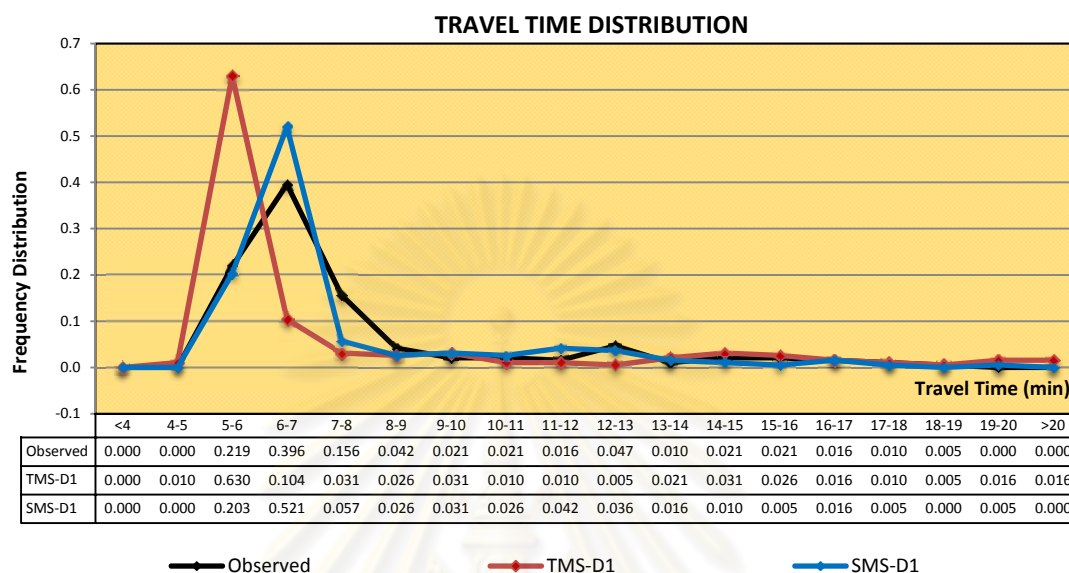
การประมาณเวลาการเดินทางจากข้อมูล TMS ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ภาพรวมการรวมเวลาด้วยวิธีการ Timeslice จะมีความแม่นยำกว่าวิธีการ Instantaneous โดยพบว่าถ้าต้องการประมาณเวลาการเดินทางด้วยวิธีการประมาณความเร็วรูปแบบเดียววิธี Vsan เป็นวิธีการที่ดีที่สุดซึ่งมีระดับความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลา 6:00-22:00 น. อยู่ที่ประมาณร้อยละ 16.5 เนื่องจากโดยรวมมีความแม่นยำในระดับหนึ่งและค่อนข้างมีความแม่นยำคงที่ทุกช่วงเวลาซึ่งลักษณะการประมาณเวลาดังกล่าวเป็นแนวทางที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปในปัจจุบัน แต่ทว่าไม่ใช่วิธีการที่ดีที่สุดในแต่ละช่วงเวลาเหมือนในวิธีการปรับปรุงแบบที่ 1 ที่มีระดับความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลา 6:00-22:00 น. อยู่ที่ประมาณร้อยละ 13.4

การประมาณเวลาการเดินทางด้วยข้อมูล SMS

จากผลในการศึกษาครั้งนี้พบว่าการใช้ข้อมูล SMS ร่วมกับวิธีการประมาณหลาย ๆ วิธีให้เหมาะสมกับแต่ละช่วงเวลา จะสามารถสะท้อนและปรับตามสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นจริงได้มากกว่าการประมาณเวลาการเดินทางจากข้อมูล TMS ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ภาพรวมการรวมเวลาด้วยวิธีการ Timeslice จะมีความแม่นยำกว่าวิธีการ Instantaneous โดยพบว่าถ้าต้องการประมาณเวลาการเดินทางด้วยวิธีการประมาณความเร็วรูปแบบเดียววิธี Vmid เป็นวิธีการที่ดีที่สุดซึ่งมีระดับความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลา 6:00-22:00 น. อยู่ที่ประมาณร้อยละ 14.3 แต่พบว่าวิธีการที่ดีที่สุดในแต่ละช่วงเวลาคือวิธีการปรับปรุงแบบที่ 1 ที่มีระดับความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลา 6:00-22:00 น. อยู่ที่ประมาณร้อยละ 11 ซึ่งผลการประมาณค่าเวลาการเดินทางดังกล่าวมีความแม่นยำมากกว่าวิธีการที่ใช้ค่า TMS ที่นิยมใช้กันอยู่โดยทั่วไป

เมื่อเปรียบเทียบการกระจายตัวของค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นระหว่างเวลาการเดินทางที่ได้จากวิธีประมาณเวลาการเดินทางที่เหมาะสมกับข้อมูลความเร็ว TMS SMS และเวลาการเดินทางจริงที่สำรวจดังรูปที่ 5.35 พบว่าวิธีประมาณเวลาการเดินทางที่เหมาะสมกับข้อมูล TMS มีค่าเวลาการเดินทางส่วนใหญ่อยูในช่วง 5-6 นาที คิดเป็น 0.63 ของข้อมูล วิธีประมาณเวลาการเดินทางที่เหมาะสมกับข้อมูล SMS มีค่าเวลาการเดินทางส่วนใหญ่อยูในช่วง 6-7 นาที คิดเป็น 0.521 ของข้อมูล และค่าเวลาการเดินทางจริงที่สำรวจได้มีค่าเวลาการเดินทางส่วนใหญ่อยูในช่วง

6-7 นาที คิดเป็น 0.396 ของข้อมูล โดยข้อมูลทั้ง TMS และ SMS มีค่าเวลาการเดินทางที่ประมาณได้ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันซึ่งต่างกันประมาณไม่เกิน 1 นาที



รูปที่ 5.35 การกระจายตัวของค่าเวลาการเดินทาง

โดยจะเห็นว่าวิธีประมาณเวลาการเดินทางที่เหมาะสมกับข้อมูล SMS มีรูปแบบการกระจายตัวของค่าเวลาการเดินทาง ใกล้เคียงกับรูปแบบการกระจายตัวของค่าเวลาการเดินทางจริงมากกว่ารูปแบบการกระจายตัวของวิธีประมาณเวลาการเดินทางที่เหมาะสมกับข้อมูล TMS ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของค่า MAPE ที่คำนวณได้ ที่วิธีการประมาณเวลาการเดินทางที่เหมาะสมกับข้อมูล SMS มีระดับค่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมร้อยละ 11 ต่ำกว่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 13.4 จากข้อมูล TMS ซึ่งเป็นช่วงความคลาดเคลื่อนระยะประมาณ 1 นาที จากเวลาการเดินทางที่ใช้ 6 – 8 นาที

บทที่ 6

แนวทางการหาค่าเวลาการเดินทางแบบ Online

เนื่องจากวิธีการหาค่าเวลาการเดินทางที่แสดงไว้ในบทที่ 5 เป็นกระบวนการที่สามารถใช้ได้สมบูรณ์เมื่อมีข้อมูลทั้งหมด แต่ทว่าในการหาค่าเวลาการเดินทางจริง จะติดปัญหา 2 ประการ ได้แก่

- เวลาการเดินทางคำนวณจากข้อมูลที่มี ซึ่งเป็นข้อมูลของช่วงเวลาก่อนหน้าสภาพการจราจรจริง 1 ช่วงเวลา ดังนั้นในการรวมเวลาการเดินทางจึงต้องหาข้อมูลในเวลาปัจจุบันเพื่อนำมาใช้ในการรวมเวลาแบบ Instantaneous หรือเป็นข้อมูลเริ่มต้นของวิธีการรวมเวลาแบบ Timeslice
- กรณีการรวมเวลาแบบ Timeslice จำเป็นจะต้องมีการหาค่าของข้อมูลในช่วงเวลาถัดไป 2-3 ช่วงเวลาล่วงหน้า เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณเวลา

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงจำเป็นต้องมีการคาดการณ์เวลาในช่วงเวลาถัดไปเพื่อนำมาใช้เติมเต็มกระบวนการให้สมบูรณ์ โดยวิธีการคาดการณ์นั้นมีอยู่หลากหลายวิธี ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะใช้วิธีการที่ไม่ซับซ้อนอย่างวิธี Moving average ในการคาดการณ์ข้อมูลเพื่อแสดงแนวทางการหาค่าเวลาการเดินทางแบบ Online แต่ทว่าการคาดการณ์เวลาการเดินทางนั้นจะต้องใช้เวลาการเดินทางโดยประมาณของบางช่วงเวลาในอนาคตซึ่งไม่ใช่ข้อมูลจริง ดังนั้นเมื่อใช้ข้อมูลที่ได้จากการคาดการณ์ก็จะเกิดความคลาดเคลื่อนเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นในการศึกษาจึงพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างเวลาการเดินทางที่ได้จากการใช้ข้อมูลที่มีอยู่จากในช่วงเวลาก่อนหน้าซึ่งเข้าไป 1 ช่วงเวลา กับเวลาที่ได้จากข้อมูลที่ได้จากการคาดการณ์ทั้งหมด เปรียบเทียบกับข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง เพื่อพิจารณาว่าข้อมูลจากวิธีการใด จะเหมาะสมในการนำไปใช้ในการคาดการณ์เวลาการเดินทางแบบทันกาล

6.1 การคาดการณ์ข้อมูลเพื่อหาเวลาการเดินทาง

เริ่มต้นการสร้างข้อมูลโดยใช้ Moving average ในการคาดการณ์ปริมาณการจราจร (n) และ ความเร็ว (v) ในช่วงเวลาถัดไป จากข้อมูลที่มีการเก็บรวบรวมไว้ในช่วงเวลาก่อนหน้า โดย

1. นำข้อมูลอดีต 3 ช่วงเวลา คาดการณ์หาช่วงเวลาถัดไป 5 นาที จะได้เวลา ณ.ปัจจุบัน

2. นำข้อมูลอดีต 2 ช่วงเวลาและข้อมูลที่คาดการณ์จากครั้งที่ 1 มาคาดการณ์ข้อมูลของช่วงเวลาถัดไป 10 นาที
3. นำข้อมูลอดีต 1 ช่วงเวลาและข้อมูลที่คาดการณ์จากครั้งที่ 1 และ 2 มาคาดการณ์ข้อมูลช่วงเวลาถัดไป 15 นาที
4. นำข้อมูลที่คาดการณ์จากครั้งที่ 1, 2 และ 3 มาคาดการณ์ข้อมูลช่วงเวลาถัดไป 20 นาที

จะได้ตัวอย่างวิธีการคาดการณ์ข้อมูลดังตารางที่ 6.1 เพื่อใช้หาข้อมูลในช่วงเวลาถัดไป เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการหาค่าเวลาในการเดินทางด้วยวิธีการต่างๆ ตามขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 6.1 ตัวอย่างการคาดการณ์ข้อมูลปริมาณการจราจร

Data (until 5 min ago)		Present time (Forcast 1 st - 5 min)		Next 5 min (Forcast 2 nd - 10 min)		Next 10 min (Forcast 3 rd - 15 min)		Next 15 min (Forcast 4 th - 20 min)		
Time	Exat 2		Exat 2		Exat 2		Exat 2		Exat 2	
	n1 (vph)	v1 (kph)	n1 (vph)	v1 (kph)	n1 (vph)	v1 (kph)	n1 (vph)	v1 (kph)	n1 (vph)	v1 (kph)
9:00:00	3739.8	97.1								
9:05:00	3389.6	92.9								
9:10:00	3920.2	85.2								
9:15:00	3578.4	87.5	3683.2	91.7						
9:20:00			3629.4	88.5	3664.3	89.9				
9:25:00					3709.3	87.1	3755.9	88.9		
9:30:00							3639.1	87.7	3701.1	90.2

