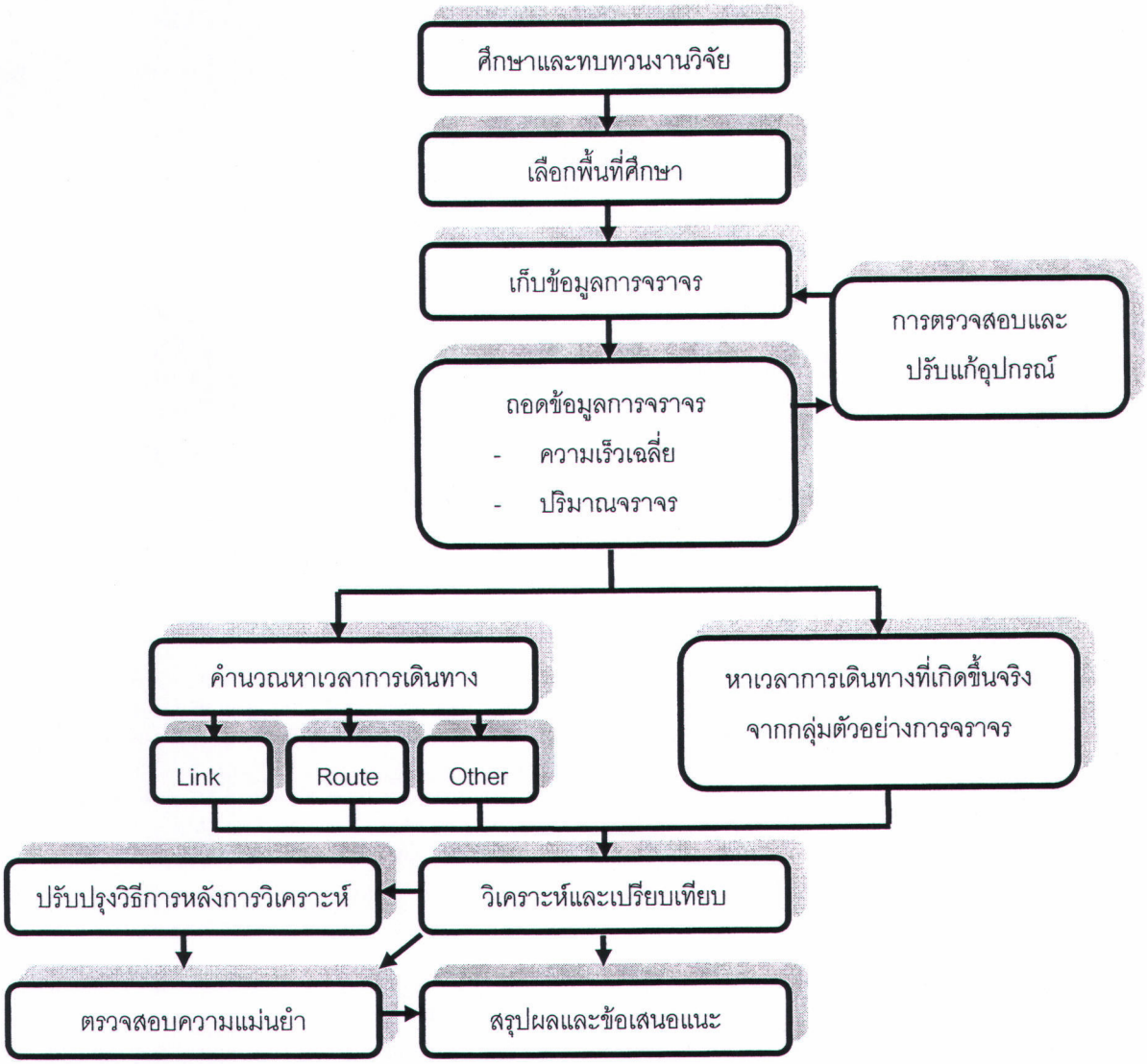
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

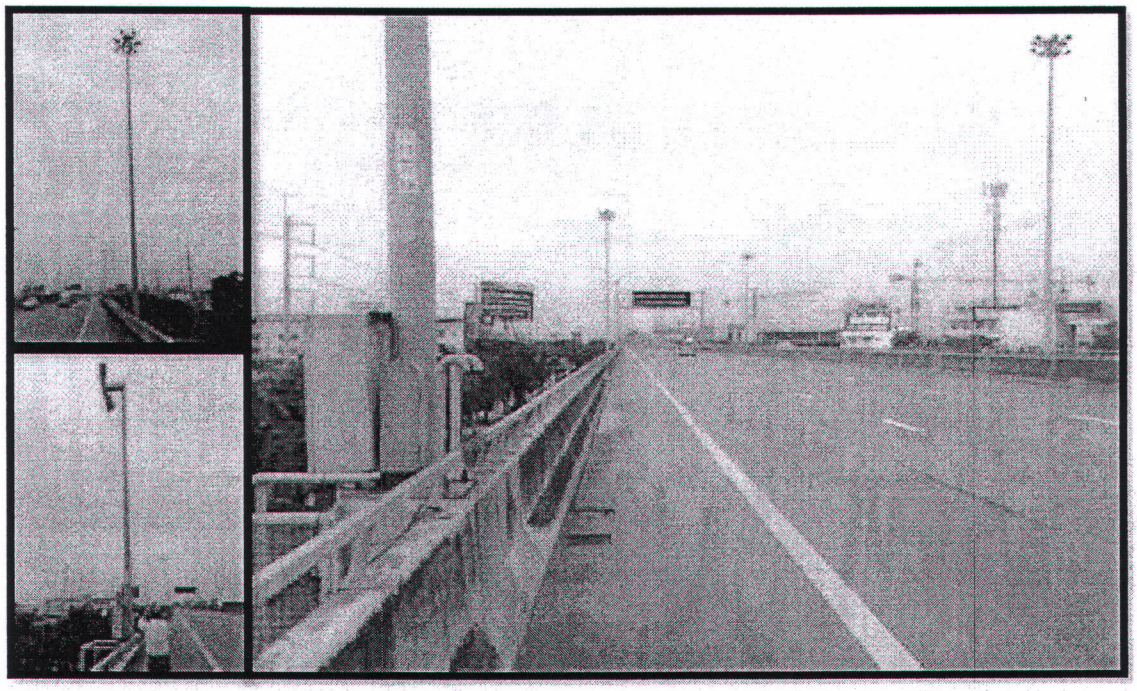
การดำเนินการวิจัยเพื่อหาค่าระยะเวลาการเดินทางบนทางพิเศษนั้น เริ่มต้นโดยการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง คัดเลือกพื้นที่ในการศึกษาจากนั้นทำการติดตั้งและปรับแก้อุปกรณ์เก็บข้อมูลแล้วจึงถอดข้อมูลภาคสนามเพื่อทำการวิเคราะห์สภาพจราจรแล้วจึงนำมาใช้คำนวณหาระยะเวลาการเดินทางแล้วทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าที่ได้จากแต่ละวิธีเพื่อใช้ในการปรับปรุงวิธีการและนำไปทดสอบความแม่นยำที่ได้เพื่อสรุปผล ดังรายละเอียดขั้นตอนแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ทางพิเศษเป็นพื้นที่ศึกษา 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 แล้วพบว่าการจราจรที่เกิดขึ้นนั้นค่อนข้างจะคงที่ ไม่มีความหลากหลายของสภาพการจราจรเพียงพอที่จะนำมาศึกษา เนื่องจากทางพิเศษเส้นดังกล่าวเป็นทางยกระดับขนาด 6 ช่องจราจรตลอดเส้นทางและมีถนนประดิษฐ์มนูธรรมขนานขนาบจากรามอินทราไปจนถึงเอกมัยทำให้ปริมาณการจราจรที่เกิดขึ้นมีไม่มากจนถึงระดับที่ติดขัด ดังนั้นจึงต้องสำรวจคัดเลือกพื้นที่ในการศึกษาใหม่



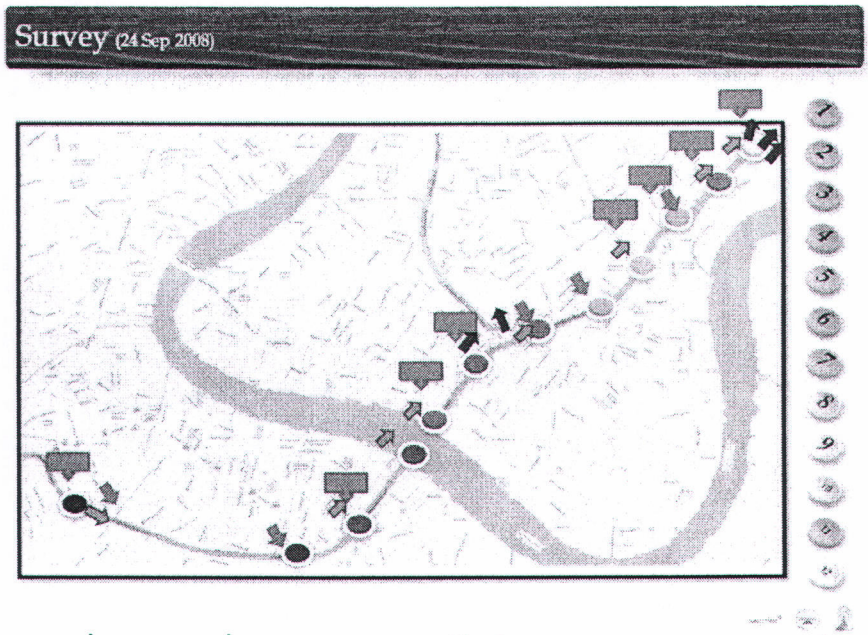
รูปที่ 3.2 ลักษณะพื้นที่และการจราจรบนทางพิเศษฉลองรัช