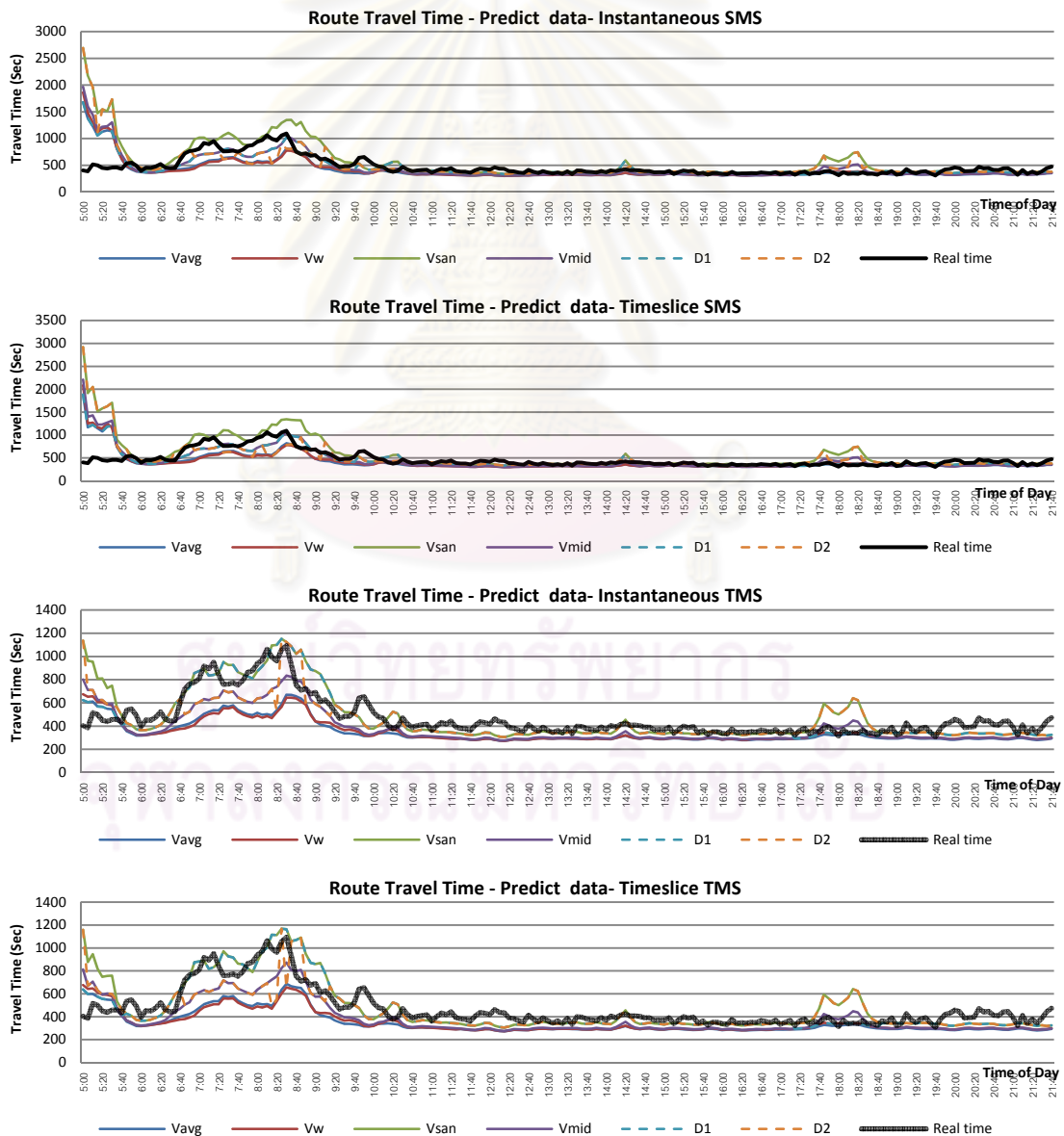
Data (until 5 min ago)		Present time (Forcast 1 st - 5 min)		Next 5 min (Forcast 2 nd - 10 min)		Next 10 min (Forcast 3 rd - 15 min)		Next 15 min (Forcast 4 th - 20 min)		
Time	Exat 2		Exat 2		Exat 2		Exat 2		Exat 2	
	n1 (vph)	v1 (kph)	n1 (vph)	v1 (kph)	n1 (vph)	v1 (kph)	n1 (vph)	v1 (kph)	n1 (vph)	v1 (kph)
9:00:00	3739.8	97.1								
9:05:00	3389.6	92.9								
9:10:00	3920.2	85.2								
9:15:00	3578.4	87.5	3683.2	91.7						
9:20:00			3629.4	88.5	3664.3	89.9				
9:25:00					3709.3	87.1	3755.9	88.9		
9:30:00							3639.1	87.7	3701.1	90.2

Data (until 5 min ago)		Present time (Forcast 1 st - 5 min)		Next 5 min (Forcast 2 nd - 10 min)		Next 10 min (Forcast 3 rd - 15 min)		Next 15 min (Forcast 4 th - 20 min)		
Time	Exat 2		Exat 2		Exat 2		Exat 2		Exat 2	
	n1 (vph)	v1 (kph)	n1 (vph)	v1 (kph)	n1 (vph)	v1 (kph)	n1 (vph)	v1 (kph)	n1 (vph)	v1 (kph)
9:00:00	3739.8	97.1								
9:05:00	3389.6	92.9								
9:10:00	3920.2	85.2								
9:15:00	3578.4	87.5	3683.2	91.7						
9:20:00			3629.4	88.5	3664.3	89.9				
9:25:00					3709.3	87.1	3755.9	88.9		
9:30:00							3639.1	87.7	3701.1	90.2

Data (until 5 min ago)		Present time (Forcast 1 st - 5 min)		Next 5 min (Forcast 2 nd - 10 min)		Next 10 min (Forcast 3 rd - 15 min)		Next 15 min (Forcast 4 th - 20 min)		
Time	Exat 2		Exat 2		Exat 2		Exat 2		Exat 2	
	n1 (vph)	v1 (kph)	n1 (vph)	v1 (kph)	n1 (vph)	v1 (kph)	n1 (vph)	v1 (kph)	n1 (vph)	v1 (kph)
9:00:00	3739.8	97.1								
9:05:00	3389.6	92.9								
9:10:00	3920.2	85.2								
9:15:00	3578.4	87.5	3683.2	91.7						
9:20:00			3629.4	88.5	3664.3	89.9				
9:25:00					3709.3	87.1	3755.9	88.9		
9:30:00							3639.1	87.7	3701.1	90.2

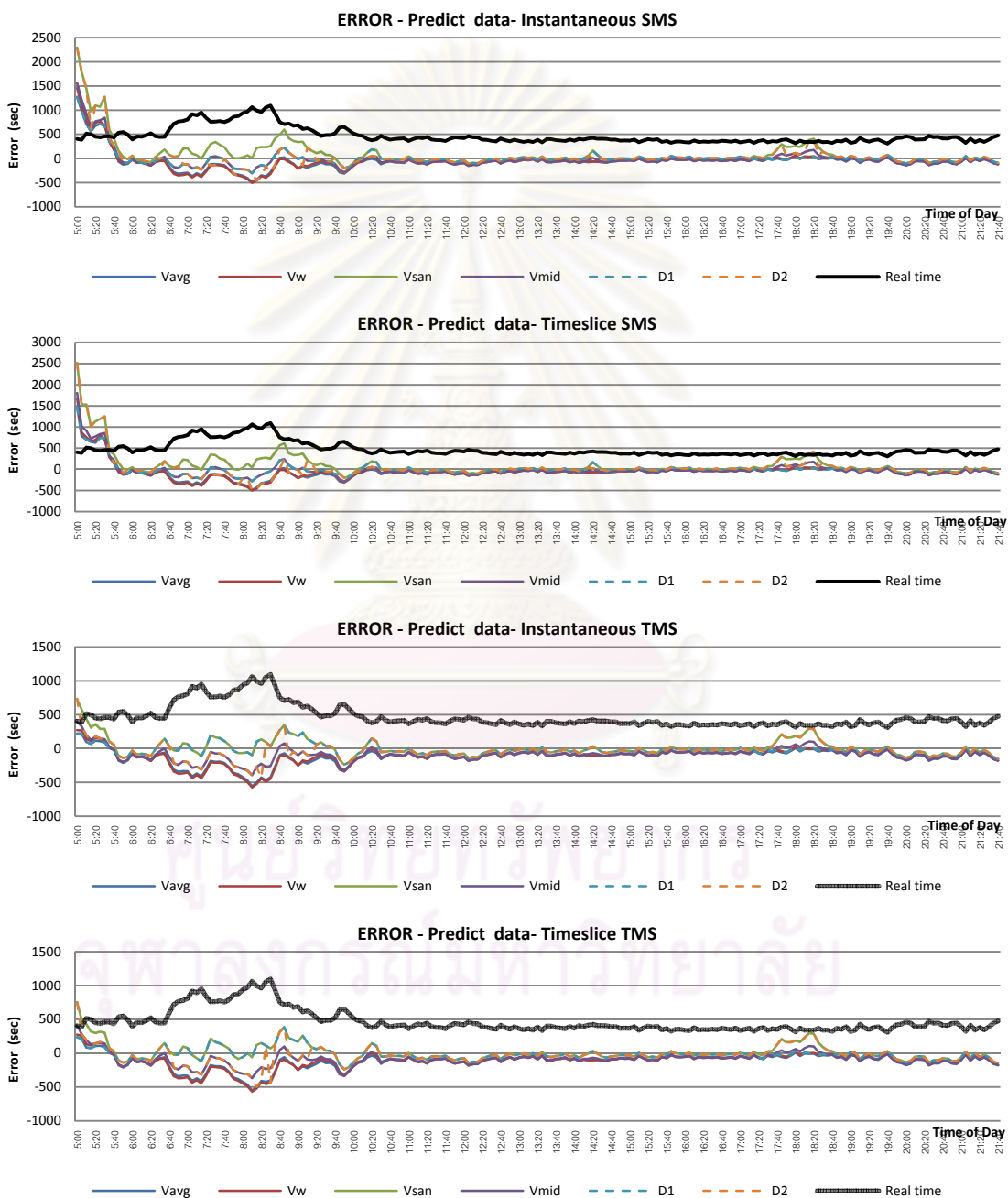
6.2 เวลาการเดินทางทั้งเส้นทางจากข้อมูลการคาดการณ์

เนื่องจากในความเป็นจริงข้อมูลภาคสนามจะเป็นข้อมูลในช่วงเวลาที่ผ่านไปแล้ว ดังนั้นในการประมาณเวลาที่เกิดขึ้นจำเป็นต้องมีการคาดการณ์ข้อมูลขึ้นมา ทั้งข้อมูลที่แทนช่วงเวลาปัจจุบัน และเป็นค่าคาดการณ์ในช่วงเวลาถัดไป ที่จะนำมาใช้ในการรวมเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางแบบ Timeslice ซึ่งเมื่อคาดการณ์ค่าดังกล่าวขึ้นมา ก็จะสามารถประมาณค่าเวลาการเดินทางเสมือนเป็นวิธีการแบบ Online ได้ โดยค่าเวลาการเดินทางแบบ Online ที่หาเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง จากข้อมูลการคาดการณ์ทั้งหมด มีรูปแบบคล้ายคลึงกับวิธีการแบบ Offline โดยได้ผลดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 เวลาการเดินทางทั้งเส้นทางจากข้อมูลการคาดการณ์ทั้งหมด

เมื่อพิจารณาค่าผลต่าง (ERROR) ที่ได้จากการนำค่าเวลาการเดินทางในแต่ละวิธีการประมาณเวลาการเดินทางไปลบกับค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง จากรูปที่ 6.2 พบว่าค่าผลต่างที่เกิดขึ้นมีรูปแบบโดยรวมคล้ายคลึงกับค่าผลต่างที่เกิดในวิธีการแบบ Offline คือ วิธีการประมาณค่าส่วนใหญ่ จะสามารถประมาณค่าเวลาการเดินทางได้ต่ำกว่าเวลาที่เกิดขึ้นจริง ยกเว้นวิธีการประมาณ Vsan ที่ประมาณค่าเวลาการเดินทางได้สูงกว่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง



รูปที่ 6.2 ผลต่างวิธีการประมาณเวลาจากข้อมูลคาดการณ์ทั้งหมด

รูปแบบของผลต่างจะเพิ่มขึ้นเมื่อสภาพการจราจรมีความหนาแน่น เช่น ในช่วงเวลาเร่งด่วน และช่วงที่ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนสูง โดยผลต่างจะเพิ่มขึ้นเมื่อช่วงเวลาดังกล่าวใช้เวลาการเดินทางมากขึ้น ยกเว้นวิธีการ Vsan ที่ไม่มีความแน่นอน โดยบางครั้งที่วิธีการอื่นมีความแตกต่างสูง วิธีการ Vsan กลับไม่ค่อยมีค่าความแตกต่าง

เมื่อพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ที่เกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง สามารถพิจารณาแบ่งตามช่วงเวลาออกได้เป็น 4 ช่วงคือ

1. ช่วงที่มีความแปรปรวนของข้อมูลสูง 5:15 – 6:00 น. โดยที่เริ่มเปรียบเทียบจากช่วงเวลา 5:15 น. เนื่องจากในการคาดการณ์ค่าขึ้นมา จำเป็นต้องใช้ข้อมูลในอดีต 3 ช่วงในการเฉลี่ย ดังนั้น ในการเปรียบเทียบค่าให้ตรงกัน จึงต้องทำการเลื่อนเวลาดังกล่าวมา
2. ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า 6:00 – 10:00 น.
3. ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น 17:30 - 19:00 น.
4. ช่วงนอกเวลาเร่งด่วน

รวมเวลาทั้งหมด 2 แบบคือ

1. รวมเวลาช่วง 5:15 – 22:00 น. คือช่วงเวลาทั้งหมดที่มีทั้งสภาพข้อมูลส่วนที่ดีและไม่ดี
2. รวมเวลาช่วง 6:00 – 22:00 น. โดยตัดข้อมูลส่วนที่มีความคลาดเคลื่อนสูงออก

โดยมีค่า MAPE ในแต่ละช่วงจำแนกตามข้อมูล SMS และ TMS ที่ใช้ ดังตารางที่ 6.2 และ 6.3 ตามลำดับ ข้อมูล SMS จากตารางที่ 6.2 เมื่อเปรียบเทียบผลกับวิธีการแบบ Offline พบว่าการประมาณแบบ Online จากข้อมูลการคาดการณ์ทั้งหมด มีความแตกต่างจากวิธี Offline อยู่ประมาณ 0-30 เปอร์เซ็นต์ในช่วงเวลาปกติ และแตกต่าง 13-55 เปอร์เซ็นต์ในช่วงฝนตกที่ข้อมูลไม่แม่นยำ และเมื่อพิจารณาจากค่า MAPE ที่เกิดขึ้น พบว่าวิธีการประมาณแบบ Online จากข้อมูลการคาดการณ์ทั้งหมดนั้น โดยรวมจะส่งผลให้ความแม่นยำในการประมาณเวลาการเดินทางลดลง ยกเว้นในบางกรณี เช่น ในวิธีการปรับปรุงแบบที่ 2 ของช่วงนอกเวลาเร่งด่วนที่สามารถประมาณค่าเวลาการเดินทางได้ดีกว่าวิธีแบบ Offline โดยค่าในการบวกรวมแบบ Timeslice ลดลงจาก 10.5 เปอร์เซ็นต์เหลือเพียง 8.1 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 6.2 ค่า MAPE วิธีการประมาณเวลาการเดินทางด้วยข้อมูลการคาดการณ์
ทั้งหมด (SMS)

Method	Rain Time (5:15 AM-6:00 AM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Predict Data	Offline	%Diff	Predict Data	Offline	%Diff
Vavg	156.0	126.1	23.7	155.9	107.6	44.8
Vweight	170.0	128.6	32.1	168.3	117.4	43.4
Vsan	277.8	245.1	13.3	277.0	187.4	47.8
Vmid	189.1	152.2	24.2	188.9	131.8	43.3
D1	156.0	126.1	23.7	155.9	107.6	44.8
D2	261.6	195.8	33.6	269.0	174.0	54.6
Method	Peak Time 1 (6:00 AM-10:00 AM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Predict Data	Offline	%Diff	Predict Data	Offline	%Diff
Vavg	25.5	23.9	6.6	25.4	22.7	11.5
Vweight	25.9	23.8	8.6	25.8	23.1	11.8
Vsan	23.1	25.6	9.8	23.5	25.9	9.3
Vmid	14.4	13.3	8.1	14.2	11.9	19.1
D1	14.4	13.3	8.1	14.2	11.9	19.1
D2	17.1	16.3	5.2	17.5	13.6	28.6
Method	Peak Time 2 (5:30 PM-7:00 PM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Predict Data	Offline	%Diff	Predict Data	Offline	%Diff
Vavg	5.4	7.3	25.5	5.4	7.3	25.5
Vweight	6.7	9.4	28.8	6.7	9.4	28.8
Vsan	52.8	60.3	12.4	52.8	60.3	12.4
Vmid	19.3	23.3	17.1	19.3	23.3	17.1
D1	5.4	7.3	25.5	5.4	7.3	25.5
D2	37.7	37.4	0.6	37.7	37.4	0.6
Method	Off-Peak					
	Instantaneous			Timeslice		
	Predict Data	Offline	%Diff	Predict Data	Offline	%Diff
Vavg	16.1	14.9	7.5	16.1	15.0	7.2
Vweight	15.3	14.1	8.2	15.3	14.1	8.0
Vsan	9.0	10.9	17.7	9.0	11.2	19.6
Vmid	14.2	14.0	1.6	14.2	13.9	2.3
D1	9.0	10.9	17.7	9.0	11.2	19.6
D2	8.0	9.6	16.0	8.1	10.5	22.9
Method	Daytime (5:15 AM-10:00 PM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Predict Data	Offline	%Diff	Predict Data	Offline	%Diff
Vavg	23.6	21.4	10.5	23.6	20.3	16.2
Vweight	24.0	21.1	13.4	23.9	20.5	16.6
Vsan	28.3	29.3	3.5	28.4	27.0	5.1
Vmid	22.5	20.8	8.1	22.5	19.5	15.0
D1	16.6	16.3	1.3	16.5	15.4	7.5
D2	24.2	22.0	10.0	24.7	21.0	17.6
Method	Daytime (6:00 AM-10:00 PM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Predict Data	Offline	%Diff	Predict Data	Offline	%Diff
Vavg	17.4	16.5	5.8	17.4	16.2	7.3
Vweight	17.1	16.1	6.3	17.1	15.9	7.3
Vsan	16.6	19.2	13.5	16.8	19.5	14.1
Vmid	14.7	14.7	0.3	14.7	14.3	2.8
D1	10.0	11.2	10.5	10.0	11.0	9.6
D2	13.1	13.9	5.6	13.2	13.8	4.2

ตารางที่ 6.3 ค่า MAPE วิธีการประมาณเวลาการเดินทางด้วยข้อมูลการคาดการณ์ทั้งหมด (TMS)

Method	Rain Time (5:15 AM-6:00 AM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Predict Data	Offline	%Diff	Predict Data	Offline	%Diff
Vavg	24.6	31.4	21.7	24.3	28.3	14.2
Vweight	32.0	33.0	3.1	31.5	29.7	6.2
Vsan	80.3	69.0	16.4	76.6	62.0	23.5
Vmid	39.6	38.7	2.3	38.4	36.0	6.6
D1	24.6	31.4	21.7	24.3	28.3	14.2
D2	51.9	35.9	44.7	49.6	27.2	82.4
Method	Peak Time 1 (6:00 AM-10:00 AM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Predict Data	Offline	%Diff	Predict Data	Offline	%Diff
Vavg	33.4	29.6	12.7	33.1	29.1	13.7
Vweight	33.9	30.0	13.0	33.8	29.9	13.2
Vsan	15.4	16.9	8.8	15.7	16.9	7.1
Vmid	21.1	20.1	5.2	21.1	19.9	6.0
D1	15.4	16.9	8.8	15.7	16.9	7.1
D2	20.3	18.0	13.1	21.4	16.8	26.9
Method	Peak Time 2 (5:30 PM-7:00 PM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Predict Data	Offline	%Diff	Predict Data	Offline	%Diff
Vavg	10.7	7.9	35.3	10.7	7.9	35.3
Vweight	8.2	7.2	14.3	8.2	7.2	14.3
Vsan	35.6	40.5	12.0	35.6	40.5	12.0
Vmid	11.9	16.7	28.5	11.9	16.7	28.5
D1	8.2	7.2	14.3	8.2	7.2	14.3
D2	35.6	35.3	0.7	35.6	35.3	0.7
Method	Off-Peak					
	Instantaneous			Timeslice		
	Predict Data	Offline	%Diff	Predict Data	Offline	%Diff
Vavg	24.5	22.2	10.7	24.5	22.2	10.7
Vweight	23.4	21.0	11.2	23.4	21.0	11.2
Vsan	12.7	12.9	1.7	12.7	13.0	1.9
Vmid	22.3	22.1	0.9	22.3	22.1	0.9
D1	12.7	12.9	1.7	12.7	13.0	1.9
D2	12.7	12.9	1.7	12.7	13.0	1.9
Method	Daytime (5:15 AM-10:00 PM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Predict Data	Offline	%Diff	Predict Data	Offline	%Diff
Vavg	25.4	23.1	10.1	25.3	22.8	11.0
Vweight	24.9	22.5	10.9	24.9	22.3	11.7
Vsan	18.4	18.9	2.2	18.3	18.6	1.2
Vmid	21.9	21.9	0.0	21.8	21.7	0.4
D1	13.5	14.2	5.0	13.5	14.1	3.8
D2	18.3	17.2	6.8	18.5	16.5	11.8
Method	Daytime (6:00 AM-10:00 PM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Predict Data	Offline	%Diff	Predict Data	Offline	%Diff
Vavg	25.4	22.7	12.2	25.4	22.6	12.5
Vweight	24.6	22.0	11.9	24.6	21.9	12.0
Vsan	15.5	16.5	5.9	15.6	16.5	5.6
Vmid	21.0	21.1	0.2	21.0	21.0	0.0
D1	13.0	13.4	3.1	13.0	13.4	2.7
D2	16.8	16.3	2.9	17.0	16.0	6.2

ข้อมูล TMS จากตารางที่ 6.3 เมื่อเปรียบเทียบผลกับวิธีการแบบ Offline พบว่าการประมาณแบบ Online จากข้อมูลการคาดการณ์ทั้งหมด มีความแตกต่างจากวิธี Offline อยู่ประมาณ 0-35 เปอร์เซ็นต์ในช่วงเวลาปกติ และแตกต่าง 0-83 เปอร์เซ็นต์ในช่วงฝนตกที่ข้อมูลไม่แม่นยำ และเมื่อพิจารณาจากค่า MAPE ที่เกิดขึ้น พบว่าวิธีการประมาณแบบ Online จากข้อมูลการคาดการณ์ทั้งหมดนั้น โดยรวมจะส่งผลให้ความแม่นยำในการประมาณเวลาการเดินทางลดลงกว่าวิธีการ Offline ยกเว้นในบางกรณี เช่น ในวิธี Vsan และการปรับปรุงแบบที่ 1 ที่สามารถประมาณค่าเวลาการเดินทางได้ดีกว่าวิธีแบบ Offline

สุดท้ายสามารถสรุปวิธีการที่เหมาะสมในการที่จะเลือกใช้วิธีการ Online จากข้อมูลการคาดการณ์ทั้งหมด โดยพิจารณาจากผลความคลาดเคลื่อนต่ำสุดที่พบในการศึกษา ได้ดังนี้