ภายหลังจึงได้เลือกใช้พื้นที่ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 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 ดังนั้นพื้นที่ศึกษาจำเป็นจะต้องมีจุดที่สามารถเก็บข้อมูลจากกล้องวีดีทัศน์ได้สะดวก ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วพบว่าบริเวณทางพิเศษสายดาวคะนอง-ท่าเรือ ในส่วนถนนฝั่งขาเข้าเมืองที่มีระยะทาง 10.3 กิโลเมตร เป็นบริเวณที่เหมาะสมในการศึกษาเนื่องจากเป็นช่วงทางที่มีสภาพการจราจรที่หลากหลาย ซึ่งในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า - เย็น มีปริมาณการจราจรที่ค่อนข้างหนาแน่น มีจำนวนช่องทางจราจรตลอดทั้งเส้นทางที่ไม่เท่ากัน มีสะพานพระราม 9 ที่มีความชันของสะพานค่อนข้างสูง ทำให้เกิดการชะลอตัวของการจราจรบริเวณทางขึ้น และการเพิ่มความเร็วในช่วงทางลง และยังมีตำแหน่งที่เหมาะสมสามารถบันทึกภาพการเคลื่อนตัวของการจราจร จากกล้องวีดีทัศน์เพื่อมาใช้ในการศึกษาได้สะดวก

ดังนั้นเมื่อกำหนดพื้นที่ศึกษาได้แล้วจึงออกสำรวจภาคสนามเมื่อวันที่ 24 กันยายน 2008 เพื่อระบุตำแหน่งทางเข้าออกและตำแหน่งป้ายที่คาดว่าจะนำมาใช้เป็นตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์เพื่อวางแผนและเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมในการศึกษาต่อไป โดยได้แสดงตำแหน่งจุดสำรวจที่คาดว่าจะใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผนที่จุดสำรวจในการเก็บข้อมูลสายดาวคะนอง-ท่าเรือ

ในการสำรวจเบื้องต้นครั้งนั้นเนื่องจากข้อจำกัดของจำนวนอุปกรณ์ จึงจำเป็นต้องระบุเน้นให้แต่ละตำแหน่งครอบคลุม และมีประสิทธิในการเก็บข้อมูลมากที่สุด โดยครอบคลุมช่วงเริ่มและสิ้นสุดเส้นทาง ทางขึ้นลงและทางเข้าออกจากทางพิเศษ ช่วงสะพานขาขึ้นและลง รวมไปถึงแถวคอยที่จะเกิดจากทางออกบริเวณปลายเส้นทางนั่นเอง

3.2 การติดตั้งอุปกรณ์ประมวลผลภาพ

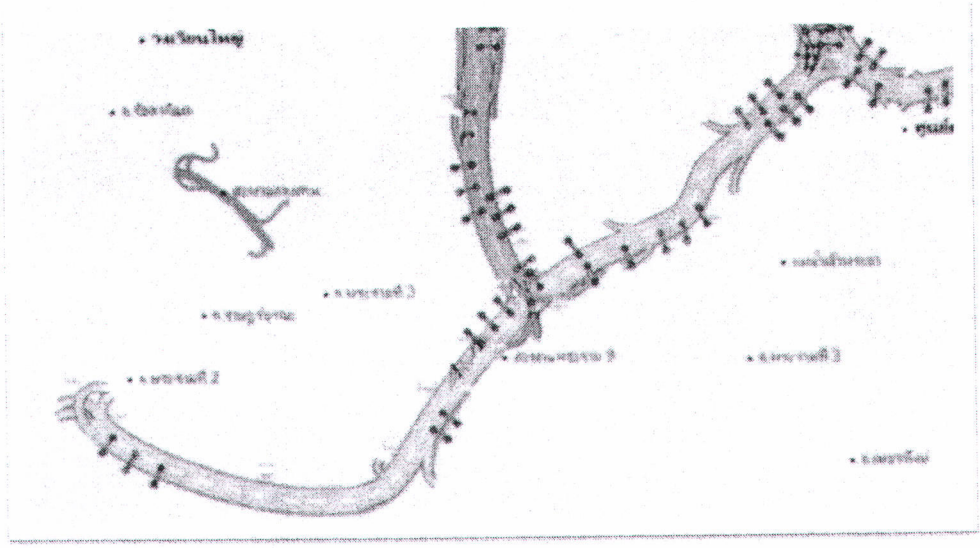
3.2.1 อุปกรณ์ประมวลผลภาพ

ในการวางแผนเก็บข้อมูลในเริ่มแรกนั้น จะติดตั้งระบบประมวลผลภาพเข้ากับภาพที่ได้จากกล้องวีดีทัศน์ของการทางพิเศษซึ่งมีตำแหน่งของกล้องดังรูปที่ 3.4 และมีตัวอย่างลักษณะของมุมภาพดังรูปที่ 3.5 แต่เมื่อพิจารณาจากตำแหน่งและคุณภาพของภาพที่ได้นั้น พบว่าถึงแม้ในเส้นทางดังกล่าวจะมีการติดตั้งกล้องวีดิทัศน์อยู่ แต่ทว่าในการศึกษาไม่สามารถใช้ภาพจากมุมกล้องดังกล่าว ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ เนื่องจาก

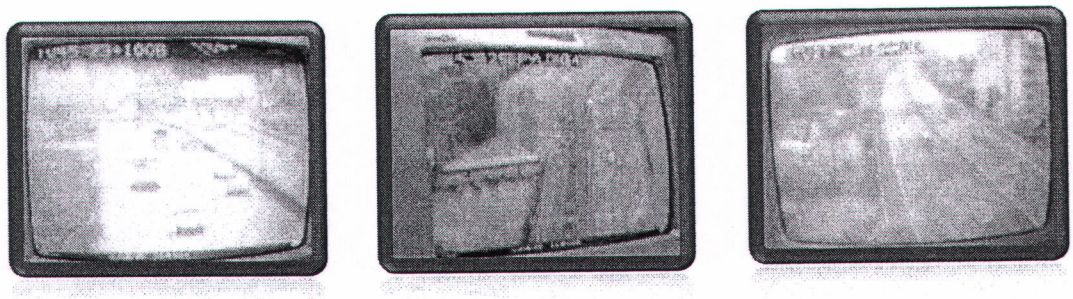
1. กล้องดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงมุมภาพเพื่อใช้ในการตรวจตราและจัดการสภาพการจราจรบนทางพิเศษในบางช่วงเวลา จึงทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง

2. ช่วงระยะห่างของแต่ละจุดบางตำแหน่งไม่เหมาะสมเนื่องจากระยะห่างมากเกินไป หรือไม่มีกล้องในบริเวณจุดที่ต้องการข้อมูลในการศึกษา เช่น บริเวณทางเข้าออก

3. ภาพจากบางตำแหน่งมีความสั่นสะเทือนของภาพค่อนข้างมากเนื่องจากติดตั้งในที่สูงหรืออยู่ใกล้สะพาน เช่น ตำแหน่งกล้องบริเวณช่วงสะพานพระราม 9 ทำให้ไม่สามารถนำภาพดังกล่าวมาใช้กับระบบประมวลผลภาพได้



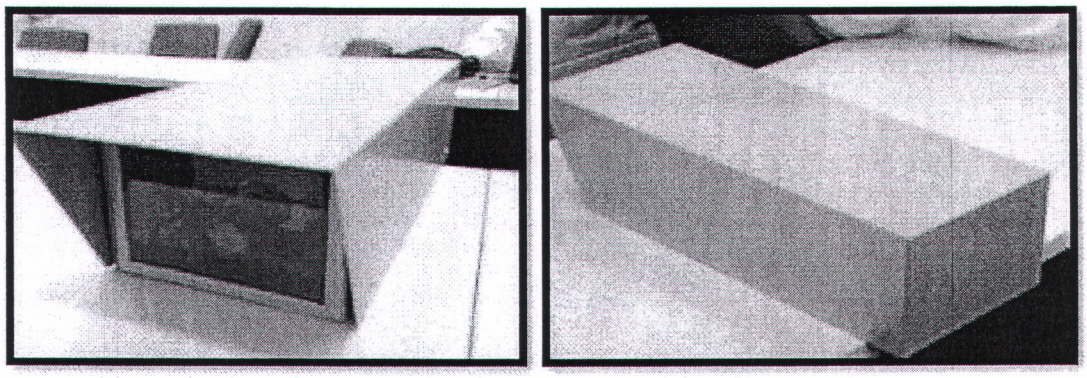
รูปที่ 3.4 ตำแหน่งกล้องวีดีทัศน์และป้ายบอกทางของการทางพิเศษ
ที่มา: การทางพิเศษแห่งประเทศไทย



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างภาพจากกล้องวีดีทัศน์ของการทางพิเศษ

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงจำเป็นจะต้องติดตั้งกล้องขึ้นมาใหม่ตามตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการบนเส้นทาง โดยต้องใช้เวลาในการพัฒนาและทดสอบอุปกรณ์เพื่อที่จะนำไปติดตั้งเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคสนาม

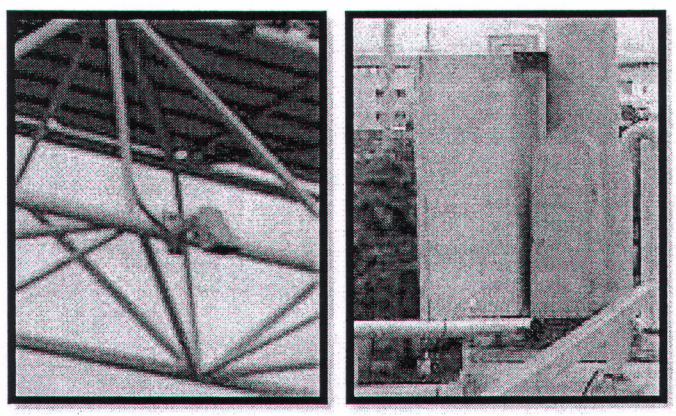
อุปกรณ์ประมวลผลภาพที่พัฒนาในระยะแรก ออกแบบโดยรวมกล้องและแผงวงจรระบบประมวลผลเข้าไว้ด้วยกันในกล่องเดียว ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ภาพอุปกรณ์ประมวลผลภาพที่พัฒนาในระยะแรก