กรณีใช้ค่า SMS

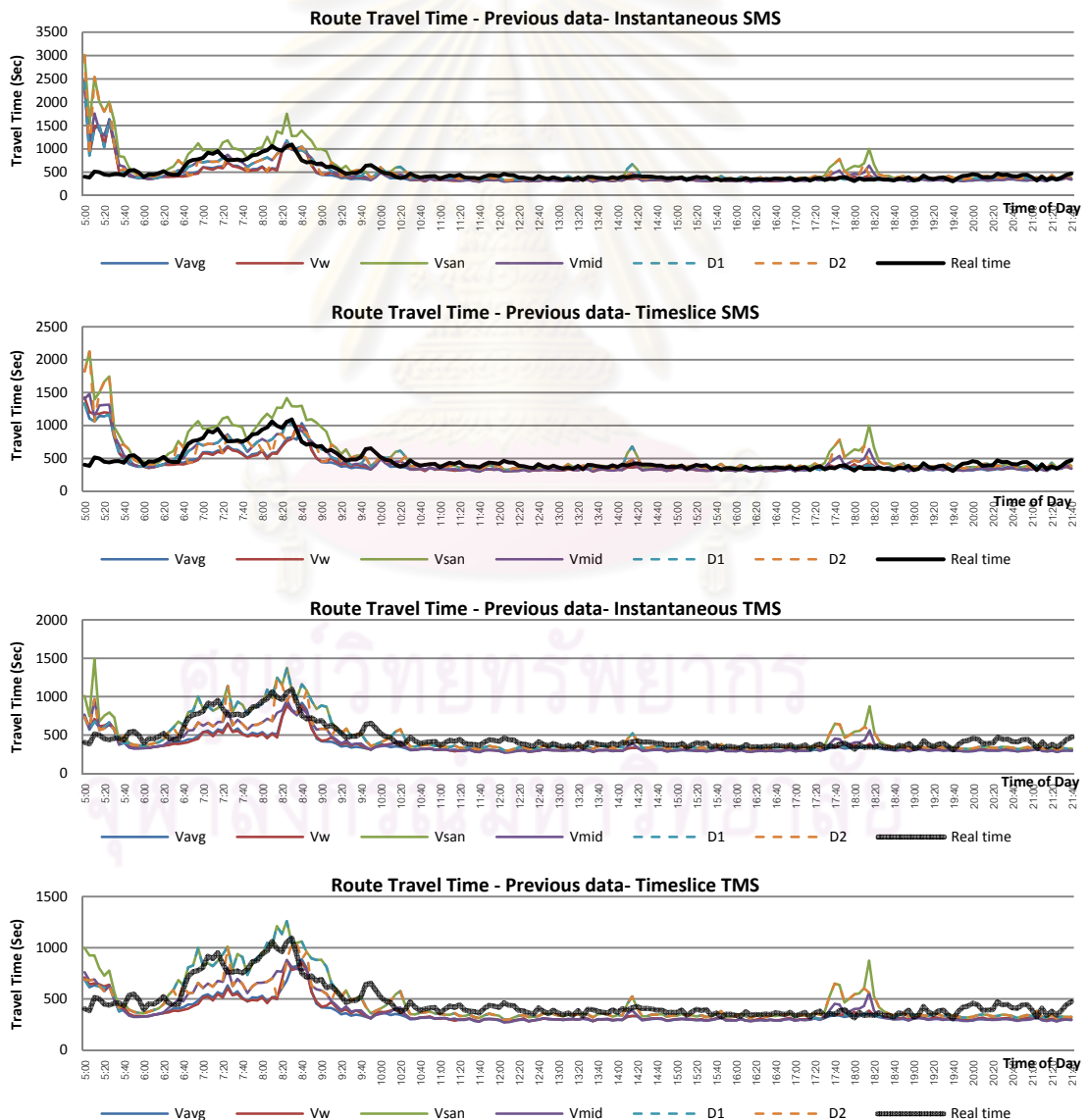
- ในกรณีที่ข้อมูลมีทั้งข้อมูลที่ดีและข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนสูงปะปนกัน คือ ในช่วงเวลา 5:15 – 22:00 น. วิธีการปรับปรุงแบบที่ 1 ที่เลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงเวลาตามสภาพข้อมูล ด้วยการรวมเวลาแบบ Timeslice จะให้ค่าคลาดเคลื่อน MAPE ต่ำที่สุดอยู่ที่ประมาณ 16.5 เปอร์เซ็นต์
- ในกรณีที่ข้อมูลสมบูรณ์โดยตัดส่วนของข้อมูลที่คลาดเคลื่อนสูงออก คือ ในช่วงเวลา 6:00 – 22:00 น. วิธีการปรับปรุงแบบที่ 1 ที่เลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงเวลาตามสภาพข้อมูล จะให้ค่าคลาดเคลื่อน MAPE ต่ำที่สุดอยู่ที่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

กรณีใช้ค่า TMS

- ในกรณีที่ข้อมูลมีทั้งข้อมูลที่ดีและข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนสูงปะปนกัน คือ ในช่วงเวลา 5:15 – 22:00 น. วิธีการปรับปรุงแบบที่ 1 ที่เลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงเวลาตามสภาพข้อมูล จะให้ค่าคลาดเคลื่อน MAPE ต่ำที่สุดอยู่ที่ประมาณ 13.5 เปอร์เซ็นต์
- ในกรณีที่ข้อมูลสมบูรณ์โดยตัดส่วนของข้อมูลที่คลาดเคลื่อนสูงออก คือ ในช่วงเวลา 6:00 – 22:00 น. วิธีการปรับปรุงแบบที่ 1 ที่เลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงระยะเวลาการเดินทางโดยใช้ค่าจาก Vsan ทั้งหมด จะให้ค่าคลาดเคลื่อน MAPE ต่ำที่สุดอยู่ที่ประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์

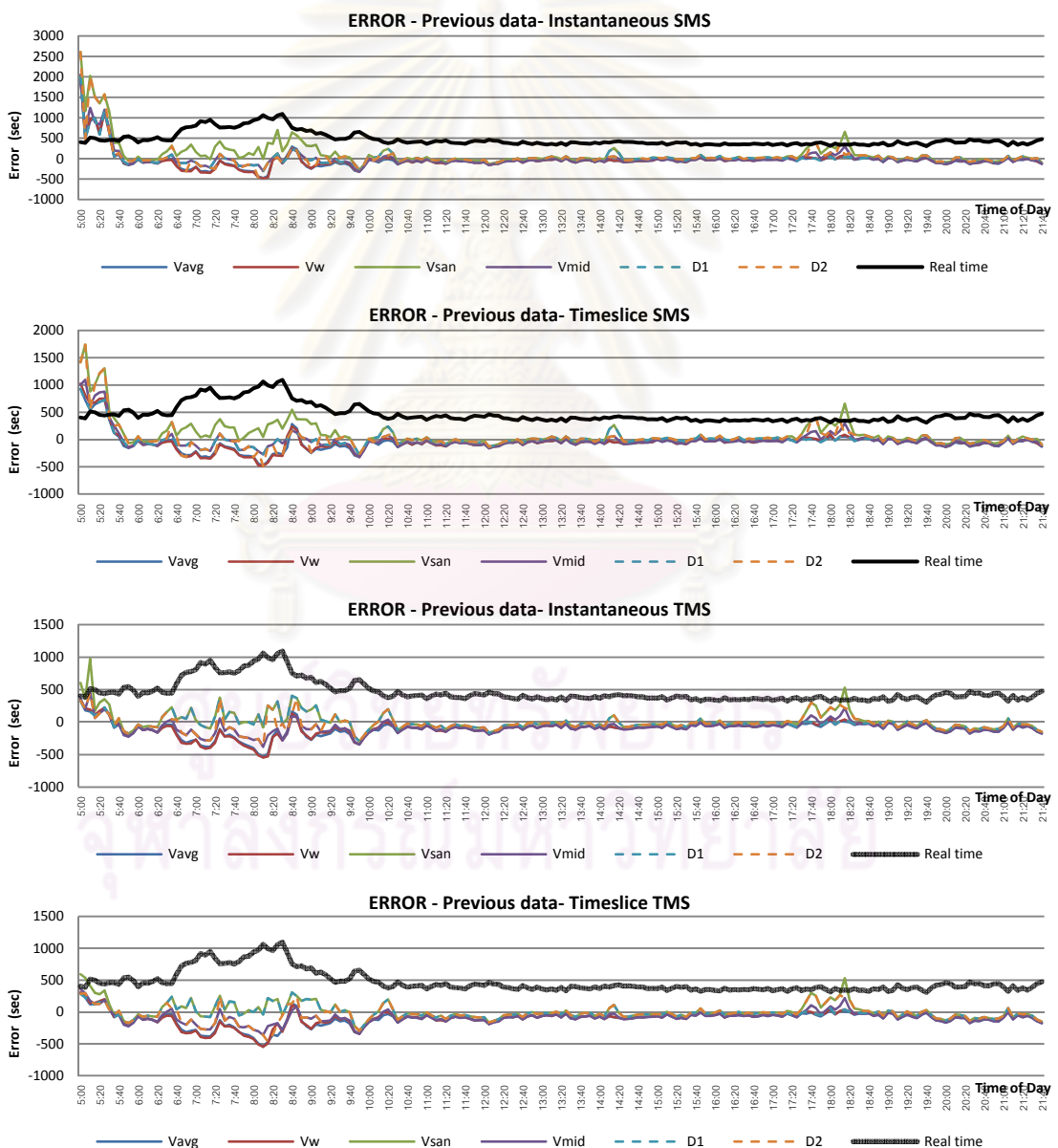
6.3 เวลาการเดินทางทั้งเส้นทางโดยเริ่มจากข้อมูลในช่วงเวลาก่อนหน้า

ในวิธีการนี้จะแตกต่างจากวิธีการแรกโดยที่จะไม่ใช่ค่าคาดการณ์ทั้งหมด แต่นำข้อมูลที่มีอยู่ในช่วงเวลาก่อนหน้า 1 ช่วงมาใช้เป็นข้อมูลเริ่มต้นในการหาค่าปัจจุบัน แทนค่าการคาดการณ์ครั้งที่ 1 ที่นำไปใช้ในวิธีการแรก เพื่อคิดการรวมเวลาการเดินทางแบบ Instantaneous และนำไปใช้ร่วมกับค่าคาดการณ์เพื่อคิดการรวมเวลาการเดินทางแบบ Timeslice ซึ่งต้องคาดการณ์ครั้งที่ 1, 2 และ 3 เพื่อใช้แทนช่วงเวลาที่ 2, 3 และ 4 โดยค่าเวลาการเดินทางแบบ Online ที่หาเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางโดยเริ่มจากข้อมูลที่มีในช่วงเวลาก่อนหน้า มีรูปแบบโดยรวมคล้ายคลึงกับวิธีการแบบ Offline โดยได้ผลดังรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 เวลาการเดินทางทั้งเส้นทางโดยเริ่มจากข้อมูลในช่วงเวลาก่อนหน้า

เมื่อพิจารณาค่าผลต่างการประมาณเวลาการเดินทางเมื่อเทียบกับค่าเวลาการเดินทางจริงจากรูปที่ 6.4 พบว่าค่าผลต่างที่เกิดขึ้นมีรูปแบบโดยรวมคล้ายคลึงกับค่าผลต่างที่เกิดขึ้นในวิธีการแบบ Offline คือ วิธีการประมาณค่าส่วนใหญ่จะสามารถประมาณค่าเวลาการเดินทางได้ต่ำกว่าค่าเวลาที่เกิดขึ้นจริง ยกเว้นวิธีการประมาณแบบ Vsan ที่ประมาณค่าเวลาการเดินทางได้สูงกว่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง รูปแบบของค่าผลต่างที่เกิดขึ้น จะเพิ่มขึ้นเมื่อสภาพการจราจรมีความหนาแน่น เช่น ในช่วงเวลาเร่งด่วน และช่วงที่ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนสูง โดยผลต่างจะเพิ่มขึ้น เมื่อช่วงเวลาดังกล่าวใช้เวลาการเดินทางมากขึ้น ยกเว้นวิธีการ Vsan ที่ไม่มีความแน่นอน โดยบางครั้งที่วิธีการอื่นมีความแตกต่างสูง วิธีการ Vsan กลับไม่ค่อยมีค่าความแตกต่าง



รูปที่ 6.4 ผลต่างวิธีการประมาณเวลาที่เริ่มจากข้อมูลที่มีในช่วงเวลาที่ผ่านมา

โดยมีค่า MAPE ในแต่ละช่วงจำแนกตามข้อมูล SMS และ TMS เหมือนกรณีการศึกษาที่ใช้ค่าคาดการณ์ทั้งหมดที่ได้แสดงในก่อนหน้าี้ โดยมีผลดังตารางที่ 6.4 และ 6.5 ตามลำดับ

ข้อมูล SMS จากตารางที่ 6.4 เมื่อเปรียบเทียบผลกับวิธีการแบบ Offline พบว่าการประมาณแบบ Online โดยเริ่มจากข้อมูลที่มีในช่วงเวลาก่อนหน้า มีความแตกต่างจากวิธี Offline อยู่ประมาณ 0-23 เปอร์เซ็นต์ในช่วงเวลาปกติ และแตกต่าง 12-40 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงฝนตกที่ข้อมูลไม่แม่นยำ และเมื่อพิจารณาจากค่า MAPE ที่เกิดขึ้น พบว่าวิธีการประมาณแบบ Online โดยเริ่มจากข้อมูลที่มีในช่วงเวลาก่อนหน้านั้น โดยรวมจะส่งผลให้ความแม่นยำในการประมาณเวลาในการเดินทางลดลงจากวิธี Offline แต่ลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับวิธีการแรกที่ใช้ค่าคาดการณ์ทั้งหมด ยกเว้นในบางกรณี เช่น ในวิธีการปรับปรุงแบบที่ 2 ของช่วงนอกเวลาเร่งด่วนที่สามารถประมาณค่าเวลาในการเดินทางได้ดีกว่าวิธีแบบ Offline โดยค่าในการรวบรวมแบบ Timeslice ลดลงจาก 10.5 เปอร์เซ็นต์เหลือเพียง 9.5 เปอร์เซ็นต์

ข้อมูล TMS จากตารางที่ 6.5 เมื่อเปรียบเทียบผลกับวิธีการแบบ Offline พบว่าการประมาณแบบ Online โดยเริ่มจากข้อมูลที่มีในช่วงเวลาก่อนหน้า มีความแตกต่างจากวิธี Offline อยู่ประมาณ 0-18 เปอร์เซ็นต์ในช่วงเวลาปกติ และแตกต่าง 0-23 เปอร์เซ็นต์ในช่วงฝนตกที่ข้อมูลไม่แม่นยำ และเมื่อพิจารณาจากค่า MAPE ที่เกิดขึ้น พบว่าวิธีการประมาณแบบ Online โดยเริ่มจากข้อมูลที่มีในช่วงเวลาก่อนหน้า โดยรวมจะส่งผลให้ความแม่นยำในการประมาณเวลาการเดินทางลดลง กว่าวิธีการ Offline

ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.4 ค่า MAPE วิธีการประมาณเวลาการเดินทางโดยเริ่มจากข้อมูลที่มี
ในช่วงเวลาก่อนหน้า (SMS)

Method	Rain Time (5:15 AM-6:00 AM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Offline	%Diff	Previous data	Offline	%Diff
Vavg	175.9	126.1	39.5	121.0	107.6	12.4
Vweight	179.7	128.6	39.7	134.2	117.4	14.3
Vsan	302.7	245.1	23.5	222.5	187.4	18.7
Vmid	196.9	152.2	29.4	152.4	131.8	15.6
D1	175.9	126.1	39.5	121.0	107.6	12.4
D2	256.1	195.8	30.8	208.8	174.0	20.0
Method	Peak Time 1 (6:00 AM-10:00 AM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Offline	%Diff	Previous data	Offline	%Diff
Vavg	24.7	23.9	3.1	26.2	22.7	15.1
Vweight	24.4	23.8	2.2	26.0	23.1	12.6
Vsan	26.3	25.6	2.5	24.2	25.9	6.7
Vmid	14.0	13.3	5.1	13.3	11.9	11.5
D1	14.0	13.3	5.1	13.3	11.9	11.5
D2	16.4	16.3	0.6	16.7	13.6	22.8
Method	Peak Time 2 (5:30 PM-7:00 PM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Offline	%Diff	Previous data	Offline	%Diff
Vavg	6.9	7.3	5.7	6.9	7.3	5.7
Vweight	9.1	9.4	2.6	9.1	9.4	2.6
Vsan	59.8	60.3	0.8	59.8	60.3	0.8
Vmid	22.9	23.3	1.9	22.9	23.3	1.9
D1	6.9	7.3	5.7	6.9	7.3	5.7
D2	37.1	37.4	0.8	37.1	37.4	0.8
Method	Off-Peak					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Offline	%Diff	Previous data	Offline	%Diff
Vavg	15.0	14.9	0.3	15.0	15.0	0.1
Vweight	14.1	14.1	0.2	14.2	14.1	0.3
Vsan	11.0	10.9	0.4	10.8	11.2	3.7
Vmid	14.1	14.0	1.3	14.2	13.9	2.2
D1	11.0	10.9	0.4	10.8	11.2	3.7
D2	9.5	9.6	1.3	9.5	10.5	9.0
Method	Daytime (5:15 AM-10:00 PM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Offline	%Diff	Previous data	Offline	%Diff
Vavg	23.8	21.4	11.2	21.7	20.3	6.8
Vweight	23.6	21.1	11.4	21.9	20.5	7.1
Vsan	32.1	29.3	9.3	27.9	27.0	3.2
Vmid	23.1	20.8	10.7	20.9	19.5	7.2
D1	18.7	16.3	14.6	16.0	15.4	4.1
D2	24.6	22.0	11.9	22.7	21.0	8.0
Method	Daytime (6:00 AM-10:00 PM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Offline	%Diff	Previous data	Offline	%Diff
Vavg	16.7	16.5	1.1	17.0	16.2	5.1
Vweight	16.2	16.1	0.8	16.7	15.9	4.6
Vsan	19.4	19.2	0.7	18.8	19.5	3.8
Vmid	14.9	14.7	1.7	14.8	14.3	3.5
D1	11.3	11.2	1.4	11.1	11.0	0.3
D2	13.8	13.9	0.6	13.9	13.8	0.9

ตารางที่ 6.5 ค่า MAPE วิธีการประมาณเวลาการเดินทางโดยเริ่มจากข้อมูลที่มี
ในช่วงเวลาก่อนหน้า (TMS)

Method	Rain Time (5:15 AM-6:00 AM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Offline	%Diff	Previous data	Offline	%Diff
Vavg	35.2	31.4	11.9	32.9	28.3	16.0
Vweight	37.2	33.0	12.8	35.1	29.7	18.2
Vsan	77.6	69.0	12.5	67.2	62.0	8.4
Vmid	41.1	38.7	6.2	36.3	36.0	0.9
D1	35.2	31.4	11.9	32.9	28.3	16.0
D2	40.1	35.9	11.8	33.4	27.2	22.8
Method	Peak Time 1 (6:00 AM-10:00 AM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Offline	%Diff	Previous data	Offline	%Diff
Vavg	30.5	29.6	3.1	31.5	29.1	8.1
Vweight	30.7	30.0	2.0	30.9	29.9	3.6
Vsan	17.2	16.9	1.6	15.8	16.9	6.4
Vmid	20.9	20.1	4.0	21.2	19.9	6.4
D1	17.2	16.9	1.6	15.8	16.9	6.4
D2	19.4	18.0	7.9	19.8	16.8	17.8
Method	Peak Time 2 (5:30 PM-7:00 PM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Offline	%Diff	Previous data	Offline	%Diff
Vavg	8.5	7.9	7.7	8.5	7.9	7.7
Vweight	7.8	7.2	8.3	7.8	7.2	8.3
Vsan	40.7	40.5	0.5	40.7	40.5	0.5
Vmid	16.3	16.7	1.9	16.3	16.7	1.9
D1	7.8	7.2	8.3	7.8	7.2	8.3
D2	35.6	35.3	0.8	35.6	35.3	0.8
Method	Off-Peak					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Offline	%Diff	Previous data	Offline	%Diff
Vavg	22.1	22.2	0.2	22.1	22.2	0.2
Vweight	21.0	21.0	0.2	21.0	21.0	0.2
Vsan	13.6	12.9	5.1	13.6	13.0	5.1
Vmid	22.1	22.1	0.2	22.1	22.1	0.2
D1	13.6	12.9	5.1	13.6	13.0	5.1
D2	13.6	12.9	5.1	13.6	13.0	5.1
Method	Daytime (5:15 AM-10:00 PM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Offline	%Diff	Previous data	Offline	%Diff
Vavg	23.5	23.1	1.8	23.6	22.8	3.5
Vweight	22.9	22.5	1.6	22.8	22.3	2.4
Vsan	19.7	18.9	4.7	19.0	18.6	2.2
Vmid	22.2	21.9	1.4	22.0	21.7	1.5
D1	14.9	14.2	4.9	14.5	14.1	2.9
D2	18.1	17.2	5.7	18.0	16.5	8.7
Method	Daytime (6:00 AM-10:00 PM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Offline	%Diff	Previous data	Offline	%Diff
Vavg	22.9	22.7	1.1	23.2	22.6	2.7
Vweight	22.2	22.0	0.9	22.2	21.9	1.4
Vsan	17.0	16.5	3.1	16.7	16.5	1.1
Vmid	21.3	21.1	1.0	21.4	21.0	1.5
D1	13.9	13.4	4.2	13.6	13.4	1.6
D2	17.1	16.3	5.0	17.2	16.0	7.5

สุดท้ายสามารถสรุปวิธีการที่เหมาะสมในการที่จะเลือกใช้วิธีการ Online โดยเริ่มจากข้อมูลที่มีในช่วงเวลาที่ผ่านมา โดยพิจารณาจากผลความคลาดเคลื่อนต่ำสุดที่พบในการศึกษา ได้ดังนี้

กรณีใช้ค่า SMS

- ในกรณีที่ข้อมูลมีทั้งข้อมูลที่ดีและข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนสูงปะปนกัน คือ ในช่วงเวลา 5:15 – 22:00 น. วิธีการปรับปรุงแบบที่ 1 ที่เลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงเวลาตามสภาพข้อมูล ด้วยการรวมเวลาแบบ Timeslice จะให้ค่าคลาดเคลื่อน MAPE ต่ำที่สุดอยู่ที่ประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์
- ในกรณีที่ข้อมูลสมบูรณ์โดยตัดส่วนของข้อมูลที่คลาดเคลื่อนสูงออก คือ ในช่วงเวลา 6:00 – 22:00 น. วิธีการปรับปรุงแบบที่ 1 ที่เลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงเวลาตามสภาพข้อมูล ด้วยการรวมเวลาแบบ Timeslice จะให้ค่าคลาดเคลื่อน MAPE ต่ำที่สุดอยู่ที่ประมาณ 11.1 เปอร์เซ็นต์

กรณีใช้ค่า TMS

- ในกรณีที่ข้อมูลมีทั้งข้อมูลที่ดีและข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนสูงปะปนกัน คือ ในช่วงเวลา 5:15 – 22:00 น. วิธีการปรับปรุงแบบที่ 1 ที่เลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงเวลาตามสภาพข้อมูล ด้วยการรวมเวลาแบบ Timeslice จะให้ค่าคลาดเคลื่อน MAPE ต่ำที่สุดอยู่ที่ประมาณ 14.5 เปอร์เซ็นต์
- ในกรณีที่ข้อมูลสมบูรณ์โดยตัดส่วนของข้อมูลที่คลาดเคลื่อนสูงออก คือ ในช่วงเวลา 6:00 – 22:00 น. วิธีการปรับปรุงแบบที่ 1 ที่เลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงเวลาตามสภาพข้อมูล ด้วยการรวมเวลาแบบ Timeslice จะให้ค่าคลาดเคลื่อน MAPE ต่ำที่สุดอยู่ที่ประมาณ 13.6 เปอร์เซ็นต์

6.4 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบ

บางวิธีการ เช่น การรวมเวลาการเดินทางแบบขั้นบันไดจำเป็นต้องมีการคาดการณ์ข้อมูลในช่วงเวลาถัดไป แต่ค่าคาดการณ์ใดๆย่อมไม่ใช่ค่าจริง ดังนั้นยิ่งเกิดการคาดการณ์ ความถูกต้องก็จะยิ่งลดลง ดังนั้นเมื่อใช้ข้อมูลที่เกิดจากการคาดการณ์มากเท่าใด ข้อมูลที่ได้ก็ย่อมจะเกิดการคาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น ดังนั้นในส่วนนี้จึงจะทำการเปรียบเทียบวิธีการหาค่าเวลาการเดินทาง 3 รูปแบบ ซึ่งได้แก่

การหาค่าเวลาการเดินทางแบบ Online

- เวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง จากข้อมูลการคาดการณ์ทั้งหมด
- เวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง โดยเริ่มจากข้อมูลที่มีในช่วงเวลาก่อนหน้า

การหาค่าเวลาการเดินทางแบบ Offline

- เวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง จากข้อมูลที่มีในช่วงเวลาก่อนหน้าทั้งหมด