แต่ทว่าอุปกรณ์ดังกล่าวมีน้ำหนักมาก ทำให้ประสบปัญหาทางด้านการนำไปติดตั้งจึงต้องพัฒนาและเปลี่ยนแปลงรูปแบบของอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ขึ้นใหม่

อุปกรณ์ประมวลผลภาพที่ใช้ในปัจจุบัน มีรูปแบบที่แยกตัวกล้องออกจากตู้แผงวงจรระบบประมวลผล โดยติดตั้งกล้องไว้ในตำแหน่งและมุมภาพที่ต้องการและติดตั้งตู้ไว้บริเวณด้านล่างในจุดที่สามารถเข้าไปแก้ไขปรับปรุงได้สะดวก ดังรูปที่ 3.7 เมื่อออกแบบตัวอุปกรณ์แล้วเสร็จจึงนำไปทดสอบการใช้งานจริงบนพื้นที่ทางพิเศษฉลองรัชซึ่งสะดวกในการเข้าไปติดตั้งมากกว่าพื้นที่ศึกษาจริง โดยติดตั้งในรูปแบบเดียวกันกับที่จะติดตั้งจริง เมื่อทดสอบและสามารถทำงานได้จึงเริ่มทำการผลิตให้ครบตามจำนวนและนำมาใช้ในพื้นที่ศึกษาต่อไป

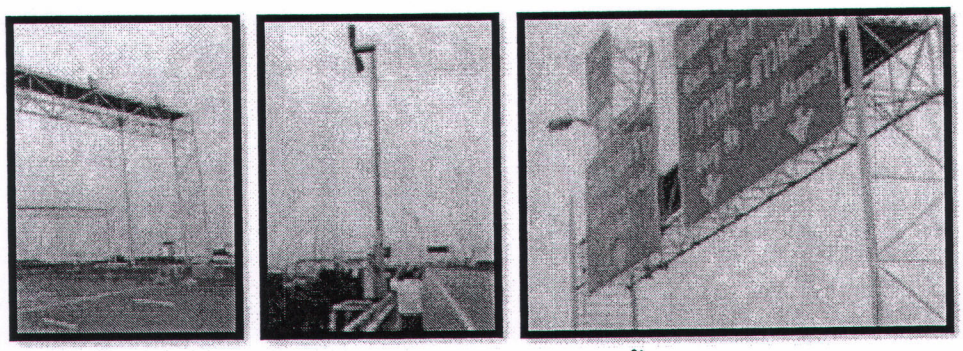


รูปที่ 3.7 ตัวอย่างภาพอุปกรณ์ประมวลผลภาพแยกติดตั้ง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

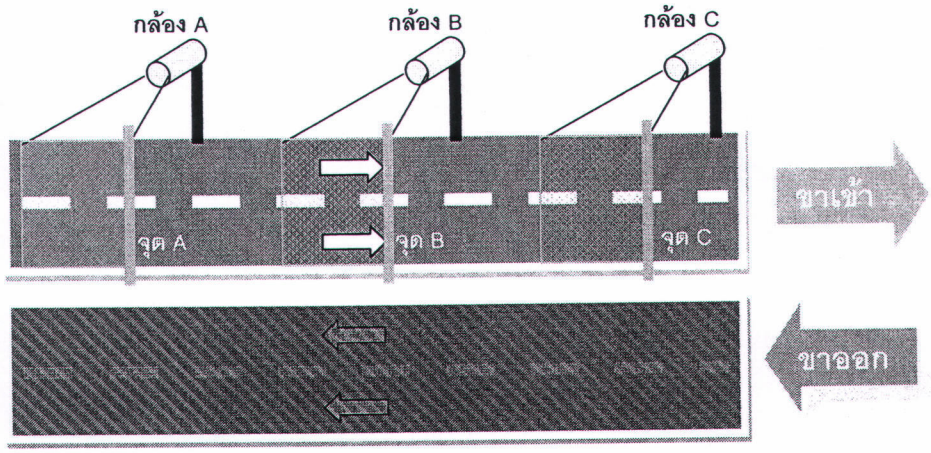
3.2.2 ลักษณะตำแหน่งการติดตั้ง

ในการติดตั้งอุปกรณ์ประมวลผลภาพนั้นเรื่องตำแหน่งและมุมกล้องถือเป็นสิ่งที่สำคัญ ซึ่งกล้องจะต้องติดอยู่ในมุมสูงที่สามารถมองเห็นยานพาหนะได้ชัดเจน ดังนั้นจุดที่เหมาะสมในพื้นที่ศึกษาก็จะได้แก่ บริเวณเสาไฟส่องสว่างบริเวณตรงกลาง ทางด้านข้างของถนน และป้ายบอกทางขนาดใหญ่ดังในรูปที่ 3.8 โดยมีรายละเอียดของตำแหน่งติดตั้งดังรูปที่ 3.10 และมุมกล้องดังรูปที่ 3.13



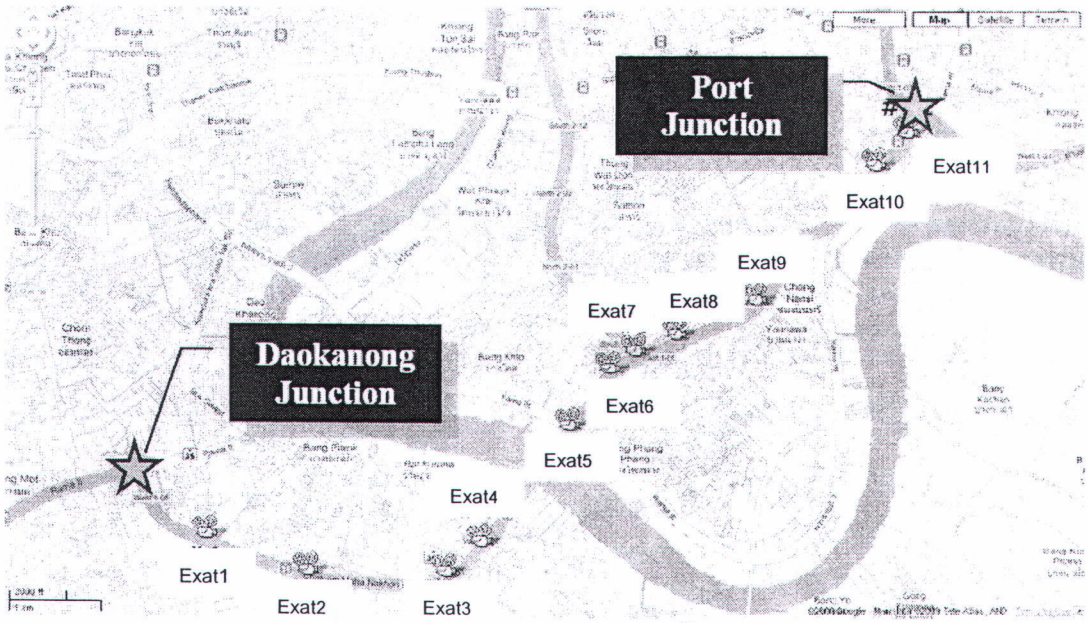
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งกล้อง

ในการติดตั้งกล้องประมวลผลภาพวีดิทัศน์จะเก็บข้อมูลการจราจรบนทางพิเศษในส่วนของถนนทิศทางฝั่งขาเข้าเมืองเท่านั้นดังลักษณะในรูปที่ 3.9



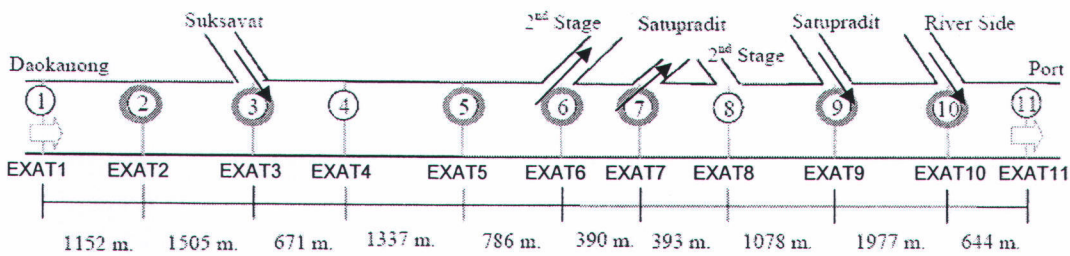
รูปที่ 3.9 ลักษณะการเก็บข้อมูล

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



รูปที่ 3.10 ตำแหน่งติดตั้งกล้องประมวลผลภาพบนทางพิเศษ สายดาวคะนอง-ท่าเรือ

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



รูปที่ 3.11 ระยะทางระหว่างกล้องประมวลผลภาพบนทางพิเศษสายดาวคะนอง-ท่าเรือ

3.3 การตรวจสอบและปรับแก้อุปกรณ์ประมวลผลภาพ

หลังจากติดตั้งอุปกรณ์ประมวลผลภาพทั้ง 11 สถานีแล้วเสร็จได้ทดลองใช้งานอุปกรณ์มาระยะหนึ่ง เพื่อตรวจสอบความเสถียรของอุปกรณ์ สรุปมุมมอง ตำแหน่งติดตั้ง และสถานการณ์ทำงานของกล้องในแต่ละสถานี โดยพบปัญหาที่ทำให้ระบบการเก็บข้อมูลเกิดการขัดข้องหลายครั้งโดยสามารถจำแนกประเภทของปัญหาที่พบออกได้เป็น 3 ลักษณะดังนี้