โดยแต่ละวิธีจะมีความแตกต่างกัน ซึ่งสามารถเห็นได้ด้วยการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้น เพื่อยืนยันสมมติฐานที่ว่าเมื่อนำข้อมูลคาดการณ์มาใช้ย่อมมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น มากกว่าการหาค่าเวลาการเดินทางด้วยวิธีที่ใช้ข้อมูลที่สามารถรวบรวมได้จริงทั้งหมด เพื่อที่จะนำมาสรุปเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมจากวิธีการที่เกิดความคลาดเคลื่อนต่ำสุด

กรณีการใช้ข้อมูล SMS

ผลข้อมูลที่ใช้ความเร็ว SMS ในตารางที่ 6.6 จากการคำนวณและหาค่าความคลาดเคลื่อนด้วยค่า MAPE พบว่าโดยภาพรวมวิธี Online ประมาณค่าเวลาการเดินทางคลาดเคลื่อนมากกว่าวิธีการแบบ Offline ยกเว้นบางกรณีที่สามารถประมาณค่าเวลาการเดินทางได้ดีกว่า เช่น ในช่วงนอกเวลาเร่งด่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของการปรับปรุงแบบที่ 2 ที่เลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงระยะเวลาการเดินทาง ที่วิธีการแบบ Online หาค่าได้ดีกว่าแบบ Offline

ตารางที่ 6.6 การเปรียบเทียบค่า MAPE จากวิธีการทั้งหมด (SMS)

Method	Rain Time (5:15 AM-6:00 AM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Predict Data	Offline	Previous data	Predict Data	Offline
Vavg	175.9	156.0	126.1	121.0	155.9	107.6
Vweight	179.7	170.0	128.6	134.2	168.3	117.4
Vsan	302.7	277.8	245.1	222.5	277.0	187.4
Vmid	196.9	189.1	152.2	152.4	188.9	131.8
D1	175.9	156.0	126.1	121.0	155.9	107.6
D2	256.1	261.6	195.8	208.8	269.0	174.0
Method	Peak Time 1 (6:00 AM-10:00 AM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Predict Data	Offline	Previous data	Predict Data	Offline
Vavg	24.7	25.5	23.9	26.2	25.4	22.7
Vweight	24.4	25.9	23.8	26.0	25.8	23.1
Vsan	26.3	23.1	25.6	24.2	23.5	25.9
Vmid	14.0	14.4	13.3	13.3	14.2	11.9
D1	14.0	14.4	13.3	13.3	14.2	11.9
D2	16.4	17.1	16.3	16.7	17.5	13.6
Method	Peak Time 2 (5:30 PM-7:00 PM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Predict Data	Offline	Previous data	Predict Data	Offline
Vavg	6.9	5.4	7.3	6.9	5.4	7.3
Vweight	9.1	6.7	9.4	9.1	6.7	9.4
Vsan	59.8	52.8	60.3	59.8	52.8	60.3
Vmid	22.9	19.3	23.3	22.9	19.3	23.3
D1	6.9	5.4	7.3	6.9	5.4	7.3
D2	37.1	37.7	37.4	37.1	37.7	37.4
Method	Off-Peak					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Predict Data	Offline	Previous data	Predict Data	Offline
Vavg	15.0	16.1	14.9	15.0	16.1	15.0
Vweight	14.1	15.3	14.1	14.2	15.3	14.1
Vsan	11.0	9.0	10.9	10.8	9.0	11.2
Vmid	14.1	14.2	14.0	14.2	14.2	13.9
D1	11.0	9.0	10.9	10.8	9.0	11.2
D2	9.5	8.0	9.6	9.5	8.1	10.5
Method	Daytime (5:15 AM-10:00 PM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Predict Data	Offline	Previous data	Predict Data	Offline
Vavg	23.8	23.6	21.4	21.7	23.6	20.3
Vweight	23.6	24.0	21.1	21.9	23.9	20.5
Vsan	32.1	28.3	29.3	27.9	28.4	27.0
Vmid	23.1	22.5	20.8	20.9	22.5	19.5
D1	18.7	16.6	16.3	16.0	16.5	15.4
D2	24.6	24.2	22.0	22.7	24.7	21.0
Method	Daytime (6:00 AM-10:00 PM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Predict Data	Offline	Previous data	Predict Data	Offline
Vavg	16.7	17.4	16.5	17.0	17.4	16.2
Vweight	16.2	17.1	16.1	16.7	17.1	15.9
Vsan	19.4	16.6	19.2	18.8	16.8	19.5
Vmid	14.9	14.7	14.7	14.8	14.7	14.3
D1	11.3	10.0	11.2	11.1	10.0	11.0
D2	13.8	13.1	13.9	13.9	13.2	13.8

จากการเปรียบเทียบค่า MAPE โดยภาพรวมเมื่อมองจากการประมาณเวลาการเดินทางทุกรูปแบบ พบว่าวิธีการ Offline มีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด แต่เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างวิธีแบบ Online แล้ว มองจากภาพรวม วิธี Online ที่ประมาณโดยเริ่มจากข้อมูลที่มีในช่วงเวลาก่อนหน้าจะให้ผลของค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นต่ำกว่า แต่ทว่าในบางกรณีวิธีการที่ใช้ค่าคาดการณ์ทั้งหมดก็ให้ผลที่ดีกว่า ดังนั้นในการเลือกใช้จึงต้องพิจารณาให้เหมาะสมตามลักษณะการใช้งาน

โดยในการศึกษาครั้งนี้ สามารถสรุปและเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการนำมาใช้กับข้อมูล SMS โดยจำแนกตามลักษณะความสมบูรณ์ของข้อมูลที่คาดว่าจะได้ จากการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยจำแนกได้ 2 วิธีดังนี้

1. กรณีที่ข้อมูลค่อนข้างสมบูรณ์ (ข้อมูลในช่วงเวลา 6:00 – 22:00 น.)

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าวิธีการที่เหมาะสมที่สุด มีขั้นตอนดังนี้ คือ

- ใช้วิธีการปรับปรุงแบบที่ 1 ที่เลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงเวลาตามสภาพข้อมูล
 - รวมเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางแบบ Timeslice
 - หาค่าเวลาการเดินทางแบบ Online จากข้อมูลการคาดการณ์ทั้งหมด
- ซึ่งจะให้ค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ต่ำที่สุด โดยอยู่ที่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

2. กรณีที่ไม่สามารถยืนยันความสมบูรณ์ของข้อมูลหรือจำเป็นต้องใช้ข้อมูลดังกล่าวร่วมด้วย (ข้อมูลในช่วงเวลา 5:15 – 22:00 น.)

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าวิธีการที่เหมาะสมที่สุด มีขั้นตอนดังนี้ คือ

- ใช้วิธีการปรับปรุงแบบที่ 1 ที่เลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงเวลาตามสภาพข้อมูล
 - รวมเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางแบบ Timeslice
 - หาค่าเวลาการเดินทางแบบ Online โดยเริ่มจากข้อมูลที่มีในช่วงเวลาก่อนหน้า
- ซึ่งจะให้ค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ต่ำที่สุด โดยอยู่ที่ประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์

กรณีการใช้ข้อมูล TMS

ผลข้อมูลที่ใช้ความเร็ว TMS ในตารางที่ 6.7 จากการคำนวณและหาค่าความคลาดเคลื่อนด้วยค่า MAPE พบว่าไม่มีรูปแบบที่แน่นอนว่าวิธีการ Offline หรือ Online แบบใดจะมีความแม่นยำกว่ากันเสมอไปดังนั้นในการเลือกใช้จึงต้องพิจารณาให้เหมาะสมตามลักษณะการใช้งาน

โดยในการศึกษาครั้งนี้ สามารถสรุปและเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการนำมาใช้กับข้อมูล TMS โดยจำแนกตามลักษณะคุณสมบัติของข้อมูลที่สามารถทำได้ จากการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยจำแนกได้ 2 วิธีดังนี้

1. กรณีที่ข้อมูลค่อนข้างสมบูรณ์ (ข้อมูลในช่วงเวลา 6:00 – 22:00 น.)

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าวิธีการที่เหมาะสมที่สุด มีขั้นตอนดังนี้ คือ

- ใช้วิธีการปรับปรุงแบบที่ 1 ที่เลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงเวลาตามสภาพข้อมูล
 - รวมเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางแบบ Instantaneous
 - หาค่าเวลาการเดินทางแบบ Online จากข้อมูลการคาดการณ์ทั้งหมด
- ซึ่งจะให้ค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ต่ำที่สุด โดยอยู่ที่ประมาณ 12.97 เปอร์เซ็นต์

2. กรณีที่ไม่สามารถยืนยันความสมบูรณ์ของข้อมูลหรือจำเป็นต้องใช้ข้อมูลดังกล่าวรวมด้วย (ข้อมูลในช่วงเวลา 5:15 – 22:00 น.)

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าวิธีการที่เหมาะสมที่สุด มีขั้นตอนดังนี้ คือ

- ใช้วิธีการปรับปรุงแบบที่ 1 ที่เลือกวิธีการให้เหมาะสมกับช่วงเวลาตามสภาพข้อมูล
 - รวมเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางแบบ Instantaneous
 - หาค่าเวลาการเดินทางแบบ Online จากข้อมูลการคาดการณ์ทั้งหมด
- ซึ่งจะให้ค่าความคลาดเคลื่อน MAPE ต่ำที่สุด โดยอยู่ที่ประมาณ 13.49 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 6.7 การเปรียบเทียบค่า MAPE จากวิธีการทั้งหมด (TMS)

Method	Rain Time (5:15 AM-6:00 AM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Predict Data	Offline	Previous data	Predict Data	Offline
Vavg	35.2	24.6	31.4	32.9	24.3	28.3
Vweight	37.2	32.0	33.0	35.1	31.5	29.7
Vsan	77.6	80.3	69.0	67.2	76.6	62.0
Vmid	41.1	39.6	38.7	36.3	38.4	36.0
D1	35.2	24.6	31.4	32.9	24.3	28.3
D2	40.1	51.9	35.9	33.4	49.6	27.2
Method	Peak Time 1 (6:00 AM-10:00 AM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Predict Data	Offline	Previous data	Predict Data	Offline
Vavg	30.5	33.4	29.6	31.5	33.1	29.1
Vweight	30.7	33.9	30.0	30.9	33.8	29.9
Vsan	17.2	15.4	16.9	15.8	15.7	16.9
Vmid	20.9	21.1	20.1	21.2	21.1	19.9
D1	17.2	15.4	16.9	15.8	15.7	16.9
D2	19.4	20.3	18.0	19.8	21.4	16.8
Method	Peak Time 2 (5:30 PM-7:00 PM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Predict Data	Offline	Previous data	Predict Data	Offline
Vavg	8.5	10.7	7.9	8.5	10.7	7.9
Vweight	7.8	8.2	7.2	7.8	8.2	7.2
Vsan	40.7	35.6	40.5	40.7	35.6	40.5
Vmid	16.3	11.9	16.7	16.3	11.9	16.7
D1	7.8	8.2	7.2	7.8	8.2	7.2
D2	35.6	35.6	35.3	35.6	35.6	35.3
Method	Off-Peak					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Predict Data	Offline	Previous data	Predict Data	Offline
Vavg	22.1	24.5	22.2	22.1	24.5	22.2
Vweight	21.0	23.4	21.0	21.0	23.4	21.0
Vsan	13.6	12.7	12.9	13.6	12.7	13.0
Vmid	22.1	22.3	22.1	22.1	22.3	22.1
D1	13.6	12.7	12.9	13.6	12.7	13.0
D2	13.6	12.7	12.9	13.6	12.7	13.0
Method	Daytime (5:15 AM-10:00 PM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Predict Data	Offline	Previous data	Predict Data	Offline
Vavg	23.5	25.4	23.1	23.6	25.3	22.8
Vweight	22.9	24.9	22.5	22.8	24.9	22.3
Vsan	19.7	18.4	18.9	19.0	18.3	18.6
Vmid	22.2	21.9	21.9	22.0	21.8	21.7
D1	14.9	13.5	14.2	14.5	13.5	14.1
D2	18.1	18.3	17.2	18.0	18.5	16.5
Method	Daytime (6:00 AM-10:00 PM)					
	Instantaneous			Timeslice		
	Previous data	Predict Data	Offline	Previous data	Predict Data	Offline
Vavg	22.9	25.4	22.7	23.2	25.4	22.6
Vweight	22.2	24.6	22.0	22.2	24.6	21.9
Vsan	17.0	15.5	16.5	16.7	15.6	16.5
Vmid	21.3	21.0	21.1	21.4	21.0	21.0
D1	13.9	13.0	13.4	13.6	13.0	13.4
D2	17.1	16.8	16.3	17.2	17.0	16.0

จากผลการศึกษาในบทนี้พบว่า การเก็บข้อมูลแบบ Online ในกรณีที่ข้อมูลมีความถูกต้อง การใช้ข้อมูล SMS ร่วมกับวิธีการที่เหมาะสมจะสามารถประมาณเวลาการเดินทางได้แม่นยำที่สุด โดยมีระดับความคลาดเคลื่อนในการศึกษาคั้งนี้เพียง 10 เปอร์เซ็นต์ หมายถึงมีระดับความแม่นยำในการประมาณเวลาการเดินทางถึง 90 เปอร์เซ็นต์ซึ่งอยู่ในระดับเดียวกับค่าความแม่นยำในการประมาณเวลาการเดินทางที่พื้นที่ประมาณเวลาการเดินทางบางแห่งได้ระบุไว้ แต่โดยส่วนใหญ่ยังไม่แจ้งรายละเอียดความแม่นยำของเวลาการเดินทางที่ประมาณได้ โดยส่วนใหญ่นิยมระบุเพียงประเภทของอุปกรณ์เก็บข้อมูล วิธีการประมาณโดยสังเขปและช่วงระยะเวลาที่แจ้งข้อมูลเท่านั้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

7.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อข้อมูลการจราจร

ความถูกต้องของข้อมูลถือเป็นปัจจัยที่สำคัญ โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้รับรู้ถึงกระบวนการเก็บข้อมูลด้วยระบบประมวลผลภาพที่มีข้อจำกัดและส่งผลถึงระดับความถูกต้องของข้อมูล โดยพบว่าคุณภาพของภาพจะมีผลกระทบโดยตรงต่อความถูกต้องของการรวบรวมข้อมูล ด้วยระบบประมวลผลด้วยภาพและส่งผลถึงระดับความแม่นยำในการประมาณเวลาการเดินทาง เห็นได้จากค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละวิธีการในการใช้ข้อมูล SMS ที่ในสภาพปกติจะมีค่า MAPE อยู่ที่ประมาณ 10-30 เปอร์เซ็นต์ แต่ทว่าเพิ่มมากขึ้นเป็น 100-300 เปอร์เซ็นต์ในช่วงเวลาฝนตกที่มีเงาสะท้อนบนพื้นถนน

ลักษณะทางกายภาพของถนน เช่น จำนวนช่องจราจร และตำแหน่งทางขึ้นลง ก็เป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลให้ข้อมูลในแต่ละช่วงทางแตกต่างกันออกไป โดยถ้ามีจำนวนช่องจราจรน้อย อยู่บริเวณทางขึ้น หรือมีแถวคอยต่อเนื่องมาจากถนนราบที่บริเวณทางลง ก็จะส่งผลให้บริเวณดังกล่าวมีปริมาณการจราจรสูงหรือใช้ความเร็วได้ต่ำได้ง่าย แต่ในทางกลับกันเมื่อมีจำนวนช่องจราจรมาก และอยู่บริเวณช่วงทางลงปกติ ก็จะส่งผลให้สภาพการจราจรบริเวณดังกล่าวคล่องตัวได้ดีและใช้ความเร็วได้สูง ดังนั้นตำแหน่งของสถานีจึงมีผลโดยตรงต่อลักษณะของข้อมูลการจราจรที่รวบรวมได้ ซึ่งมีผลถึงวิธีการประมาณเวลาการเดินทางที่นำมาใช้กับข้อมูลด้วย เช่น ถ้าไม่สามารถเก็บข้อมูลการจราจรของบริเวณทางเข้าออกบนแต่ละช่วงทางทั้งหมดในระดับข้อมูลที่ค่อนข้างถี่ ก็จะไม่สามารถประยุกต์ใช้วิธีการที่คำนวณจากปริมาณการจราจรได้ ซึ่งวิธีการที่ประมาณเวลาการเดินทางจากความเร็วบนเส้นทางหลักจะเป็นทางเลือกที่ง่ายและสะดวกในการทำงานมากกว่า ดังนั้นการเลือกตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ให้ครอบคลุมปัจจัยที่ส่งผลถึงสภาพจราจร เช่น ทางขึ้นทางลง บริเวณสะพาน จุดเริ่มต้น จุดสิ้นสุดเส้นทาง จึงเป็นสิ่งสมควรให้ความสำคัญ จากนั้นจึงเลือกติดตั้งอุปกรณ์ให้มีระยะห่างที่เหมาะสมบนเส้นทางหลัก โดยส่วนใหญ่ในต่างประเทศพยายามติดตั้งทุกระยะประมาณ 500 เมตร เนื่องจากถ้าสามารถติดตั้งอุปกรณ์ได้ที่จะได้ข้อมูลการจราจรที่ละเอียดและสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงในแต่ละช่วงทางมากยิ่งขึ้น

7.1.2 วิธีการประมาณค่าเวลาการเดินทาง

จากการศึกษาพบว่าเวลาการเดินทางที่ประมาณได้ จากการประมาณค่าความเร็วในแต่ละรูปแบบนั้นมีความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกันไปตามลักษณะของวิธีการหาค่าความเร็วดังกล่าวซึ่งขึ้นอยู่กับข้อมูลที่นำมาใช้ด้วย โดยจากข้อมูล SMS วิธีการ Vavg เหมาะสมสำหรับใช้กับข้อมูลที่มีความแปรปรวนสูง หรือกรณีช่วงที่ไม่มั่นใจความถูกต้องของข้อมูล เนื่องจากจะสามารถเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนที่จะเกิดได้ดีที่สุด วิธีการ Vmid ใช้ได้ดีในช่วงเวลาเร่งด่วนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพการจราจรและมีปริมาณปริมาณการจราจรสูง เนื่องจากวิธีการนี้ ใช้ข้อมูลที่เกิดบนช่วงทางดังกล่าวโดยตรงดังนั้นช่วงใดที่ประมาณค่าได้แม่นยำก็จะเกิดความคลาดเคลื่อนต่ำมาก แต่เมื่อใดที่คลาดเคลื่อนก็จะคลาดเคลื่อนสูงเช่นกันเนื่องจากไม่มีการเฉลี่ย วิธีการ Vsan สามารถประมาณเวลาได้ดีที่สุดในช่วงเวลาปกติหรือนอกช่วงเวลาเร่งด่วนเป็นวิธีการที่ใช้ค่าความเร็วต่ำที่สุดมาคำนวณดังนั้นจึงได้ค่าเวลาในการเดินทางที่มากที่สุดเสมอเหมาะสำหรับการแจ้งค่าเวลาในการเดินทางที่มากที่สุด เช่น กรณีถ้าแจ้งเวลาการเดินทางทั่วไปให้แก่ผู้ขับขี่ได้รับทราบ เมื่อผู้ขับขี่ใช้เวลาจริงมากกว่าค่าดังกล่าวก็อาจจะเกิดความไม่พึงพอใจต่อระบบเกิดขึ้น แต่ถ้าแจ้งเวลาการเดินทางด้วยค่าประมาณเวลาที่สูง แล้วเมื่อผู้ขับขี่ใช้เวลาการเดินทางจริงน้อยกว่าค่าดังกล่าว ผู้ขับขี่จะเกิดความรู้สึกที่ดีกว่า เป็นต้น แต่การแจ้งเวลาการเดินทางที่สูง จะทำให้มีความแตกต่างระหว่างเวลาการเดินทางที่แจ้งกับเวลาการเดินทางของผู้ขับขี่ที่ใช้ความเร็วสูงอยู่มาก ดังนั้นการใช้ค่าการประมาณเวลาการเดินทางที่แม่นยำและได้ค่าเวลาการเดินทางที่อยู่ในช่วงเวลาเฉลี่ยที่เกิดขึ้นของการจราจรจึงน่าจะเหมาะสมกว่า แต่เมื่อพิจารณาจากข้อมูล TMS วิธี Vsan จะเป็นวิธีที่ประมาณได้ดีที่สุดเสมอ ยกเว้นช่วงที่ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนสูงที่วิธี Vavg จะแม่นยำกว่า

โดยผลการประมาณเวลาการเดินทางที่ได้จากวิธีการที่เหมาะสมในการศึกษาครั้งนี้มีค่าความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลาเร่งด่วนประมาณร้อยละ 11.9 และช่วงเวลาปกติประมาณร้อยละ 11.2 ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Ruimin Li, Geoffrey Rose, และ Majid Sarvi (2006) ที่ประมาณค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วบนถนนในประเทศออสเตรเลีย พบว่ามีความคลาดเคลื่อนของวิธีประมาณเวลาการเดินทางในช่วงเวลาเร่งด่วนประมาณร้อยละ 15 และช่วงเวลาปกติประมาณร้อยละ 7

7.1.3 การรวมค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง

จากการรวมค่าเวลาการเดินทางทั้งสองวิธีที่นำมาใช้ พบว่าในสภาพการจราจรแบบปกติหรือในช่วงนอกเวลาเร่งด่วนนั้น วิธีการทั้งสองแทบจะไม่แตกต่างกัน เนื่องมาจากเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลานั้น ค่อนข้างจะคงที่ ส่งผลให้ค่าที่นำมาใช้ในแต่ละวิธีไม่แตกต่างกันเท่าใดนัก แต่ทว่าทั้งสองวิธีแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ในช่วงที่ต้องใช้เวลาการเดินทางที่มากขึ้น แต่เมื่อสรุปจากข้อมูลการประมาณเวลาการเดินทางแต่ละรูปแบบแล้ว โดยภาพรวมวิธีการแบบ Timeslice นั้นจะสามารถรวมเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางได้แม่นยำกว่าในเกือบทุกกรณี

7.1.4 การหาค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางแบบ Online

จากการทดสอบหาค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางแบบ Online เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการแบบ Offline แล้ว

กรณีใช้ข้อมูล SMS

พบว่าวิธีการแบบ Offline ที่นำข้อมูลจริงที่สมบูรณ์มาใช้ในการคำนวณนั้น สามารถประมาณค่าเวลาการเดินทางได้แม่นยำกว่าวิธีการแบบ Online ที่จำเป็นต้องทำการคาดการณ์ค่าในช่วงเวลาถัดไปขึ้นมาเพื่อใช้ในการคำนวณ

แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบกันระหว่างวิธีการหาค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางจากข้อมูลการคาดการณ์ และจากการหาค่าเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางโดยเริ่มจากข้อมูลที่มีในช่วงเวลาก่อนหน้า พบว่าวิธีการทั้งสองนั้นไม่มีข้อได้เปรียบกันที่แน่นอน ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามแต่วิธีการประมาณและการรวมเวลาที่เลือกใช้

กรณีใช้ข้อมูล TMS

จากการนำข้อมูล TMS มาใช้พบว่าแต่ละวิธีการจากทั้งข้อมูล Offline และ Online ทั้งสองรูปแบบ เมื่อมองโดยภาพรวมไม่สามารถระบุได้แน่นอนว่าวิธีการใดมีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด เนื่องจากแตกต่างกันไปตามแต่วิธีการประมาณและการรวมเวลาที่เลือกใช้