1. ปัญหาในส่วนของภาพจากกล้อง

    - มุมภาพไม่เหมาะสมในการใช้งานกับระบบประมวลผลภาพ เช่น เป็นมุมด้านข้างมากเกินไปทำให้เกิดการซ้อนทับของภาพยานพาหนะ หรือมีเงา มีสิ่งกีดขวางในมุมกล้องทำให้มีผลต่อความคลาดเคลื่อนในระบบประมวลผลภาพ
    - ความมืดความสว่างของแสงที่ไม่เหมาะสม จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการทำงานของระบบการประมวลผลภาพโดยอาจถึงขั้นไม่สามารถเก็บข้อมูลได้
    - ความคมชัดของภาพ ในกรณีนี้สามารถเกิดได้ทั้งในส่วนของการตั้งค่าความคมชัดของอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสม หรือเนื่องจากปัจจัยทางสภาพอากาศเช่น มีไอน้ำปรากฏขึ้นที่บริเวณกระจกหน้ากล้องที่เกิดจากความชื้น หรือฝน
    - กล้องไม่ทำงาน เนื่องจากมีการขัดข้องเกิดขึ้นในส่วนใดส่วนหนึ่ง

2. ปัญหาในส่วนของตู้อุปกรณ์ประมวลผล

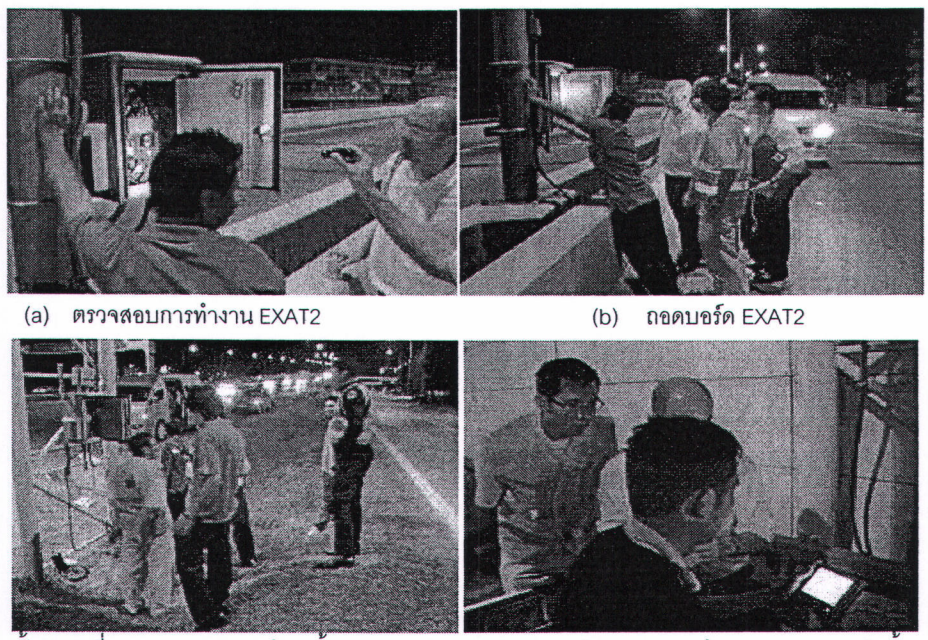
    - อุปกรณ์ชำรุด อาจเกิดจากปัญหาในส่วนของตัวอุปกรณ์เอง หรือจากปัจจัยภายนอก เช่น จากความร้อนสะสมภายในตู้ในช่วงเวลากลางวัน หรือจากการที่มีน้ำฝนเข้าไปท่วมขังอยู่ภายในตู้ ทำให้อุปกรณ์เสียหาย
    - อุปกรณ์หยุดทำงานเนื่องจากไฟดับ ซึ่งมีทั้งกรณีที่หยุดทำงาน หรือหยุดทำงานเฉพาะในช่วงเวลาที่ไฟดับซึ่งจะทำให้ข้อมูลในช่วงเวลาดังกล่าวขาดหายไป
    - อุปกรณ์เสียหายจากอุบัติเหตุสุดวิสัย เช่น กรณีรถบรรทุกชนตู้บริเวณตำแหน่งสถานีที่ 11

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

3. ปัญหาในส่วนของการตั้งค่าตรวจนับระบบประมวลผลภาพ

- ค่าที่ได้ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง จึงต้องทำการตั้งค่าใหม่
- เมื่ออุปกรณ์ชำรุด หรือเปลี่ยนแปลงมุมภาพ จะต้องทำการตั้งค่าใหม่ทุกครั้ง

เนื่องจากถนนบนทางพิเศษยานพาหนะวิ่งด้วยความเร็วสูง และโดยปกติไม่อนุญาตให้จอดยานพาหนะบนเส้นทางได้ ดังนั้นในการขึ้นไปแก้ไขและปรับปรุงอุปกรณ์แต่ละครั้งจึงเป็นเรื่องที่ทำได้ยากและใช้ระยะเวลานานในการติดต่อประสานงาน เนื่องจากทุกครั้งจะต้องประสานงานกับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เตรียมความพร้อมของอุปกรณ์และทีมงาน รวมไปถึงการติดต่อประสานงานกับเจ้าหน้าที่ตำรวจบนทางพิเศษเพื่อขออนุญาตขึ้นไปทำงานบนพื้นที่ดังกล่าว โดยต้องขึ้นไปแก้ไขในช่วงเวลากลางคืนที่มีปริมาณการจราจรเบาบางจึงจะสะดวกและปลอดภัยในการทำงานมากกว่าช่วงเวลาที่มีการจราจรหนาแน่น และไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้เส้นทางบนทางพิเศษมากนักโดยได้แสดงตัวอย่างภาพการขึ้นไปแก้ไขอุปกรณ์ไว้ดังรูปที่ 3.12 โดยจะเป็นการตรวจสอบสาเหตุของการขัดข้องของอุปกรณ์ การปรับมุมภาพ 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) ตรวจเช็คสัญญาณกล้อง EXAT11 และติดตั้ง DVR

รูปที่ 3.12 การแก้ไขปรับปรุงอุปกรณ์ในภาคสนามเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2553

เมื่อแก้ไขและปรับแก้ตามตัวอย่างสถานะดังตารางที่ 3.1 แล้วจะตรวจสอบข้อมูลและสถานะการทำงานของแต่ละสถานี จนกระทั่งมีความเหมาะสมในเรื่องของคุณภาพของภาพจากกล้อง ตำแหน่งของสถานี ระยะห่างระหว่างสถานี และจำนวนของสถานีที่มากพอ จึงจะวางแผนขึ้นไปติดตั้งอุปกรณ์บันทึกภาพ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบ

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างสถานะและแผนการแก้ไขอุปกรณ์ประมวลผลภาพ

กล้องตัวที่	สถานะและแผนการแก้ไข	เครื่องมือและเวลาที่คาดว่าจะใช้ในการแก้ไข
1	• ติดตั้งแล้ว ทำงานอยู่	
2	• ติดตั้งแล้ว • ต้องเข้าไปแก้ไขเนื่องจากเวลากลางวันมีเงาที่กล้อง ซึ่งต้องปิดถนน เพราะตำแหน่งของกล้องอยู่เสาไฟฟ้าส่องสว่างกลางถนน	• ต้องใช้รถกระเช้า โดยคาดว่าจะใช้เวลาแก้ไขประมาณ 30 นาที
3	• ติดตั้งแล้ว • รอเข้าไปปรับมุมกล้อง • ติดตั้ง DVR หลังจากปรับมุมกล้องเสร็จ	• ต้องใช้รถกระเช้า โดยคาดว่าจะใช้เวลาแก้ไขประมาณ 40 นาที
4	• ติดตั้งแล้ว ทำงานอยู่ • ต้องติดตั้ง DVR เพื่อใช้ประเมินกล้อง	• ใช้รถของทีมกู้ภัย ประมาณ 20 นาที
5	• ติดตั้งแล้ว • รอเข้าไปปรับแก้การตั้งค่าอุปกรณ์ที่ตัวกล้อง	• ใช้รถของทีมกู้ภัย ประมาณ 30 นาที
6	• ติดตั้งแล้ว • รอเข้าไปปรับตำแหน่งกล้องมาทางซ้ายเพื่อดูรถวิ่งออกสีลมอย่างเดียว • ติดตั้ง DVR หลังจากปรับกล้องเสร็จ	• ใช้รถของทีมกู้ภัย ประมาณ 40 นาที
7	• ยังไม่ได้ติดตั้ง • รอติดตั้งบอร์ดประมวลผลที่ตัวกล้องใหม่	• ต้องใช้รถกระเช้า โดยคาดว่าจะใช้เวลาติดตั้งประมาณ 1 ชั่วโมง
8	• ติดตั้งแล้ว • แต่รอปรับเลื่อนตำแหน่งกล้องโดยถอยหลังไปประมาณ 3 เสาไฟ	• ต้องใช้รถกระเช้า โดยคาดว่าจะใช้เวลาแก้ไขประมาณ 3 ชั่วโมง
9	• ติดตั้งแล้ว • รอเข้าไปปรับ การตั้งค่าอุปกรณ์ที่ตัวกล้อง • ติดตั้ง DVR หลังจากปรับการตั้งค่าอุปกรณ์เสร็จ	• ต้องใช้รถกระเช้า โดยคาดว่าจะใช้เวลาแก้ไขประมาณ 40 นาที
10	• ติดตั้งแล้ว ทำงานอยู่ • กล้องมีปัญหาตอนกลางวัน โฟกัสไม่ชัดเจน ต้องขึ้นไปตรวจสอบการตั้งค่าอุปกรณ์	• ต้องใช้รถกระเช้า โดยคาดว่าจะใช้เวลาแก้ไขประมาณ 30 นาที
11	• ติดตั้งแล้ว ทำงานอยู่ • กล้องมีปัญหาตอนกลางวัน โฟกัสไม่ชัดเจน ต้องขึ้นไปตรวจสอบการตั้งค่าอุปกรณ์ที่ตัวกล้อง	• ต้องใช้ทีมกู้ภัย โดยคาดว่าจะใช้เวลาแก้ไขประมาณ 30 นาที

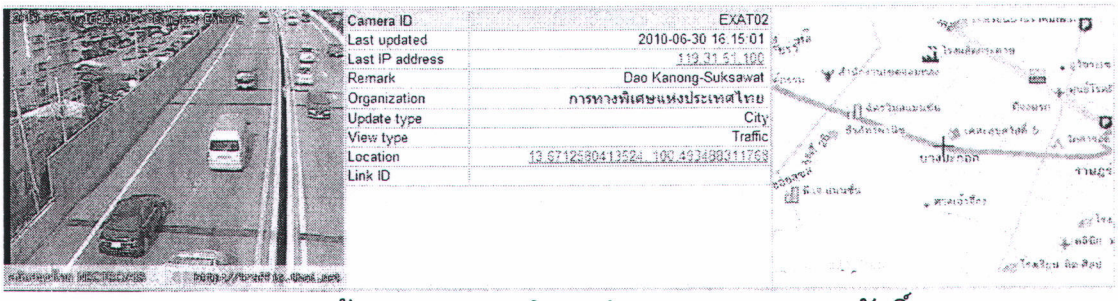
จากนั้นนำข้อมูลและภาพที่ทำการบันทึกในช่วงเวลาที่ติดตั้งประมาณ 1 สัปดาห์ ดังกล่าวมาพิจารณาความสมบูรณ์ของภาพและข้อมูล แต่เมื่อทำการตรวจสอบแล้วเกิดปัญหา อาทิเช่น ภาพที่บันทึกได้ขาดหาย ไม่ครบถ้วน หรือคุณภาพของภาพไม่ดีพอ หรือกรณีที่ภาพสมบูรณ์แต่ข้อมูลจากระบบประมวลผลไม่สมบูรณ์หรือสมบูรณ์ในช่วงเวลาที่ไม่ตรงกัน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

ตารางที่ 3.2 สถานะการทำงานของอุปกรณ์ประมวลผลภาพเมื่อวันที่ 3 มิถุนายน 2553

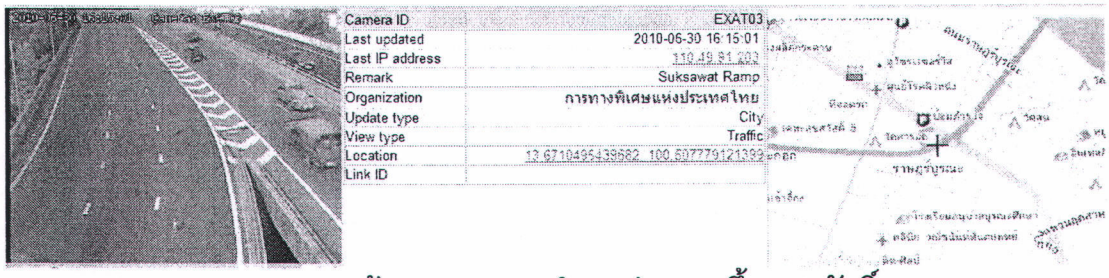
Camera	Location	Camera Status	DVR
EXAT01	เสาไฟส่องสว่างเกาะกลาง พิกัด GPS: 13.6748024686436,100.48318862915	N/A ติดแมนบอร์ดแล้วแต่ใช้ไม่ได้เลยถอดกลับมา	No DVR
EXAT02	เสาไฟส่องสว่างเกาะกลาง พิกัด GPS: 13.6712580413524,100.493488311768	On-line	ติด DVR ไว้
EXAT03	เสาไฟส่องสว่างเกาะกลาง พิกัด GPS: 13.6710495439682,100.507779121399	On-line ปรับมุมมองภาพใหม่แล้วดังรูป เพิ่มนับปริมาณและความเร็วบนทางหลักอีก 2 ช่องจราจรและกล้องใช้งานได้	No DVR
EXAT04	ใต้ป้าย overhang พิกัด GPS: 13.6742186842886,100.511384010315	N/A ติดแมนบอร์ดใหม่ไว้ แต่ไม่ออนไลน์กลับมา	ติด DVR ไว้
EXAT05	ใต้ป้าย overhead พิกัด GPS: 13.6863527614293,100.521297454834	On-line	No DVR
EXAT06	ใต้ป้าย overhead พิกัด GPS: 13.6913563223823,100.52490234375	On-line ปรับมุมมองภาพใหม่แล้วดังรูป เพิ่มนับปริมาณและความเร็วบนทางหลักอีก 3 ช่องจราจรและกล้องใช้งานได้	ติด DVR ไว้
EXAT07	ใต้ป้าย overhead พิกัด GPS: 13.6931909347297,100.527992248535	On-line ปรับมุมมองภาพใหม่แล้วดังรูป เพิ่มนับปริมาณและความเร็วบนทางหลักอีก 3 ช่องจราจรและกล้องใช้งานได้	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 ปรับมุมมองภาพใหม่แล้วดังรูป เพิ่มนับปริมาณและความเร็วบนทางหลักอีก 3 ช่องจราจรและกล้องใช้งานได้	ติด DVR ไว้
EXAT10	เสาไฟส่องสว่างด้านซ้าย พิกัด GPS: 13.7111193471607,100.551681518555	On-line ปรับมุมมองภาพใหม่แล้วดังรูป เพิ่มนับปริมาณและความเร็วบนทางหลักอีก 3 ช่องจราจรและกล้องใช้งานได้	ติด DVR ไว้
EXAT11	ใต้ป้าย overhead พิกัด GPS: 13.7143713311893,100.555200576782	N/A ติดตู้ไบเล็กแต่ยังไม่ได้ติดแมนบอร์ด แต่ต่อสัญญาณภาพตรงเข้า DVR	ติด DVR ไว้

เมื่อพิจารณาจากสถานะการทำงานและตรวจเช็คข้อมูลที่มีอยู่จากตารางที่ 3.2 ที่ติดตั้งตั้งแต่วันพฤหัส ที่ 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 ในการนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

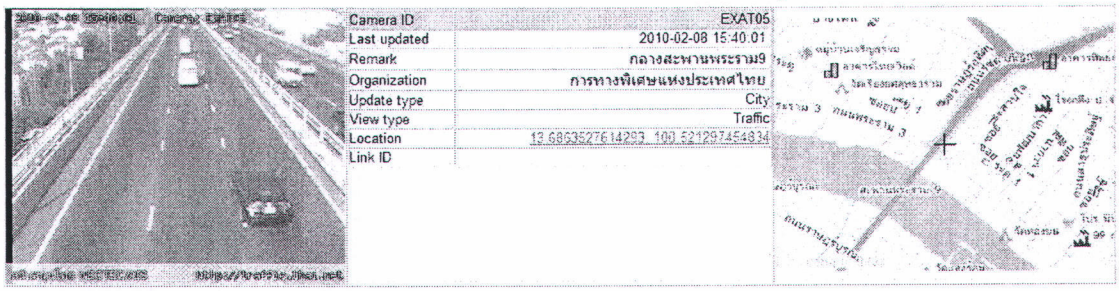
ในช่วงเวลาดังกล่าวนั้นได้รวบรวมข้อมูลจากกล้องวีดิทัศน์ทั้งสิ้น 7 ตัวจากกล้องทั้งหมด 11 ตัว โดยเลือกใช้กล้องตัวที่ 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10 ที่ทำการติดตั้งในภาคสนามซึ่งเป็นระยะทางรวมทั้งสิ้น 8,137 เมตร หรือประมาณ 8 กิโลเมตร โดยมีมุมภาพรายละเอียดและตำแหน่งของแต่ละสถานีดังรูปที่ 3.13



(a) กล้อง EXAT 2 ตำแหน่ง ดาวคะนอง-สุขสวัสดิ์

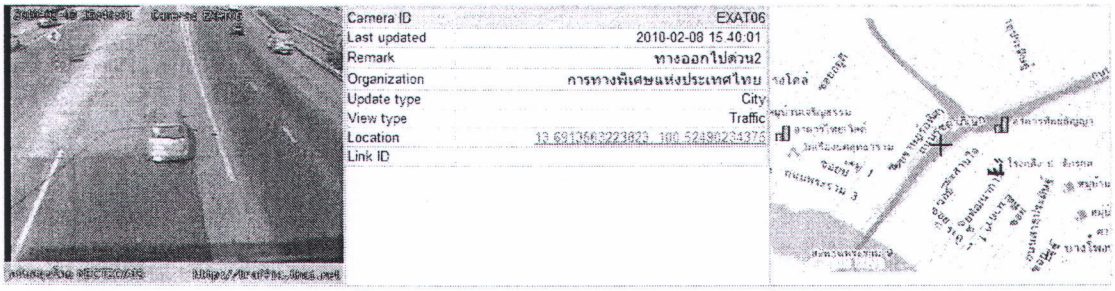


(b) กล้อง EXAT 3 ตำแหน่ง ทางขึ้นสุขสวัสดิ์

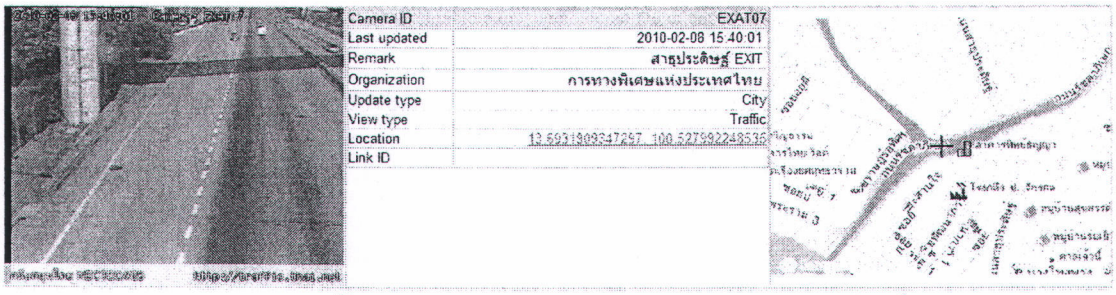


(c) กล้อง EXAT 5 ตำแหน่ง กลางสะพานพระราม 9

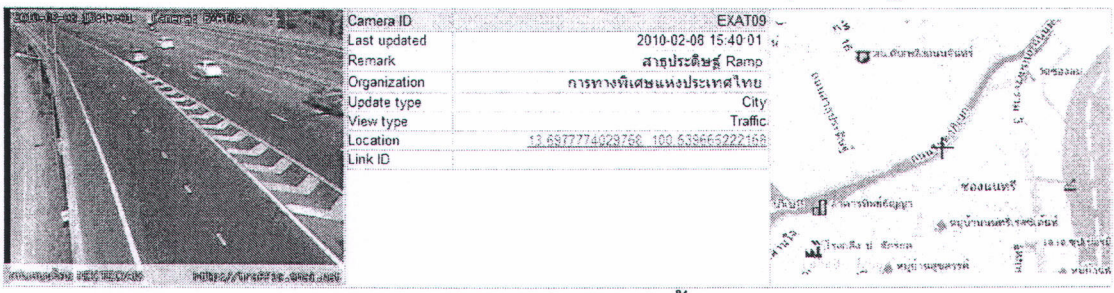
รูปที่ 3.13 รายละเอียดของกล้องประมวลผลภาพที่นำมาศึกษา



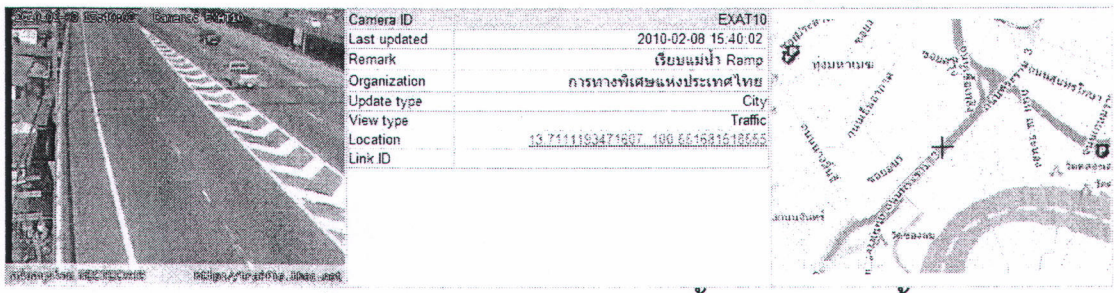
(d) กล้อง EXAT 6 ตำแหน่ง ทางออกไปด่วน 2



(e) กล้อง EXAT 7 ตำแหน่ง ทางออกสาธุประดิษฐ์



(f) กล้อง EXAT 9 ตำแหน่ง ทางขึ้นด่านสาธุประดิษฐ์



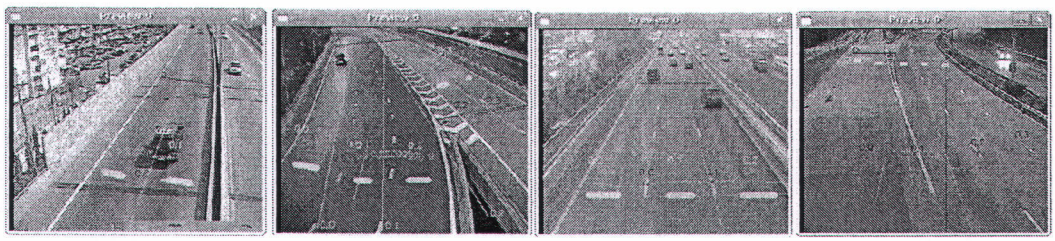
(g) กล้อง EXAT 10 ตำแหน่ง ทางขึ้นด่านเรียบแม่น้ำ

รูปที่ 3.13 รายละเอียดของกล้องประมวลผลภาพที่นำมาศึกษา (ต่อ)

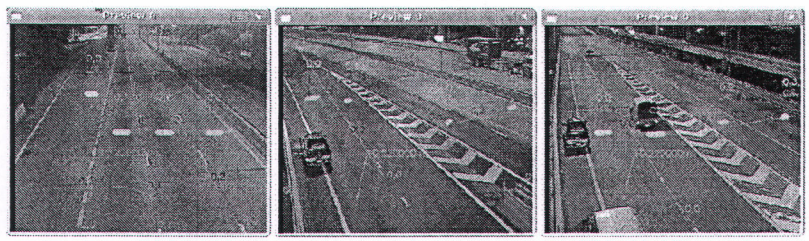
3.4 การถอดข้อมูลการจราจร

ค่าการจราจรที่อุปกรณ์ตรวจนับรวบรวมได้ คือ ช่วงระยะห่างเวลาระหว่างยานพาหนะ และค่าความเร็ว จากการศึกษาของ Luou Shen (2008) พบว่าความแม่นยำของข้อมูลเวลาการเดินทางที่ได้จากการประมาณในช่วงความถี่ 1 – 5 นาทีมีความแตกต่างกันไม่มากนัก โดย Jianhua Guo และคณะ (2008) เสนอให้เก็บข้อมูลเพื่อใช้ประมาณเวลาการเดินทางในช่วงความถี่ 5 – 10 นาที โดยจะได้ลักษณะข้อมูลที่คงที่ มีความแปรปรวนต่ำ และแนะนำว่าไม่ควรใช้ช่วงเวลาที่ต่ำกว่า 5 นาทีในการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมถึงเมื่อได้พิจารณาจากข้อมูลที่รวบรวมได้พบว่าควรเลือกใช้ช่วงความถี่ของข้อมูล 5 นาที เพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูลที่เพียงพอต่อกระบวนการประมาณเวลาการเดินทางที่จะใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ดังนั้นข้อมูลที่รวบรวมได้จะถูกแยกไฟล์ทุกๆ 5 นาที โดยโปรแกรมจะบันทึกเวลาของรถยนต์แต่ละคันที่แล่นผ่านตัวตรวจจับจำลอง และสุ่มวัดค่าความเร็วของรถยนต์ที่แล่นผ่านพื้นที่ตรวจนับ โดยข้อมูลจะแยกตามช่องจราจรโดยมีลักษณะการตั้งค่าตรวจนับในแต่ละสถานีดังรูปที่ 3.14 จากรูปการตั้งค่าเพื่อเก็บข้อมูลในแต่ละสถานีนั้น มีรายละเอียดอธิบายแต่ละตัวตรวจนับดังนี้

- เส้นหนาสีเหลืองคือตำแหน่งของตัวตรวจเก็บค่า ช่วงห่างเวลาระหว่างยานพาหนะ
- เส้นสีเขียวคือเส้นเริ่มต้นการเก็บข้อมูลรถยนต์ที่แล่นเข้ามาในพื้นที่สถานีสำรวจ
- เส้นสีแดงคือเส้นสิ้นสุดการเก็บข้อมูลรถยนต์ที่บันทึกเวลาเพื่อหาความเร็ว



(a) EXAT 02 (b) EXAT 03 (c) EXAT 05 (d) EXAT 06



(e) EXAT 07 (f) EXAT 09 (g) EXAT 10

รูปที่ 3.14 มุมกล้องและตำแหน่งของบริเวณตรวจจับ (sensor)

ลักษณะข้อมูลของยานพาหนะแต่ละคันที่ได้จากระบบประมวลผลภาพ มีรูปแบบและรายละเอียดความหมายของแต่ละตัวแปรดังรูปที่ 3.15

speed,2,2009080617310067,53.83
ความเร็ว, [ID ช่องจราจร], [yyyymmddhhmm][4 ตัวเลขสุดท้าย วินาทีทศนิยม 2 ตำแหน่ง],
[ความเร็ว - กิโลเมตรต่อชั่วโมง]

headway,0,2009080617310263,0
ช่วงห่างระหว่างยานพาหนะ,[ID ช่องจราจร], [yyyymmddhhmmssss],
[ประเภทยานพาหนะ – ยังใช้งานไม่ได้]

รูปที่ 3.15 ตัวอย่างข้อมูลและความหมายตัวแปรต่าง ๆจากระบบประมวลผลภาพ

จากนั้นทำการแปลงข้อมูลเพื่อนำมาใช้ โดยหาข้อมูลเฉลี่ยทุกช่วงเวลา 5 นาที

ปริมาณการจราจรเฉลี่ยที่จุดอ้างอิง ข้อมูลที่ได้จากระบบประมวลผลภาพสามารถนำมาหาค่า ปริมาณการจราจรเฉลี่ยที่จุดอ้างอิงทุก 5 นาที ได้จากสมการ (3.1)

$$q = \frac{1}{\text{Average headway}} \tag{3.1}$$

โดยที่ q = ปริมาณการจราจรหน่วย คันต่อชั่วโมง

Average headway = ช่วงห่างระหว่างยานพาหนะเฉลี่ยหน่วย วินาที

ความเร็วเฉลี่ยที่จุดอ้างอิง จากข้อมูลที่ได้จากระบบประมวลผลภาพนำมาหาค่าเฉลี่ยข้อมูลความเร็วทุก 5 นาที โดยสามารถหาได้จาก 2 วิธี

1. Arithmetic mean (AM) หรือค่าเฉลี่ยเลขคณิต

ค่าเฉลี่ยที่ได้จากผลรวมของค่าความเร็ว (ของยานพาหนะแต่ละคัน) หารด้วยจำนวนข้อมูล

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

ซึ่งใช้ในการคำนวณหาค่า Time mean speed (TMS) คือ ค่าเฉลี่ยความเร็วของยวดยานทั้งหมดที่วิ่งผ่านตำแหน่งใดๆ บนทางหรือช่องจราจรในช่วงเวลาที่กำหนด

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

โดยที่ n = จำนวนข้อมูลเวลาการเดินทาง

s = ระยะทางที่เคลื่อนที่

t = เวลาที่ใช้ในการเดินทางของยานพาหนะคันที่ i

v = ความเร็วของยานพาหนะคันที่ i

2. Harmonic mean (HM) หรือค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิก

ค่าเฉลี่ยนี้ได้มาจากส่วนกลับของค่าเฉลี่ยของผลบวกของส่วนกลับของค่าความเร็วแต่ละคัน เหมาะสมในการใช้อธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีลักษณะเป็นอัตราส่วน เช่น ข้อมูลระยะทางต่อเวลา

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

ซึ่งใช้ในการคำนวณหาค่า Space mean speed (SMS) คือ ค่าเฉลี่ยความเร็วของยวดยานทั้งหมดที่ครอบครองช่วงทางที่พิจารณา

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

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)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณนั้นจะจัดแบ่งตามช่วงเวลาและแยกตามสถานีเก็บข้อมูลโดยมีลักษณะดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างข้อมูลจัดเรียงในการนำมาใช้งาน

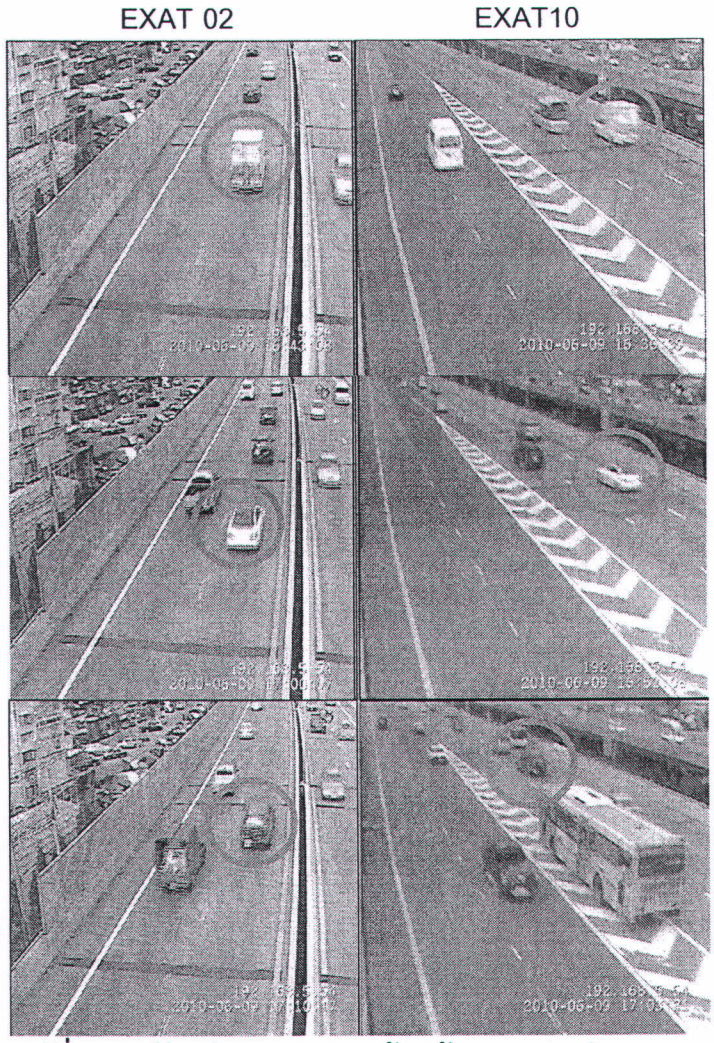
Time	Exat2		Exat3		Exat5		Exat6		Exat7		Exat9		Exat10	
	Flow1	Speed1	Flow2	Speed2	Flow3	Speed3	Flow4	Speed4	Flow5	Speed5	Flow6	Speed6	Flow7	Speed7
12:00:00	2589	102	2891	93	3719	152	3132	138	1597	130	2081	87	2227	55
12:05:00	2921	106	3023	91	3686	154	3233	138	1699	123	2023	82	2023	66
12:10:00	2817	100	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 การหาเวลาการเดินทางจริงด้วยวิธีการพิจาณาจากภาพวีดิทัศน์

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

ในส่วนของข้อมูลนั้นถึงแม้จะทำการคัดเลือกข้อมูลในช่วงเวลาที่คาดว่าข้อมูลจะมีความสมบูรณ์แล้วก็ตาม แต่เมื่อทำการตรวจสอบข้อมูลก็ยังพบว่าบางช่วงเวลามีข้อมูลที่ขาดหายไปอยู่โดยข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณของข้อมูลที่ขาดหายในแต่สถานี 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

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

1. การเติมข้อมูลที่ขาดหายโดยการเฉลี่ยจากข้อมูลแนวราบ

การเฉลี่ยในแนวราบเป็นการเฉลี่ยข้อมูลจากสถานีข้างเคียง ที่อยู่ตำแหน่งก่อนและหลังสถานีที่ข้อมูลขาดหายดังตัวอย่างในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 รูปแบบการเติมข้อมูลที่ขาดหายโดยการเฉลี่ยจากข้อมูลแนวราบ

	Exat	Exat	Exat
	2	3	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. การเติมข้อมูลที่ขาดหายโดยการเฉลี่ยจากข้อมูลแนวดิ่ง

การเฉลี่ยในแนวดิ่งเป็นการเฉลี่ยข้อมูลจากช่วงเวลาก่อนและหลังของช่วงเวลาที่ข้อมูลขาดหาย ดังตัวอย่างในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 รูปแบบการเติมข้อมูลที่ขาดหายโดยการเฉลี่ยจากข้อมูลแนวดิ่ง

	Exat	Exat	Exat
	2	3	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	Exat	Exat
	2	3	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 ยิ่งมากช่วงระยะห่างเวลาของข้อมูลที่นำมาใช้ก็จะสูงขึ้น 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	H ave	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	H ave	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

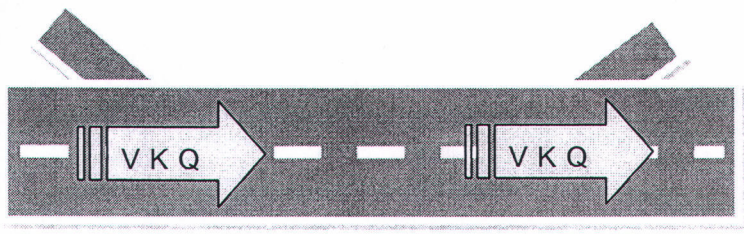
หลังจากได้ข้อมูลที่สมบูรณ์จะทำการศึกษา แสดงผล และวิเคราะห์ถึงลักษณะของข้อมูลที่รวบรวมได้ โดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีอยู่ 3 ชนิด คือ

- ข้อมูลความเร็ว
- ข้อมูลปริมาณการจราจร
- ข้อมูลเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง

โดยรายละเอียดของเนื้อหาดังกล่าวจะแสดงอยู่ใน บทที่ 4 ในเรื่องข้อมูลการศึกษา ซึ่งเป็นบทต่อไป

3.7 การหาค่าเวลาการเดินทาง

การหาค่าเวลาการเดินทางด้วยวิธีการต่างๆ จากข้อมูลความเร็วและปริมาณการจราจรที่ถอดได้จากข้อมูลกล้องวีดิทัศน์ที่เก็บในแต่ละจุด เพื่อหาค่าที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงที่ติดตั้งอุปกรณ์ โดยการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาบนทางพิเศษ จึงให้ความสำคัญข้อมูลค่าการจราจรของถนนบนทางหลัก ดังรูปที่ 3.17 ในการนำมาใช้คำนวณและวิเคราะห์บนช่วงทางต่างๆ



รูปที่ 3.17 ตัวแปรข้อมูลบนทางหลัก

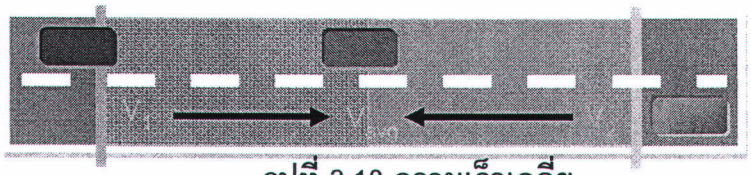
ตามหลักทฤษฎีการเคลื่อนตัวของการจราจรนั้น ความเร็วที่ใช้ในการพิจารณาของยานพาหนะแต่ละคันควรใช้เป็น Space Mean Speed (SMS) ของทั้งเส้นทาง แต่ทว่าการที่จะเก็บข้อมูลดังกล่าวของยานพาหนะทุกคันในความเป็นจริงนั้นเป็นไปได้ยาก ดังนั้นโดยส่วนใหญ่จึงนิยมนำค่าเฉลี่ยของ Time Mean Speed (TMS) ที่รวบรวมได้ของแต่ละสถานีสำรวจมาพิจารณาแทน 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

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

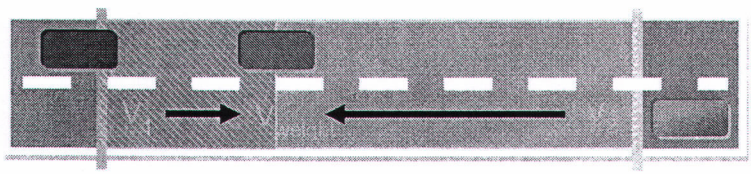
โดย T_n คือเวลาการเดินทางของรถบนช่วงทางในช่วงเวลาใดๆ (n) (ชม.)

V_{up} คือความเร็วเฉลี่ยของรถที่จุดรถเข้าในช่วงเวลาใดๆ (n) (กม./ชม.)

V_{down} คือความเร็วเฉลี่ยของรถที่จุดรถออกในช่วงเวลาใดๆ (n) (กม./ชม.)

S คือระยะทางบนช่วงทางที่พิจารณา (กม.)

วิธีที่ 2 หาเวลาการเดินทางจากค่าความเร็วโดยการถ่วงน้ำหนักจากปริมาณการจราจรที่ปลายทั้งสองของช่วงทาง



รูปที่ 3.19 ความเร็วโดยถ่วงน้ำหนักจากปริมาณการจราจร

โดยเฉลี่ยความเร็วจากสองจุดจากค่าปริมาณการจราจรแล้วคิดหา T ดังสมการ

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

โดย T_n คือเวลาการเดินทางของรถบนช่วงทางในช่วงเวลาใดๆ (n) (ชม.)

V_{up} คือความเร็วเฉลี่ยของรถที่จุดรถเข้าในช่วงเวลาใดๆ (n) (กม./ชม.)

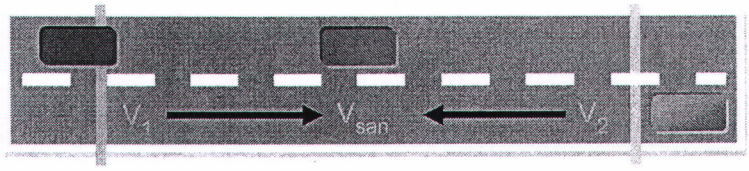
V_{down} คือความเร็วเฉลี่ยของรถที่จุดรถออกในช่วงเวลาใดๆ (n) (กม./ชม.)

Q_{up} คือปริมาณการจราจรที่จุดรถเข้าในช่วงเวลาใดๆ (n) (คัน/ชม.)

Q_{down} คือปริมาณการจราจรที่จุดรถออกในช่วงเวลาใดๆ (n) (คัน/ชม.)

S คือระยะทางบนช่วงทางที่พิจารณา (กม.)

วิธีที่ 3 หาเวลาการเดินทางจากวิธีซานอันโตนิโอ



รูปที่ 3.20 ความเร็วโดยวิธีซานอันโตนิโอ

โดยพิจารณาค่าความเร็วเฉลี่ยจุดปลายของช่วงทาง เลือกใช้ค่าความเร็วที่น้อยกว่าเป็นตัวแทนค่าความเร็วในช่วงทางที่พิจารณาเพื่อหาค่าเวลาในการเดินทางจากสมการ

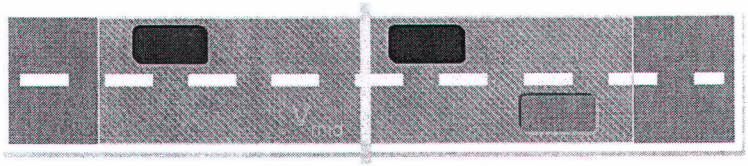
$$T_n = \frac{S}{V_{san}} \tag{3.8}$$

โดย T_n คือเวลาการเดินทางของรถบนช่วงทางที่พิจารณาในช่วงเวลาใดๆ (n)

S คือระยะทางบนช่วงทางที่พิจารณา (กม.)

V_{san} คือความเร็วด้านที่มีค่าน้อยกว่า (กม./ชม.)

วิธีที่ 4 หาเวลาการเดินทางจากวิธีความเร็วที่จุดกึ่งกลางถนน



รูปที่ 3.21 ความเร็วโดยวิธีความเร็วที่จุดกึ่งกลาง

หาเวลาการเดินทางที่จุดกึ่งกลางช่วงทางโดยพิจารณาใช้ค่าระยะทางในช่วงทางที่พิจาณาหารด้วยความเร็วเฉลี่ยที่ได้จากกึ่งกลางของช่วงทางดังกล่าวดังสมการ

$$T_n = \frac{S}{V_{mid}} \tag{3.9}$$

โดย T_n คือเวลาการเดินทางของรถบนช่วงทางที่พิจารณาในช่วงเวลาใดๆ (n)

S คือระยะทางบนช่วงทางที่พิจารณา (กม.)

V_{mid} คือความเร็วที่กึ่งกลางช่วงทาง (กม./ชม.)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

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 เพื่อเป็นตัวแทนของค่าเวลาการเดินที่เกิดขึ้นของทั้งเส้นทางในช่วงเวลาดังกล่าว 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 ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงจะทำการพิจารณาถึงศักยภาพของแต่ละวิธีการ โดยทำการเปรียบเทียบกับค่าเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นจริงที่ทำการสำรวจ เพื่อจะได้ทราบว่าในการหาเวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นในภาคสนามจริงที่ต้องการข้อมูลแบบทันกาลนั้นควรจะเลือกใช้วิธีการใดและมีความแตกต่างกัน อย่างไรในแต่ละวิธี โดยมีแนวทางที่จะวิเคราะห์ซึ่งจะแสดงรายละเอียดต่อไปในบทที่ 5 ดังนี้

1. สร้างแผนภูมิเพื่อพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะของค่าเวลาการเดินทางที่ได้ในแต่ละวิธีการและเปรียบเทียบกับค่าจริง

2. วิเคราะห์สาเหตุที่มาของจุดเด่นและจุดด้อยในแต่ละวิธีที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจพบได้จาก
   a. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวแปรการจราจรต่างๆ
   b. ลักษณะของช่วงทาง
   c. ลักษณะของช่วงเวลา
   d. พฤติกรรมของการจราจร เช่น การจราจรแบบปกติ หรือแบบหนาแน่น

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

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

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

การเปรียบเทียบเวลาการเดินทางบนช่วงทางในแต่ละวิธี

โดยเปรียบเทียบค่าเวลาการเดินทางบนช่วงทางจากแต่ละวิธีดังนี้คือ

A. ค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วเฉลี่ย

B. ค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วจากการถ่วงน้ำหนักค่าปริมาณจราจรจากปลายทั้งสองของช่วงทาง

C. ค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วซานอันโตนิโอ

การเปรียบเทียบเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางแต่ละวิธี

โดยเปรียบเทียบเวลาการเดินทางทั้งเส้นทางจากแต่ละวิธีดังนี้คือ

A. เวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นโดยตรง ณ ช่วงเวลาเดียวกัน

- ค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วเฉลี่ย
- ค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วจากการถ่วงน้ำหนักค่าปริมาณจราจรจากปลายทั้งสองของช่วงทาง
- จากค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วซานอันโตนิโอ
- จากค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วที่จุดกึ่งกลางถนน

B. เวลาการเดินทางที่เกิดขึ้นแบบขั้นบันได

- ค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วเฉลี่ย
- ค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วจากการถ่วงน้ำหนักค่าปริมาณจราจรจากปลายทั้งสองของช่วงทาง
- ค่าเวลาการเดินทางจากความเร็วซานอันโตนิโอ
- 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

เมื่อทำการคำนวณวิเคราะห์เปรียบเทียบและได้ผลในส่วนของข้อมูลในสถานการณ์แบบ Offline ที่มีข้อมูลครบถ้วนแล้ว จึงนำกระบวนการดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์แบบ Online ที่ข้อมูลในการคำนวณที่มี จะมีเฉพาะข้อมูลในช่วงเวลาก่อนหน้าเปรียบเสมือนสภาพในสถานการณ์จริงที่เราต้องนำข้อมูลที่มีอยู่มาใช้ในการหาค่าเวลาการเดินทางในเวลาปัจจุบันเพื่อแจ้งให้กับผู้รับข้อมูลได้รับทราบ ดังนั้นจึงต้องจึงต้องมีการคาดการณ์ข้อมูลขึ้นมา โดยการศึกษานี้จะใช้การคาดการณ์ด้วยวิธี Moving Average ใน 3 ช่วงเวลาก่อนหน้ามาใช้ในการคาดการณ์ โดยตั้งสมมติฐานว่าการคาดการณ์นั้นไม่ใช่ค่าจริง ดังนั้นยิ่งใช้ข้อมูลที่เกิดจากการคาดการณ์มากเท่าใดก็ควรจะเกิดค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นจึงได้ทดลองทำการทดสอบวิธีการแบบ Online ในสองรูปแบบดังนี้ คือ

- เวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง จากข้อมูลการคาดการณ์ทั้งหมด
- เวลาการเดินทางทั้งเส้นทาง โดยเริ่มจากข้อมูลที่มีในช่วงเวลาก่อนหน้า

ซึ่งจะนำผลจากวิธีการดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับการหาค่าเวลาการเดินทางแบบ Offline ที่คำนวณจากข้อมูลที่มีในช่วงเวลาก่อนหน้าทั้งหมด ว่าแต่ละวิธีมีระดับความแม่นยำแตกต่างกันอย่างไรตรงตามที่ตั้งข้อสังเกตไว้หรือไม่ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดดังกล่าวในเนื้อหาบทที่ 6

3.12 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในส่วนสุดท้ายเป็นการสรุปผลการวิจัยที่ได้รับทั้งหมดและแสดงข้อเสนอแนะ ซึ่งจะแสดงอยู่ในเนื้อหาบทที่ 7 ซึ่งเป็นบทสุดท้ายของการศึกษาครั้งนี้