7.1.5 แนวทางการเลือกใช่วิธีการประมาณเวลา

ข้อมูลความเร็วเบื้องต้นที่นำมาใช้ มีผลอย่างมากต่อวิธีการประมาณเวลาการเดินทาง จากผลข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าวิธีการโดยทั่วไปในปัจจุบันที่นิยมใช้ค่า TMS นั้นมีค่าความแม่นยำในการประมาณเวลาการเดินทางด้วยวิธีการรูปแบบเดียวมากที่สุดโดยในการศึกษาครั้งนี้วิธีที่ดีที่สุดคือวิธีการ Vsan โดยลักษณะข้อมูล TMS จะมีความคงที่และมีค่าความเร็วสูงกว่าข้อมูล SMS ลักษณะดังกล่าวทำให้ค่าเวลาการเดินทางที่ประมาณได้มีช่วงเวลาที่แคบและมีค่าต่ำกว่าจากข้อมูล SMS โดยค่าความคลาดเคลื่อนที่พบในการศึกษาครั้งนี้ค่อนข้างจะใกล้เคียงกันและไม่มีรูปแบบที่แน่นอนในทุกช่วงเวลา ซึ่งแตกต่างจากการใช้ข้อมูล SMS ที่ความแม่นยำสะท้อนตามลักษณะของสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นจริง โดยมีความคลาดเคลื่อนต่ำในช่วงปกติ มีความคลาดเคลื่อนมากขึ้นในช่วงเร่งด่วน และมีความคลาดเคลื่อนผิดปกติอย่างเห็นได้ชัดเมื่อข้อมูลมีปัญหา โดยมีรูปแบบที่ชัดเจนว่าวิธีการใดเหมาะสมกับสภาพการจราจรแบบใด ดังนั้นเนื่องจากบางวิธีไม่เหมาะสมกับบางสภาพการจราจร จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้มีค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นในการใช้วิธีการเพียงรูปแบบเดียวประมาณเวลาการเดินทาง แต่เมื่อเลือกใช้หลากหลายวิธีการให้เหมาะสมตามแต่ละสภาพการจราจรแล้ว จะช่วยให้การประมาณเวลาการเดินทางมีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้นกว่าวิธีการที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ดังที่ได้แสดงให้เห็นในการศึกษาครั้งนี้

ดังนั้นในการประมาณเวลาการเดินทางให้เหมาะสมจึงขึ้นอยู่กับขอบเขตข้อจำกัด ลักษณะพื้นที่ และความต้องการที่ได้กำหนดไว้ ตัวอย่างเช่น กรณีพื้นที่การศึกษาครั้งนี้ ถ้าต้องการประมาณเวลาการเดินทางด้วยวิธีการเดียว ในความแม่นยำแค่ในระดับหนึ่งสามารถทำได้ โดยใช้ข้อมูล TMS มาประมาณเวลาการเดินทางด้วยวิธีการ Vsan ตามขั้นตอน แต่ถ้าต้องการระดับความแม่นยำที่เพิ่มมากขึ้นก็ควรเลือกใช่วิธีการให้เหมาะสมกับแต่ละสภาพการจราจรตามข้อมูล SMS เป็นต้น

ระดับความคลาดเคลื่อนของการประมาณเวลาการเดินทางที่ยอมรับในต่างประเทศอยู่ที่ประมาณร้อยละ 20 ส่วนผลในการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ ของเวลาการเดินทางเฉลี่ยประมาณ 6-7 นาที บนช่วงทางความยาวประมาณ 8 กิโลเมตร ดังนั้นความคลาดเคลื่อนจะอยู่ที่ประมาณ 40 วินาทีถึง 1 นาทีครึ่ง ซึ่งโดยปกติผู้เดินทางทั่วไปมักระบุถึงเวลาการเดินทางในช่วงความถี่ 5 นาที เช่น เดินทางใช้เวลา 5 นาที 10 นาที ดังนั้นระดับความแม่นยำของการประมาณเวลาการเดินทางที่ได้จากการศึกษาจึง

เพียงพอต่อความต้องการของผู้เดินทาง โดยสามารถประมาณเวลาการเดินทางได้คลาดเคลื่อนน้อยกว่าระดับ 5 นาที โดยอยู่ในช่วงประมาณไม่เกิน 2 นาที ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลเวลาการเดินทางในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่ต้องการเวลาการเดินทางที่แม่นยำได้ในระดับหนึ่ง และความแม่นยำจะเพิ่มมากขึ้นถ้ามีการปรับปรุงอุปกรณ์และระบบประมวลผลข้อมูลการจราจรเบื้องต้นที่นำมาใช้ในการประมาณเวลาการเดินทางได้ดีขึ้น

7.2 ข้อเสนอแนะ

การประมาณและคาดการณ์เวลาการเดินทางบนทางพิเศษในการศึกษาครั้งนี้ยังไม่มี การนำไปทดลองใช้กับเส้นทางในบริเวณอื่น แต่กรณีที่มีเส้นทางมีลักษณะทางกายภาพและสภาพการจราจรที่ใกล้เคียงกัน ก็สามารถนำกระบวนการไปใช้ในการประมาณระยะเวลาการเดินทางบนเส้นทางดังกล่าวได้ ตามขั้นตอนที่ได้แสดงไว้ โดยสามารถศึกษาเพิ่มเติมในช่วง วันเวลา หรือพื้นที่การศึกษาอื่น รวมไปถึงปัจจัยที่มีผลต่อวิธีการประมาณเวลาการเดินทาง เช่น อุบัติเหตุ ว่ามีผลต่อวิธีการประมาณแต่ละรูปแบบอย่างไร

ในกรณีที่เส้นทางมีลักษณะทางกายภาพและสภาพการจราจรที่แตกต่างไปนั้น สามารถนำแนวคิด และกระบวนการในการดำเนินการวิจัยนี้ไปเป็นแนวทางในการคิด วิเคราะห์ และประยุกต์ใช้ โดยสามารถศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในประเด็นต่างๆ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการประมาณเวลาการเดินทาง เช่น ความเหมาะสมและความแม่นยำของข้อมูลจาก ระยะห่างระหว่าง สถานีเก็บข้อมูล ช่วงความถี่ของข้อมูลที่เลือกใช้ หรือวิธีการคาดการณ์ข้อมูล

สำหรับในส่วนของค่าระยะเวลาการเดินทางที่ประมาณได้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายรูปแบบ เช่น ใช้เป็นข้อมูลสำหรับผู้เดินทาง โดยแจ้งเป็นเวลาการเดินทาง หรือนำไปประยุกต์ใช้ในการระบุเวลาที่เทียบกับเส้นสีการจราจร ที่ในปัจจุบันประเทศไทยมีเพียงการระบุเส้นสีเขียวเหลืองแดงแต่ไม่ได้แจ้งว่า สีเขียวเหลืองแดงนั้นมีรายละเอียดค่าทาง การจราจรอย่างไร หรืออาจนำข้อมูลที่นำมาพัฒนาเป็นการแจ้งสภาพการจราจรที่ละเอียดกว่าการ แสดงเส้นสีที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน โดยแบ่งการจราจรออกตามเวลาการเดินทางหรือความเร็วเฉลี่ยที่ใช้บนเส้นทาง เป็นต้น โดยส่งข้อมูลให้แก่ผู้เดินทางได้ทั้งจากทางอินเทอร์เน็ต วิทยุ หรือ แสดงบนป้ายสลับข้อความ (Variable Message Sign)

อีกทั้งยังสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้พัฒนาระบบการจัดการบนทางพิเศษ อาทิ เช่น ทำให้สามารถรับทราบถึงอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วจากรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของ ข้อมูลที่ผิดปกติ และเมื่อทำการรวบรวมฐานข้อมูลได้มากพอ จะสามารถรับทราบถึงลักษณะของ สภาพการจราจรรวมไปถึงความเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาต่างๆของแต่ละวันว่ามีความคล้ายคลึง หรือแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการวางแผน จัดการระบบ และเตรียมความพร้อม รับมือเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้น ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กรรข เกิดแก้ว. การทำนายระยะเวลาการเดินทางบนทางพิเศษศรีรัช (ทางด่วนขั้นที่ 2). วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549.
- คู่มือการใช้งานโปรแกรมเบื้องต้นในส่วนการประมวลผลความเร็วรถและนับรถ. ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. ประเทศไทย, 2551.
- บุญเสริม กิจศิริกุล. ปัญญาประดิษฐ์ Artificial Intelligence. เอกสารคำสอนวิชา 2110654, ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.
- สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. วิศวกรรมจราจร (Traffic Engineering). เอกสารคำสอน, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ภาษาอังกฤษ

- Bertini, R. L., and Lovell, D. J. Impacts of Sensor Spacing on Accurate Freeway Travel Time Estimation for Traveler Information. Journal of Intelligent Transportation Systems. 13 (April 2009): 97–110.
- Chu, L., Oh, J. S., and Recker, W. Adaptive Kalman Filter Based Freeway Travel Time Estimation. 84th Transportation Research Board Annual Meeting. Washington D.C., 2005.
- Dion, F., and Rakha, H. Estimating Spatial Travel Times using Automatic Vehicle Identification Data. 82nd Annual Meeting Preprint CD-ROM. Transportation Research Board. Washington D.C., 2003.
- Gerlough, D., and Huber, M. Traffic Flow Theory. Transportation Research Board Special Report 165. Washington D.C., 1975.
- Guo, Jianhua., Williams, B. M., and Smith, B. L. Data Collection Time Intervals for Stochastic Short-Term Traffic Flow Forecasting. Transportation Research Record 2024. (2008): 18-26.
- Halttunen, P., and Prokkola, R. Nationwide Real Time Travel Time System in Finland. 15th ITS world congress, 2008.

- Hellinga, B. R. Improving Freeway Speed Estimates from Single-Loop Detectors. Journal of Transportation Engineering. 128, 1 (January/February 2002): 58-67.
- Kastelic, T., Marseti, R., Pirc, J., and Pretnar, G. Real Time Traffic Information System. 15th ITS world congress, 2008.
- Klein, L. A., Mills, M. K., and Gibson, R. P. Traffic Detector Handbook: Third Edition - Volume I. Federal Highway Administration, Texas Transportation Institute, 2006.
- Kothuri, S.M., Tufte, K.A., Hagedorn, H., Bertini, R.L. and Deeter, D. Survey of Best Practices in Real Time Travel Time Estimation and Prediction. Compendium of Technical Papers, Institute of Transportation Engineers, District 6 Annual Meeting. Portland, Oregon, 2007.
- Li, R., Rose, G., and Sarvi, M. Evaluation of Speed Based Travel Time Estimation Models. Journal of Transportation Engineering. 132 (July 2006): 540-547.
- Lighthill, M. J., and Whitham, G. B. On Kinematic Waves, II: A Theory of Traffic Flow on Long Crowded Roads. Proceedings of the Royal Society of London Series A. 229 (May 1955): 317-345.
- Margulici, J. D., and Ban, X. Developing Quality Measures for Evaluating Travel Time Estimation Methods. 15th ITS world congress, 2008.
- Nam, D. H., and Drew, D. R. Automatic Measurement of Traffic Variables for Intelligent Transportation Systems Application. Transportation Research Part B: Methodological. 33 (August 1999): 437-457.
- Richards, P. I. Shock Waves on the Highway. Operations Research. 4 (February 1956): 42-51.
- Robinson, S., and Polak, J. W. Modelling Urban Link Travel-Time using Data from Inductive Loop Detectors. 10th World Conference on Transport Research, 2004.
- Shen, L. Freeway Travel Time Estimation and Prediction Using Dynamic Neural Networks. Ph.D. Thesis, Department of Civil Engineering Faculty of Engineering Florida International University, 2008.
- Tufte, K. A., McGill, G., Crain, J., Chavan, P., and Fayed, E. Accuracy in Real-Time Estimation of Travel Times. 15th ITS world congress, 2008.

Turner, S. M., Eisele, W. L., Benz, R. J., and Holdener, D. J. Travel Time Data Collection Handbook. Federal Highway Administration, Texas Transportation Institute, 1998.

Vanajakshi, L. D., Williams, B. M., and Rilett, L. R. Improved Flow-Based Travel Time Estimation Method from Point Detector Data for Freeways. Journal of Transportation Engineering. 135 (January 2009): 26-36.

Wang, Y., and Nihan, N. L. Freeway Traffic Speed Estimation with Single Loop Outputs. Transportation Research Record 1727. (2000): 120-126.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวรพงศ์ วัจนะเสถียรกุล เกิดเมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม พ.ศ.2525 สำเร็จ การศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ และภาควิชาวิศวกรรมโยธา จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ.2547 และ พ.ศ.2548 ตามลำดับ หลังจากนั้นได้เข้า ทำงานใน บริษัทสหการวิศวกรรมจำกัด และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการขนส่ง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2550

ในระหว่างการศึกษาได้มีผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุม วิชาการขนส่งแห่งชาติครั้งที่ 6 ดังนี้

วรพงศ์ วัจนะเสถียรกุล และสรวิศ นฤปิติ, 2552. การเปรียบเทียบวิธีประมาณ ความเร็วเพื่อใช้ประมาณเวลาเดินทางโดยใช้ข้อมูลจากสถานีสำรวจ. การประชุมวิชาการ การขนส่งแห่งชาติครั้งที่ 6. พิษณุโลก. หน้า 110.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย