# การนำข้อมูล GPS จากรถขนส่งเชิงพาณิชย์มาใช้ในการวัดประสิทธิภาพทางพิเศษ

# Measuring Expressway Performance Using Commercial Vehicle GPS Data

**หมายเลขบทความ: YRF13-043**

เชาวฤทธิ์ บุญช่วย[1] , สโรช บุญศิริพันธ์[2]

Chaovarid Boonchui , Saroch Boonsiripant

[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทรศัพท์. 089-6597875 , 081-8859300

E-mail: [1]pure_rikku@hotmail.com, [2]saroch.b@ku.ac.th,

## บทคัดย่อ

ข้อมูลในงานเชิงวิศวกรรมจราจร เช่น ปริมาณรถ ความเร็ว สามารถนำมาคำนวณตัวแปรทางสภาพจราจรต่างๆได้ เช่น การวิเคราะห์จุดติดขัดหรือระยะเวลาการเดินทาง เพื่อใช้ในการตัดสินใจเดินทาง และจัดการจราจร โดยข้อมูลเหล่านี้จะมีประโยชน์กับหน่วยงานที่ดูแลหรือควบคุมส ภาพจราจร เพื่อใช้ในการจัดการหรือควบคุมระดับการให้บริการอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะได้จากการติดตั้ง Sensor บนถนน แต่ต้องใช้งบประมาณในการติดตั้ง และค่าบำรุงรักษาที่ค่อนข้างสูง ในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านการสื่อสารมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว จึงทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีราคาถูก ซึ่ง Global Positioning System (GPS) ถือเป็นอุปกรณ์ประเภทหนึ่ง ที่บอกตำแหน่งของยานพาหนะ ความเร็ว และเวลา (GPS Probe Data) ที่มีราคาถูกและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพื่ออำนวยความสะดวกในการเดินทาง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำข้อมูล GPS จากรถแท็กซี่ และรถบรรทุกมาใช้ประโยชน์ในเชิงวิศวกรรมจราจร โดยการพัฒนาวิธีการคำนวณค่าต่างๆจากข้อมูล GPS และวิเคราะห์ข้อมูล GPS ในแง่มุมต่าง ๆ เช่น ปริมาณข้อมูล คุณภาพข้อมูล และการเป็นตัวแทนของประชากร บทความนี้ ได้เลือกทางพิเศษกาญจนาภิเษกในการศึกษา โดยค่าความเร็วและระยะเวลาเดินทางที่คำนวณได้จากข้อมูล GPS ถูกนำไปกับเปรียบเทียบความถูกต้อง กับค่าจริงที่วัดได้จากระบบเก็บค่าผ่านทางแบบปิดของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) จากการศึกษาพบว่า จำนวนรถแท็กซี่ที่วิ่งบนทางพิเศษสายนี้ มีปริมาณที่น้อยเกินไป ค่าความเร็วที่ได้จากข้อมูล GPS ของรถบรรทุกมีค่าต่ำกว่าความเร็วเฉลี่ยจริงบนสายทาง และระยะเวลาเดินทางเฉลี่ยที่คำนวณได้จากข้อมูล GPS ของรถบรรทุกมีค่าสูงกว่าระยะเวลาเดินทางจริง แต่มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกัน

**คำสำคัญ:** การวัดประสิทธิภาพของทางพิเศษ, ระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกด้วยดาวเทียม, ระยะเวลาเดินทาง, ความเร็วเฉลี่ย

## Abstract

Expressway performance measurement system is a useful tool for several stakeholders. Traffic management center of the expressway facilities can use the information such as travel time and average speed to measure the performance of the expressways and determine pertinent and effective measures to counter the traffic bottlenecks and safety concerns. Travellers can use the same information to plan for their travel in advance. In addition, policy makers and transportation planners can use historical and forecast traffic data to develop a long range transportation plan. However, collecting traffic data can be expensive using traditional traffic sensors. With the emerging of GPS technology, vehicle tracking application is one of the most predominant applications used by private sectors to track their freight shipment and manage their fleets. This paper developed filtering and screening process to prepare GPS data for uses in the expressway performance measurement application. In the study, it was found that GPS-equipped taxis are sparse on the Kanchanapisek Expressway. GPS-equipped trucks have a much higher penetration rate between 1 and 5 percent. The study also demonstrated the development of the two parameters, namely, average speed and travel time. It is shown that travel time calculated from GPS data has a similar trend as the actual travel time obtained from the closed-system toll collection equipment.

**Keywords:** Freeway Performance Measurement, Global Positioning System, Travel Time, Speed

## 1.บทนำ

ข้อมูลในเชิงวิศวกรรมการจราจร เช่น ความเร็ว ปริมาณรถ สามารถมาใช้ในการคำนวณค่าต่าง ๆ เช่น สภาพจราจร ระยะเวลาเดินทาง เพื่อใช้ในการจัดการจราจร และตัดสินใจในการเดินทาง โดยข้อมูลเหล่านี้จะช่วยให้หน่วยงานที่ดูแลหรือควบคุมสภาพจราจร สามารถที่จัดการหรือควบคุมระดับการให้บริการจราจรอย่างมีประสิทธิภาพ [1] ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะได้จากการติดตั้ง Sensor บนถนน แต่ต้องใช้งบประมาณในการติดตั้ง และมีค่าบำรุงรักษาที่ค่อนข้างสูง

ในช่วงระยะเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมา ภาคเอกชนในประเทศไทยได้หันมาใช้ระบบติดตามยานพาหนะทั้งในรถแท็กซี่และรถบรรทุก เพื่อตรวจสอบพฤติกรรมในการเดินทาง โดยมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (iTIC) ได้รวบรวมข้อมูล GPS จากรถแท็กซี่และรถรถบรรทุก จำนวน 5,444 คัน แบ่งเป็นรถแท็กซี่ 1,904 คัน และ รถบรรทุก 3,540 คัน ในประเทศไทย โดยข้อดีของ GPS คือสามารถทราบค่าตัวแปรการจราจรตลอดเส้นทาง สามารถบอกค่า วัน เวลา ความเร็ว ตำแหน่ง ทิศทางและข้อมูลของรถ หรือประเภทของรถที่ได้ทำการติดตั้ง

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บได้จากอุปกรณ์ GPS โดยทำการศึกษาบนทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี – สุขสวัสดิ์) เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำข้อมูล GPS มาใช้ประโยชน์ในงานเชิงวิศวกรรมจราจร

## 2.วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

พัฒนาวิธีการคำนวณค่าต่างๆ จากข้อมูล GPS และวิเคราะห์ข้อมูล GPS ในแง่มุมต่างๆ เช่น ปริมาณข้อมูล คุณภาพข้อมูล การเป็นตัวแทนของประชากร

## 3.ทบทวนวรรณกรรม

การทบทวนวรรณกรรมในงานวิจัยนี้ จะอธิบายงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาที่นำข้อมูล GPS มาใช้ในงานวิศวกรรมจราจร เช่น ตรวจสอบสภาพวะการจราจร หรือนำมาใช้ร่วมกับซอฟแวร์ประเภทต่างๆ ที่แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำข้อมูล GPS มาใช้ในงานวิศวกรรมจราจร รวมถึงการอธิบายระบบเก็บค่าผ่านทางแบบใช้บัตรและระบบเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ และในส่วนสุดท้ายจะอธิบายค่า Penetration Rate ที่ใช้ในงานวิจัย

### 3.1 การใช้ข้อมูล GPS ในการวัดประสิทธิภาพของถนน

ธีระศร [2] ได้ทำการศึกษาโดยนำเอาพิกัดตำแหน่งของรถแท็กซี่ที่วิ่งบนโครงข่ายถนนสายหลักในเขตกรุงเทพมหานคร มาเป็นตัวแทนของกระแสการจราจรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำในการประมาณเวลาในการเดินทางของกระแสจราจรบนโครงข่ายที่ทำการศึกษา โดยนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างแบบจำลองสภาพการจราจร Micro Simulation ที่จะนำมาศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเดินทางเฉลี่ยของกระแสจราจรกับความเร็วเฉลี่ยของรถแท็กซี่ ณ จุดต่างๆบนช่วงถนน แล้วจึงตรวจสอบความถูกต้องของเวลาการเดินทางที่ประมาณได้จากรถทดสอบ พบว่าค่าคลาดเคลื่อนที่ได้จะมีค่าไม่เกินร้อยละ 10

Quiroga and Bullock [3] ได้อธิบายขั้นตอนการศึกษาระยะเวลาการเดินทางโดยนำเทคโนโลยีระบบบอกตำแหน่งบนผิวโลกและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ GPS และ GIS มาประยุกต์ใช้ ในขั้นตอนการศึกษาจะเริ่มสร้างแผนที่ดิจิตอล และกำหนดจุดสำรวจบริเวณที่อัตราการไหลของสภาพจราจรที่ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งทำการแบ่งทุก 1 ไมล์ โดยการกำหนดรหัสหมายเลขของถนนให้กับช่วงถนนที่ทำการแบ่ง แล้วนำความยาวของช่วงถนนหารด้วยผลต่างของเวลาเข้าและออก จากการประมาณของ GPS ที่ได้เก็บข้อมูลที่รวบรวมเวลา ตำแหน่ง และความเร็ว และจะทำการส่งข้อมูลทุก ๆ 1 วินาที เพื่อคำนวณความเร็วในช่วงถนน และใช้ข้อมูลจาก GIS ในการจัดระบบข้อมูลเพื่อแสดงแถบสี ในการรายงานระยะเวลาการเดินทาง โดยได้ทำการศึกษาในรัฐ Louisiana ในเมือง Baton Rouge , Shreveport และ New Orleans ซึ่งมีช่วงระยะเวลาการเดินทางมากกว่า 180,000 ช่วง ได้ทำการบันทึกข้อมูลในระหว่างปี 1995 ถึง 1996 จากข้อมูล GPS เกือบ 3 ล้านข้อมูลที่มีระยะทางถึง 30,000 ไมล์ บนเครือข่ายถนนในเมือง 300 ไมล์

จากการทบทวนวรรณกรรมต่าง ๆ ข้างต้น แสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยี GPS มาใช้ในงานวิศวกรรมจราจร จึงได้มีงานวิจัยจำนวนมากใช้อุปกรณ์ GPS เช่น การประมาณระยะเวลาการเดินทาง การวิเคราะห์สภาพจราจรที่ติดขัดบนถนน และได้มีการประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ ใช้กับซอฟแวร์ เช่น Micro Simulation, GIS เพื่อใช้ในงานวิศวกรรมจราจร ดังนั้นในงานวิจัยที่ผ่านมาจะเป็นส่วนที่ชี้ปัญหาที่พบในงานวิจัยและข้อบ่งบอกถึงแนวทางในการแก้ไขปัญหา ซึ่งจะมีประโยชน์ในงานวิจัยนี้ต่อไป

### 3.2 สัดส่วนของประชากร (Penetration Rate, PR)

ในงานวิจัยนี้จะศึกษา คุณภาพของข้อมูลของรถแท็กซี่ และรถบรรทุกที่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ GPS ในแง่ของการเป็นตัวแทนประชากร โดยดูสัดส่วนของประชากร GPS เทียบระบบ MTC และ ETC ของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย จากงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา ได้ศึกษาค่า Penetration Rate ของข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ GPS เพื่อใช้ในการประมาณระยะเวลาเดินทาง [4] และ พบว่า ค่า Penetration Rate ที่เหมาะควรมี Penetration Rate ที่มากกว่า 5 % ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะศึกษาหาค่าว่า Penetration Rate ของข้อมูล GPS กับระบบ MTC และ ETC ว่าเหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในงานเชิงวิศวกรรมจราจรได้หรือไม่ จากสมการ

$$PR = \frac{N_{trips}}{N_{Total}} \quad (1)$$

PR = สัดส่วนของรถยนต์ที่ติดตั้งอุปกรณ์ GPS ต่อรถยนต์ทั้งหมด

$N_{trips}$ = ปริมาณเที่ยวการเดินทางของข้อมูล GPS

$N_{Total}$ = ปริมาณรถยนต์จากระบบ MTC และระบบ ETC

### 3.3 ข้อมูล

งานวิจัยในครั้งนี้ ใช้ข้อมูลการเดินทาง 3 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลที่เก็บได้จากอุปกรณ์ GPS ที่ติดตั้งในรถขนส่งเชิงพาณิชย์, ข้อมูลที่เก็บได้จากอุปกรณ์เก็บค่าผ่านทางบนสายทางกาญจนาภิเษก, และข้อมูลที่เก็บได้จากอุปกรณ์เก็บข้อมูลจราจรแบบอัตโนมัติ โดยมีระยะเวลาการเก็บข้อมูล 1 เดือน คือตลอดทั้งเดือนสิงหาคม 2555 ข้อมูลจากระบบเก็บค่าผ่านทาง และระบบเก็บข้อมูลอัตโนมัติ จะถูกนำมาใช้ในการเปรียบเทียบความถูกต้องของตัวชี้วัดประสิทธิภาพของถนน เช่น ความเร็วและระยะเวลาเดินทางที่คำนวณได้จากข้อมูล GPS

ในการศึกษานี้ เราสนใจเฉพาะข้อมูลประสิทธิภาพของทางพิเศษ จึงกรองเฉพาะข้อมูล GPS และข้อมูลจากระบบเก็บค่าผ่านทางในช่วงวันเฉพาะวันจันทร์ถึงวันศุกร์ จำนวน 23 วัน ไม่รวมวันเสาร์และวันอาทิตย์ รายละเอียดของข้อมูลแต่ละประเภท มีดังนี้

### 3.4 ข้อมูลจากอุปกรณ์ GPS

ข้อมูลจากอุปกรณ์ GPS ที่ติดตั้งในรถแท็กซี่และรถบรรทุก ได้ความอนุเคราะห์จากมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (iTIC) โดยข้อมูลจากรถแท็กซี่และรถบรรทุกจะมีความถี่ในการส่งข้อมูลส่วนใหญ่ที่ทุก ๆ 1 นาที และมีบางส่วนที่ส่งข้อมูลทุก ๆ 5 นาที

ตัวอย่างข้อมูล

ข้อมูล GPS เป็นรูปแบบ Text File แบบ RMC (Recommended Minimum Sentence: C) ที่แสดงรายละเอียด ความเร็ว ค่าพิกัด เวลา และทิศทางดังตัวอย่าง

$GPRMC,123519,A,4807.038,N,01131.000,E,022.4,084.4,230394,003.1,W*6A

ซึ่งมีความหมายดังต่อไปนี้

RMC – Recommended Minimum sentence C

123519 – ข้อมูลเวลา 12:35:19 UTC

A – สถานะ A = กำลังใช้งาน หรือ V = ยกเว้น

4807.038,N – ค่าแล็ตติจูด 48 องศา 07.038 ลิปดา เหนือ

01131.000,E – ค่าลองติจูด 11 องศา 31.000 ลิปดา ตะวันออก

022.4 – ความเร็วเทียบกับพื้นดิน หน่วยเป็น knot (ไมล์ทะเลต่อชั่วโมง) ซึ่งสามารถแปลงเป็นหน่วย กม. ต่อ ชม. ด้วยการคูณ 1.852 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

084.4 – มุมของทิศทางเทียบกับทิศเหนือจริง

230394 – วันที่ 23 มีนาคม 1994

003.1,W – มุมต่างระหว่างทิศเหนือจริงกับทิศเหนือแม่เหล็ก

*6A – ค่า checksum นำหน้าด้วยเครื่องหมาย *

### 3.5 ข้อมูลจากระบบเก็บค่าผ่านทาง

ทางพิเศษกาญจนาภิเษก เป็นทางพิเศษระบบปิด มีการเก็บค่าผ่านทางตามระยะทาง ระบบเก็บค่าผ่านทางที่ใช้ จะมีด้วยกัน 2 ระบบ ได้แก่ ระบบเก็บค่าผ่านทางแบบใช้พนักงานเก็บค่าผ่านทาง (Manual Toll Collection, MTC) และระบบเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ (Electronic Toll Collection, ETC)

ในระบบ MTC นั้น ผู้ใช้ทางจะต้องรับบัตรที่เรียกว่า Transit Card ที่ด่านทางเข้า และทำการคืนบัตรที่ด่านทางออก เพื่อคำนวณค่าผ่านทางตามระยะทางที่วิ่ง โดยในบัตร Transit Card จะมีข้อมูล วันและเวลาของด่านที่เข้าและด่านที่ออก ค่าผ่านทาง และประเภทของรถที่เข้าใช้บริการทางพิเศษ ส่วนในระบบ ETC จะมีหลักการทำงานที่คล้ายกับระบบ MTC แต่ระบบเก็บค่าผ่านทางจะทำการบันทึกเวลาและด่านที่เข้า/ออก จากบัตร On-Board Unit (OBU) แทนการใช้บัตร Transit Card

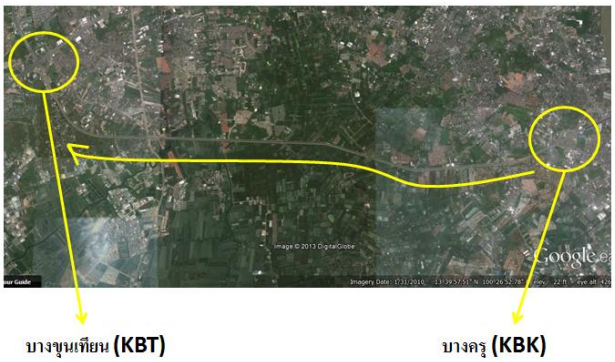
ดังนั้น ข้อมูลจากทั้งสองแหล่งนี้ สามารถนำมาใช้หาปริมาณรถยนต์ที่วิ่งบนทางพิเศษในเส้นทางต่าง ๆ และยังสามารถคำนวณระยะเวลาเดินทางและความเร็วเฉลี่ยบนเส้นทาง (Link Speed) ได้อีกด้วย

### 3.6 ข้อมูลจากระบบ Video Image Processing System

ทางพิเศษกาญจนภิเษกมีระบบเก็บข้อมูลจราจรแบบอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยี Video Image Processing System (VIPS) โดยจะติดตั้งที่ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างทางแยกต่างระดับ (Interchange) สองแห่ง ทำให้สามารถนับปริมาณรถและวัดความเร็วแบบจุด (Spot Speed) ได้จากอุปกรณ์เหล่านี้ ซึ่งสามารถนำไปเปรียบเทียบความแตกต่างกับวิธีการเก็บข้อมูลในรูปแบบอื่น ๆ ได้

### 3.7 พื้นที่การศึกษา

ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้เลือกทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี – สุขสวัสดิ์) เป็นเส้นทางการศึกษา โดยศึกษาเฉพาะเส้นทางจากด่านบางครุ (KBK) ไปถึงด่านบางขุนเทียน (KBT) ดังรูปที่ 1 โดยใช้ข้อมูลจาก 3 แหล่งข้อมูล 1.จากระบบ MTC 2.จากระบบ ETC 3. จากข้อมูล GPS




**รูปที่ 1** เส้นทางการศึกษา

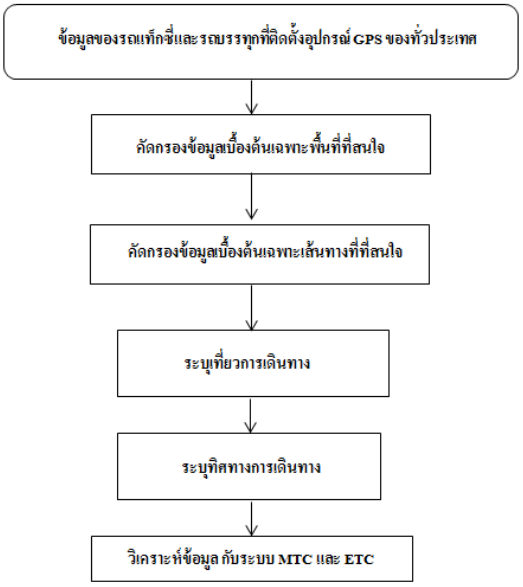
ที่มา: Google Earth

## 4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ทางคณะวิจัยได้รับข้อมูล GPS ที่นำมาวิจัยครั้งนี้ ระหว่างเดือนสิงหาคม 2555 จำนวนทั้งสิ้นมากกว่า 15 ล้าน Records คิดเป็นเวลาเดินทางกว่า 2,777 ชั่วโมง ซึ่งเป็นข้อมูลการเดินทางของรถแท็กซี่และบรรทุกที่มีการเดินทางทั่วประเทศดังรูปที่ 2 ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาวิธีการคัดกรองและประมวลผลข้อมูล GPS เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เหมาะสมกับขอบเขตงานวิจัยนี้

**รูปที่ 2** ข้อมูล GPS ของรถขนส่งเชิงพาณิชย์ในเดือนสิงหาคม 2555

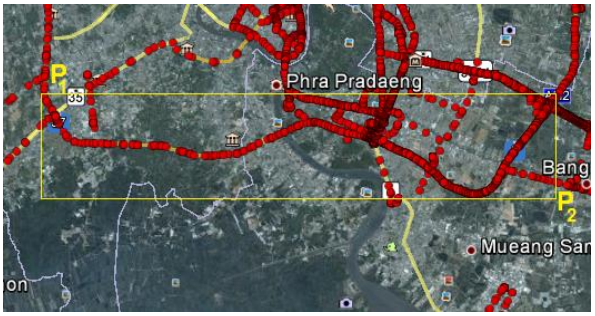
ข้อมูลเหล่านี้ จะต้องถูกคัดกรองให้เหลือเฉพาะพื้นที่ที่เราศึกษา โดยในงานวิจัยนี้ ได้พัฒนาขั้นตอนการคัดกรองและประมวลผลข้อมูลทั้งสิ้น 5 ขั้นตอน ดังแสดงรูปที่ 3 โดยจะเริ่มจากการนำข้อมูล GPS ของรถขนส่งเชิงพาณิชย์ที่วิ่งทั่วประเทศมาทำการคัดกรองให้เหลือเฉพาะพื้นที่ที่เราสนใจ จากนั้นจึงทำการคัดกรองให้เหลือเฉพาะบนเส้นทางที่เราสนใจ (ทางพิเศษกาญจนาภิเษก ในที่นี้), ทำการตัดเที่ยวการเดินทางตามช่วงเวลาที่ห่างของข้อมูล, ตัดเที่ยวการเดินทางตามทิศทางของการเดินทางบนทางพิเศษ, และสุดท้าย ทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลจราจรจากแหล่งอื่น เช่น จากระบบเก็บข้อมูลจราจรแบบอัตโนมัติ หรือจากระบบเก็บค่าผ่านทาง




**รูปที่ 3** ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล GPS

### 4.1 คัดกรองข้อมูลเบื้องต้นเฉพาะพื้นที่ที่สนใจ (Area-Based Filtering)

ข้อมูลของรถแท็กซี่และรถบรรทุก จากรูปที่ 2 มีจำนวนข้อมูลจำนวน 15,969,838 Records หากนำข้อมูล GPS ทั่วประเทศ มาประมวลผล จะใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างนาน จึงได้กำหนดขอบเขตในการศึกษาคร่าว ๆ ด้วยพิกัด $P_1$ และ $P_2$ ดังรูปที่ 4




**รูปที่ 4** ขอบเขตการกรองข้อมูลเบื้องต้นด้วยพิกัด $P_1$ และ $P_2$

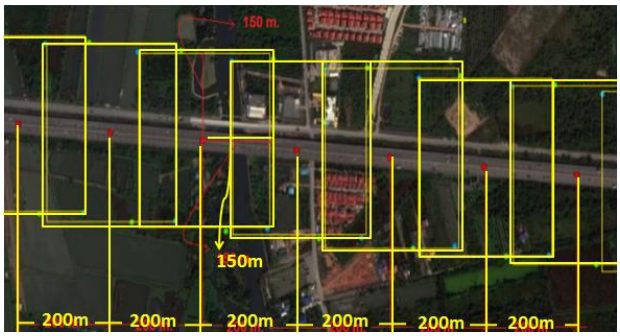
หลังจากกรองข้อมูลในเบื้องต้นแล้ว จะได้ข้อมูล GPS ที่เหลืออยู่ 1,333,000 record (คิดเป็น 7% ของข้อมูลทั้งหมด) ซึ่งช่วยให้การ

ประมวลผลข้อมูลในขั้นตอนต่อ ๆ ไป ทำได้รวดเร็วขึ้น ข้อมูล GPS ที่ผ่านการคัดกรองแล้ว แสดงดังรูปที่ 5

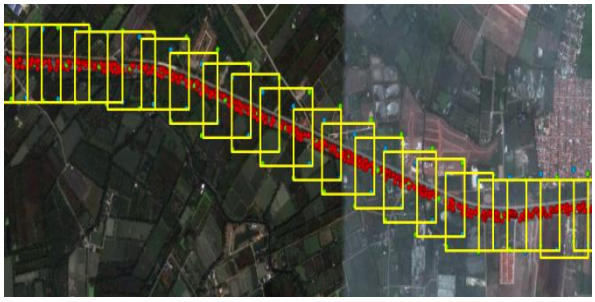
**รูปที่ 5** ข้อมูล GPS ของรถแท็กซี่และรถบรรทุก หลังกรองด้วยพิกัด $P_1$ และ $P_2$

### 4.2 คัดกรองข้อมูลเฉพาะเส้นทางที่สนใจ (Route-Based Filtering)

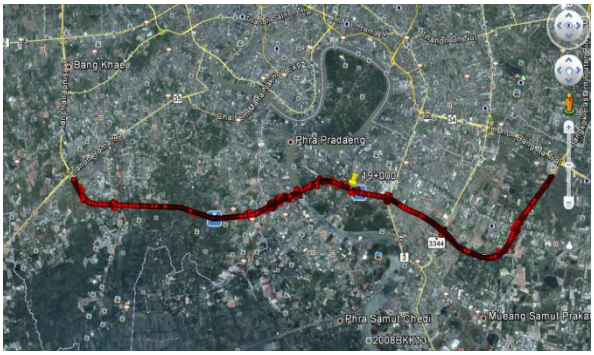
เมื่อกรองข้อมูลในพื้นที่ที่สนใจแล้ว จะเห็นได้ว่าในรูปที่ 5 มีข้อมูล GPS บางส่วน ที่ไม่ได้วิ่งบนเส้นทางบนทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี – สุขสวัสดิ์) ดังนั้น ในขั้นตอนนี้ จะเป็นการคัดกรองข้อมูล GPS ให้เหลือเฉพาะบนเส้นทางที่สนใจ โดยเริ่มจากการสร้าง Centerline ของทางพิเศษทั้งสาย และสร้างจุดอ้างอิงบน Center line ของทางพิเศษทุก ๆ 200 เมตร แล้วสร้างกรอบอ้างอิงจากจุด Center line ออกไปด้านละ 150 เมตร (ดังรูปที่ 6) ซึ่งทางพิเศษสายนี้กว้างประมาณฝั่งละ 14.4 เมตร และข้อมูล GPS มีความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งประมาณ +/- 10 เมตร ดังนั้น ระยะฝั่งละ 150 เมตร จึงเพียงพอต่อค่าความผิดพลาดในการระบุตำแหน่งของอุปกรณ์รับสัญญาณ GPS ที่จะเกิดขึ้น ข้อมูล GPS ที่อยู่ภายในกล่องที่สร้างขึ้น (ดังรูปที่ 7) จะถูกเก็บไว้เพื่อใช้ในการประมวลผลขั้นตอนต่อไป หลังจากการกรองในเส้นทางที่เราสนใจแล้วจะได้ข้อมูลบนทางพิเศษ ดังรูปที่ 8




**รูปที่ 6** แสดงกรอบอ้างเพื่อเก็บตำแหน่งข้อมูล GPS



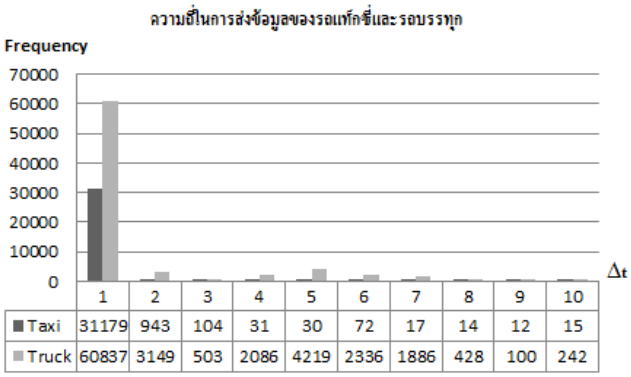
**รูปที่ 7** แสดงตำแหน่งข้อมูล GPS ที่อยู่ภายในกรอบอ้างอิงที่สร้างขึ้น




**รูปที่ 8** ข้อมูลบนทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี – สุขสวัสดิ์)

### 4.3 การระบุเที่ยวการเดินทาง (Trip Identification)

จากการสังเกตข้อมูล GPS ที่คัดกรองได้ในขั้นตอนนี้ พบว่ามีรถยนต์บางคันที่เดินทางลงทางพิเศษและกลับขึ้นมาบนทางพิเศษอีกครั้งในระยะเวลาเพียง 5 ถึง 10 นาที ซึ่งหากนำข้อมูล GPS ของรถคันนี้ไปคำนวณระยะเวลาเดินทาง จะได้ค่าระยะเวลาที่นานเกินจริง ดังนั้น ในขั้นตอนนี้ จะเป็นการระบุและแบ่งเที่ยวการเดินทาง (Trip Identification) ซึ่งสามารถทำได้ด้วยการตรวจสอบระยะเวลาระหว่างข้อมูล GPS สองจุดที่ต่อเนื่องกัน (Gap Interval) ว่ามีระยะเวลาที่นานเกินกว่าที่จุด GPS สองจุดจะเป็นจุดที่ต่อเนื่องกันหรือไม่ โดยปกติแล้ว ข้อมูล GPS จากรถแท็กซี่และรถบรรทุก จะมีช่วงการส่งข้อมูลทุก ๆ 1 นาที จากรูปที่ 9 แสดงฮิสโตแกรมความถี่ในการส่งข้อมูล GPS แบ่งตามประเภทของรถยนต์ จะพบว่าข้อมูลส่วนใหญ่จะมี Gap Interval ที่ 1 นาที ซึ่งคิดเป็น 85% ของข้อมูลทั้งหมด สอดคล้องกับช่วงเวลาการส่งข้อมูลของอุปกรณ์รับสัญญาณ GPS ที่ 1 นาที นอกจากนี้ ยังมีข้อมูลบางส่วนมี Gap Interval อยู่ที่ 2 นาที (คิดเป็น 3%) ซึ่งอาจเกิดจากสัญญาณการส่งข้อมูลที่ขาดหายไประหว่างการเดินทางของรถยนต์




**รูปที่ 9** การกระจายตัวของ Gap Interval สำหรับข้อมูล GPS จากรถแท็กซี่และรถบรรทุก

ในการศึกษานี้ จะทำการแบ่งเที่ยวการเดินทางด้วย Gap Interval ที่ 5 นาที หมายความว่า หาก Gap Interval ของข้อมูล GPS สองจุดที่ต่อเนื่องกัน มีค่าเกินกว่า 5 นาที ข้อมูลเที่ยวการเดินทางนั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 2 เที่ยวการเดินทาง

### 4.4 ระบุทิศทางการเดินทาง

เนื่องจากสภาพจราจรในแต่ละทิศทาง จะมีพฤติกรรมที่ไม่เหมือนกัน เช่นในทิศทางที่เข้าเมือง ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า อาจจะมีสภาพจราจรที่ติดขัดมากกว่าทิศทางออกเมือง ระยะเวลาเดินทางที่มากกว่าในช่วงเวลาอื่นๆ ดังนั้นจึงต้องทำการแบ่งข้อมูลเที่ยวการเดินทางออกตามทิศทางการเดินทาง ว่าเป็นทิศทางมุ่งหน้าทิศตะวันออก หรือมุ่งหน้าทิศตะวันตก ในการศึกษานี้ จะใช้ตำแหน่งของด่านบางขุนเทียนเป็นจุดอ้างอิง (Latitude 13°38'30.41"N, Longitude 100°24'39.71"E) แล้วคำนวณค่าระยะทางจากตำแหน่งของ GPS โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$d = \mathrm{acos}(sin(Lat_{KBT})\sin(Lat_i) + \cos(Lon_i)\cos(Lon_i - Lon_{KBT})) \times R \quad (2)$$

d = Displacement ระยะกระจัด

$Lat_{KBT}$ = ค่า Latitude ของตำแหน่งบางขุนเทียน 13°38'30.41"N

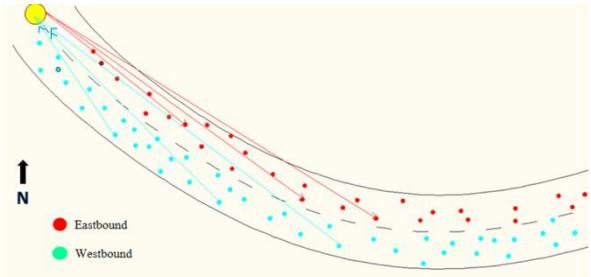
$Lat_i$ = ค่า Latitude ของจุด i ที่เราสนใจ

$Lon_{KBT}$ = ค่า Longitude ของตำแหน่งบางขุนเทียน 100°24'39.71"E

$Lon_i$ = ค่า Longitude ของจุด i ที่เราสนใจ

R = รัศมีโลก 6,371 กิโลเมตร

เมื่อพิจารณาข้อมูล GPS ในแต่ละเที่ยวการเดินทางนั้น หากค่าระยะทางจากจุดอ้างอิงเพิ่มมากขึ้น ตามเวลาที่บันทึกได้ (Timestamp) แสดงว่ารถยนต์คันดังกล่าว มีการเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออก ในทางกลับกันถ้ามีค่าระยะทางที่ลดลง แสดงได้ว่ารถยนต์คันดังกล่าว มีการเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตก ดังแสดงในรูปที่ 10 ส่วนรูปที่ 11 แสดงข้อมูล GPS หลังจากการแบ่งทิศทางแล้ว




**รูปที่ 10** แสดงหลักการในการแบ่งทิศทาง

**รูปที่ 11** แสดงตำแหน่ง GPS หลังจากการแบ่งทิศทางแล้ว

## 5. การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่ได้คัดกรองและเตรียมข้อมูลแล้ว ในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูล GPS เบื้องต้น โดยจะมุ่งเน้นไปที่ปริมาณข้อมูล GPS ที่ว่าน่าจะมีปริมาณที่เพียงพอต่อการนำไปใช้วัดประสิทธิภาพของทางพิเศษได้หรือไม่

### 5.1 จำนวนจุดข้อมูล GPS

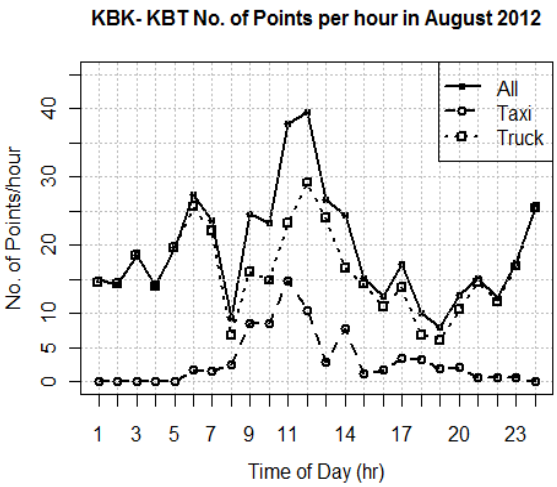
เมื่อนำข้อมูล GPS ที่บันทึกได้บนทางพิเศษกาญจนาภิเษกระหว่างด่านบางครุและบางขุนเทียน ในวันธรรมดา (จันทร์-ศุกร์) ตลอดเดือนสิงหาคม 2555 มาทำการสรุปจำนวนจุด GPS เฉลี่ยเป็นรายชั่วโมงและแบ่งตามประเภทรถ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 12 โดยจำนวนข้อมูล GPS จากรถแท็กซี่แสดงด้วยเส้นประยาว, จำนวนข้อมูล GPS จากรถบรรทุกแสดงด้วยเส้นประสั้น และจำนวนข้อมูล GPS จากรถยนต์ทั้งสองประเภท แสดงด้วยเส้นทึบ

หากพิจารณาจำนวนข้อมูลของรถทั้งสองประเภทจะพบว่า มีค่าเฉลี่ยของจำนวนจุดข้อมูลประมาณ 20 จุดต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในช่วงกลางวัน (11:00-13:00 น.) ที่ 40 จุดข้อมูล ต่อชั่วโมง และมีค่า

ต่ำสุดในช่วงเย็น (18:00-20:00 น.) ซึ่งพฤติกรรมเหล่านี้จะสามารถทำความเข้าใจได้ดีขึ้นหากพิจารณาข้อมูลแยกตามประเภทรถยนต์

สำหรับรถแท็กซี่นั้น จะพบว่ามีจำนวนจุดข้อมูล GPS ที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับจำนวนข้อมูลทั้งหมด โดยข้อมูลส่วนใหญ่จะถูกบันทึกในช่วงกลางวันตั้งแต่ 9.00 – 14.00 น. มีจำนวนข้อมูลในช่วง 8 – 15 จุดข้อมูล ต่อชั่วโมง แต่ในช่วงเวลาอื่น ๆ พบข้อมูล GPS จากรถแท็กซี่น้อยมาก โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0 – 5 จุดข้อมูลต่อชั่วโมงเท่านั้น

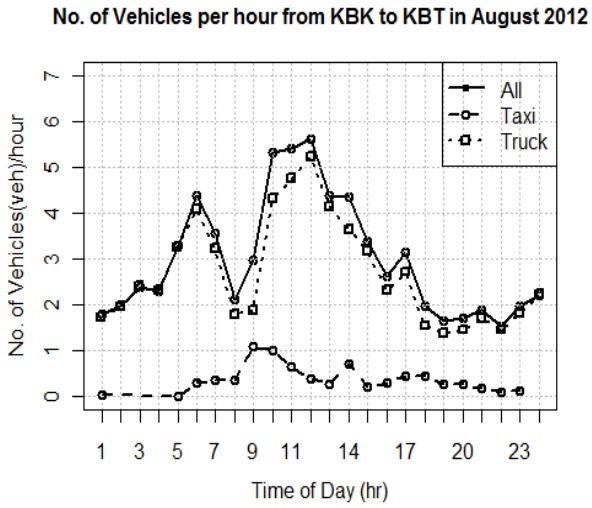
เมื่อพิจารณาเฉพาะข้อมูล GPS จากรถบรรทุกจะพบว่า มีข้อมูล GPS มากที่สุดในช่วง 9.00-15.00 น. โดยมีจำนวนข้อมูลของรถบรรทุกอยู่ในช่วง 20-30 จุดต่อชั่วโมง รองลงมาจะเป็นช่วงกลางคืน เช่น ช่วง 5:00-7:00 น. และช่วง 22:00-24:00 น. นอกจากนี้ ช่วงเวลาที่มีจำนวนจุดข้อมูลของรถบรรทุกค่อนข้างน้อยจะอยู่ในช่วง 7:00-9:00 น. และ 16:00 – 20:00 น. ทางพิเศษกาญจนาภิเษกเป็นส่วนหนึ่งของวงแหวนรอบนอก ซึ่งเป็นเส้นทางเลี่ยงเมืองสำหรับรถบรรทุกที่ต้องการเดินทางผ่านกรุงเทพฯ ทำให้มีรถบรรทุกวิ่งจำนวนมากตลอดทั้งวัน ยกเว้นช่วงเวลา 7:00-9:00 น. และ 16:00 – 20:00 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ทางพิเศษสายทางอื่น ไม่อนุญาตให้รถบรรทุกวิ่ง ดังนั้น ผู้ประกอบการรถบรรทุกจึงพยายามจัดตารางขนส่งสินค้าหลีกเลี่ยงช่วงเวลาดังกล่าว ส่งผลให้จำนวนข้อมูล GPS ในช่วงดังกล่าวมีปริมาณน้อยลงไปด้วย




**รูปที่ 12** ปริมาณข้อมูล GPS ของรถยนต์ทั้งหมด รถแท็กซี่ และรถบรรทุก ต่อชั่วโมง แต่ละช่วงเวลาของวัน เดือนสิงหาคม 2555

## 5.2 จำนวนรถที่ติดตั้งอุปกรณ์ GPS บนทางพิเศษ

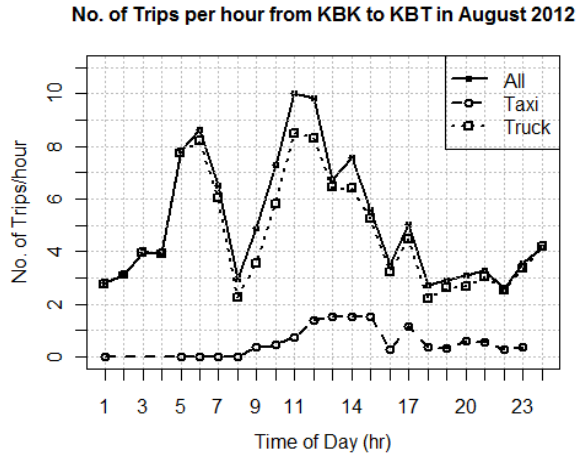
หากเราต้องการนำข้อมูล GPS จากรถขนส่งเชิงพาณิชย์มาใช้ในการคำนวณตัวชี้วัดต่าง ๆ ทางการจราจร เช่น ความเร็วเฉลี่ยหรือระยะเวลาเดินทางเฉลี่ย นั้น นอกจากปริมาณข้อมูลแล้ว เราควรจะคำนึงถึงการกระจายตัวของตัวอย่างข้อมูลด้วย ว่าข้อมูล GPS ที่ได้ เกิดขึ้นจากรถยนต์เพียงคันเดียว หรือมีรถยนต์กลุ่มตัวอย่างหลายคัน รูปที่ 13 แสดงจำนวนรถยนต์ของข้อมูล GPS ของรถยนต์ทั้งหมด รถแท็กซี่ และรถบรรทุก จากด่านบางครุ ไปยังด่านบางขุนเทียน ต่อชั่วโมง แต่ละช่วงเวลาของวัน ในเดือนสิงหาคม 2555 พบว่ารถแท็กซี่จะมีจำนวนรถเฉลี่ยตลอดทั้งวันที่ 0.37 คันต่อชั่วโมง ในขณะที่รถบรรทุกจะมีจำนวนรถที่มีจำนวนมากใน 2 ช่วงเวลา คือ 04.00 – 08.00 น. มีจำนวนรถบรรทุก 2.30 – 4.09 คันต่อชั่วโมง และช่วงเวลา 09.00 – 16.00 น. มีจำนวนรถบรรทุก 1.87 – 5.22 คันต่อชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับเวลาการเดินทางที่รถบรรทุกสามารถเดินทางได้ในเขตเมือง ตั้งแต่ช่วงเวลา 09.00 – 15.00 น. และอีกครั้งในช่วงเวลา 21.00 – 06.00 น. จากจำนวนรถแท็กซี่ 95 คัน และรถบรรทุก 358 คัน โดยพิจารณาเฉพาะวันทำงาน




**รูปที่ 13** จำนวนรถยนต์ของข้อมูล GPS ของรถยนต์ทั้งหมด รถแท็กซี่ และรถบรรทุก ต่อชั่วโมง ตามช่วงเวลาของวัน ในเดือนสิงหาคม 2555

## 5.3 จำนวนเที่ยวการเดินทาง

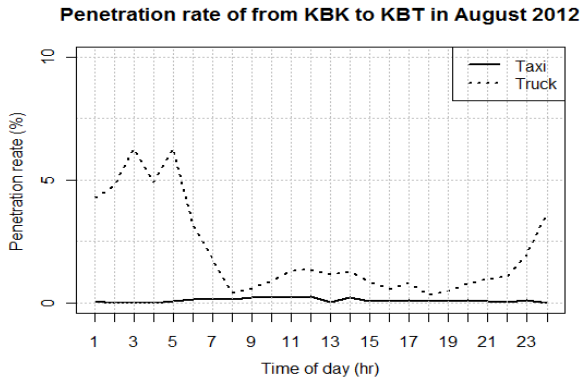
เนื่องจากรถขนส่งเชิงพาณิชย์ส่วนใหญ่จะมีเส้นทางวิ่งประจำซึ่งในหนึ่งวัน อาจจะมีการเดินทางบนเส้นทางเดียวกันมากกว่าหนึ่งเที่ยว ในหัวข้อนี้ จะเป็นการพิจารณาจำนวนเที่ยวการเดินทางในแต่ละชั่วโมงของรถยนต์ทั้งสองประเภท รูปที่ 14 แสดงจำนวนเที่ยวการเดินทางของข้อมูล GPS ของรถทั้งหมด รถแท็กซี่ และรถบรรทุก ต่อชั่วโมง จากด่านบางครุ ไปยังด่านบางขุนเทียน แต่ละช่วงเวลาของวัน ในเดือนสิงหาคม 2555 พบว่ามีปริมาณเที่ยวการเดินทางเฉลี่ยตลอดทั้งวันของรถแท็กซี่ประมาณ 0.6 เที่ยวการเดินทางต่อชั่วโมง ในขณะรถบรรทุกจะมีจำนวนเที่ยวการเดินทางสูงใน 2 ช่วงเวลา เช่นเดียวกับการวิเคราะห์จำนวนรถในหัวข้อ 5.2 คือ ช่วงเวลา คือ 04.00 – 08.00 น. และช่วงเวลา 09.00 – 16.00 น. มีเที่ยวการเดินทาง 4 – 8 เที่ยวการเดินทางต่อชั่วโมง




**รูปที่ 14** จำนวนเที่ยวการเดินทางของข้อมูล GPS ของรถยนต์ทั้งหมด รถแท็กซี่ และรถบรรทุก ต่อชั่วโมง แต่ละช่วงเวลาของวัน เดือนสิงหาคม 2555

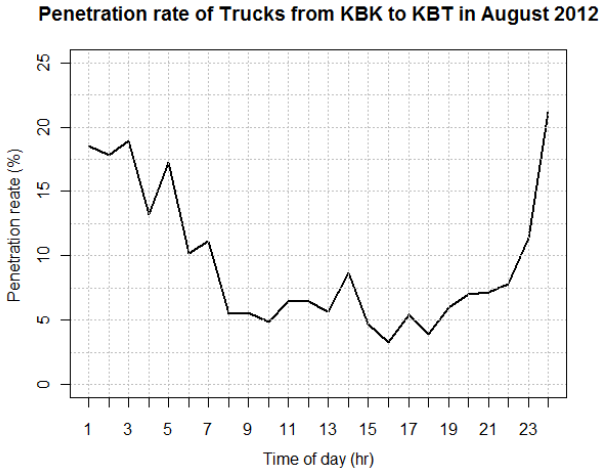
### 5.4 Penetration Rate (PR) ของรถยนต์ที่ติดตั้งอุปกรณ์ GPS

ในหัวข้อนี้ จะเป็นการวิเคราะห์สัดส่วนของรถขนส่งเชิงพาณิชย์ต่อปริมาณรถทั้งหมดที่วิ่งบนทางพิเศษ ซึ่งคำนวณได้จากข้อมูลจำนวนรถจากระบบเก็บค่าผ่านทาง โดยงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา [4] ได้ศึกษาค่า Penetration Rate ที่ยอมรับได้อยู่ที่ PR = 5 % รูปที่ 15 แสดงค่า Penetration Rate ของรถแท็กซี่ (เส้นทึบ) และรถบรรทุก (เส้นประ) ต่อจำนวนรถยนต์ทั้งหมด ในแต่ละชั่วโมงของวันธรรมดา จากรูปนี้ จะพบว่า Penetration Rate ของรถแท็กซี่มีค่าต่ำกว่า 0.5% ตลอดทั้งวัน ส่วนรถบรรทุกนั้น ในช่วงกลางวันจะมี Penetration Rate ประมาณ 1% ของรถทั้งหมด และกลางคืน จะมีค่า PR สูงถึง 5% ดังนั้น จะเห็นได้ว่าข้อมูล GPS ที่ได้จากรถแท็กซี่นั้น อาจจะไม่เพียงพอที่จะเป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมดของรถยนต์ที่วิ่งบนทางพิเศษได้ ซึ่งข้อมูล GPS จากรถบรรทุก อาจจะสามารถนำไปใช้ในการวัดประสิทธิภาพทางพิเศษได้ โดยเฉพาะในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งมีค่า PR สูงถึง 5%




**รูปที่ 15** Penetration Rate ของเที่ยวรถแท็กซี่ และรถบรรทุกที่เก็บด้วยอุปกรณ์ GPS ต่อจำนวนรถทั้งหมด ในแต่ละช่วงเวลาของวัน เดือนสิงหาคม 2555

หากพิจารณาถึง Penetration Rate ของรถบรรทุกที่ติด GPS ต่อจำนวนรถบรรทุกทั้งหมดที่วิ่งบนทางพิเศษ (รูปที่ 16) จะพบว่า Penetration Rate ของรถบรรทุกจะอยู่ที่ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ และจะสูงถึง 15 – 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงกลางคืน (23:00-5:00 น.) จะเห็นได้ว่าข้อมูล GPS จากรถบรรทุกมีศักยภาพที่จะนำมาใช้คำนวณประสิทธิภาพของถนนที่เป็นเส้นทางรถบรรทุก (Truck Route) ได้เป็นอย่างดี




**รูปที่ 16** Penetration Rate ของเที่ยวรถบรรทุกที่เก็บด้วยอุปกรณ์ GPS ต่อจำนวนรถบรรทุกทั้งหมด ในแต่ละช่วงเวลาของวัน เดือนสิงหาคม 2555

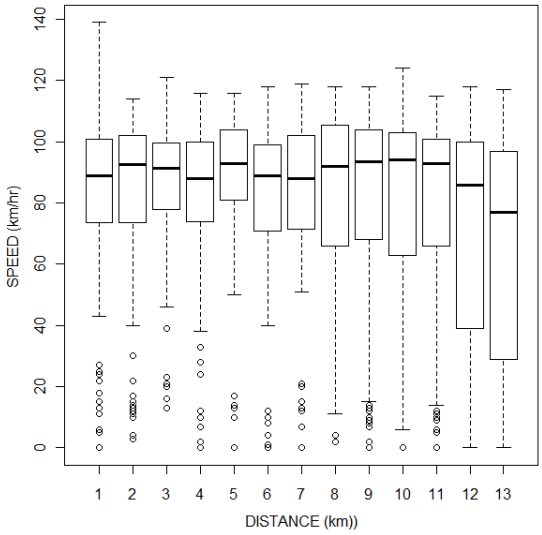
## 6. ตัวอย่างการนำเอาข้อมูล GPS ไปใช้ในการวัดประสิทธิภาพของทางพิเศษ

ในหัวข้อนี้ จะยกตัวอย่างในการนำข้อมูล GPS ไปใช้ในงานวิศวกรรมจราจร เช่น การประมาณระยะเวลาเดินทางจากข้อมูล GPS และการใช้ความเร็วของ GPS วิเคราะห์จุดติดขัด

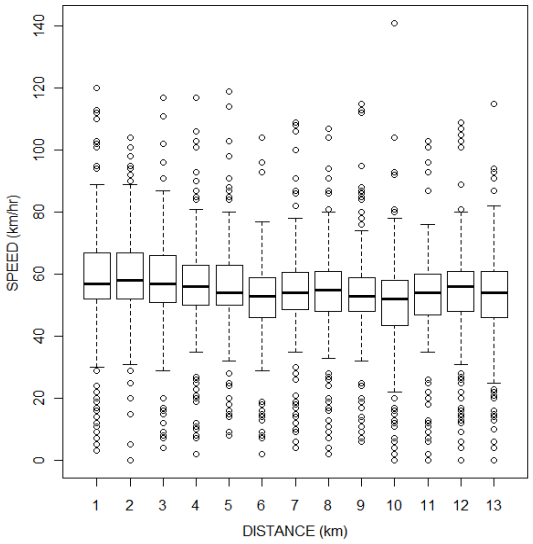
### 6.1 ความเร็วเฉลี่ย

ตัวชี้วัดตัวหนึ่งที่สำคัญในการวัดประสิทธิภาพของถนนได้แก่ความเร็วเฉลี่ย ซึ่งข้อมูล GPS ที่ได้จากรถแท็กซี่และรถบรรทุกสามารถนำมาสร้างกราฟ Speed Profile ดังแสดงในรูปที่ 17 และรูปที่ 18 รูปที่ 17 แสดง Speed Profile ของรถแท็กซี่ จากด่านบางขุนเทียน (KM 00+ 000) ไปยังด่านบางครุ (KM 13+000) ส่วนรูปที่ 18 แสดง Speed Profile ของรถบรรทุก ในช่วงทางพิเศษและช่วงเวลาเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบความเร็วของรถแท็กซี่และรถบรรทุกตลอดสายทางนี้ จะพบว่าจะมีความเร็วเฉลี่ยแตกต่างอย่างเห็นชัดเจน ระหว่างรถแท็กซี่ และรถบรรทุก โดยรถแท็กซี่จะมีความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 79.64 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และรถบรรทุกมีความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 55.46 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

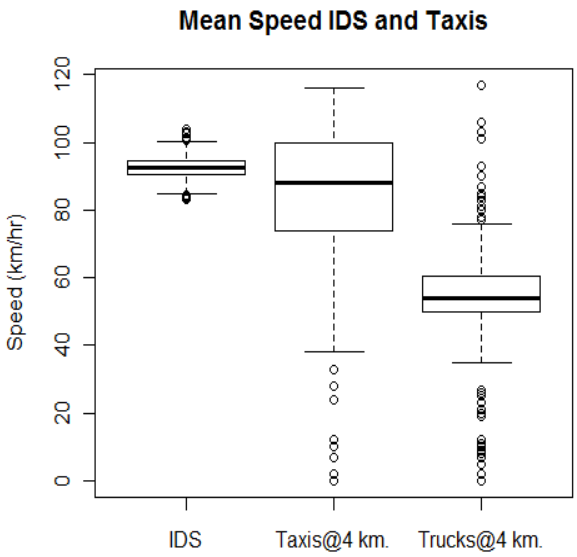
เมื่อเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ยที่เก็บได้จากอุปกรณ์เก็บข้อมูลจราจรอัตโนมัติ (IDS) และจากอุปกรณ์ GPS ที่ กม. 4 นับจากทางด่านบางขุนเทียนมุ่งหน้าด่านบางครุ พบว่า ความเร็วเฉลี่ยที่ได้จากรถแท็กซี่ที่ติดตั้งอุปกรณ์ GPS มีความเร็วที่ใกล้เคียงกับความเร็วเฉลี่ยจากอุปกรณ์วัดความเร็วแบบอัตโนมัติ แต่ความแปรปรวน (Variation) ของข้อมูล GPS จะสูงกว่าข้อมูล IDS อยู่ประมาณ 6 เท่า ดังแสดงในรูปที่ 19




**รูปที่ 17** ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยกับระยะทางของรถแท็กซี่ในเดือนสิงหาคม 2555



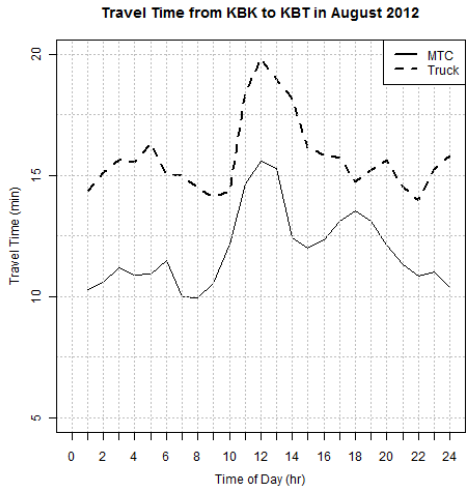

**รูปที่ 18** ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยกับระยะทางของรถบรรทุกในเดือนสิงหาคม 2555




**รูปที่ 19** Box Plot แสดงความเร็วเฉลี่ยตลอดเดือนที่เก็บได้จากอุปกรณ์เก็บข้อมูลจราจรบนทางพิเศษ (IDS), ข้อมูล GPS จากรถแท็กซี่, และข้อมูล GPS จากรถบรรทุก ที่ กม. 4 นับจากด่านบางขุนเทียน

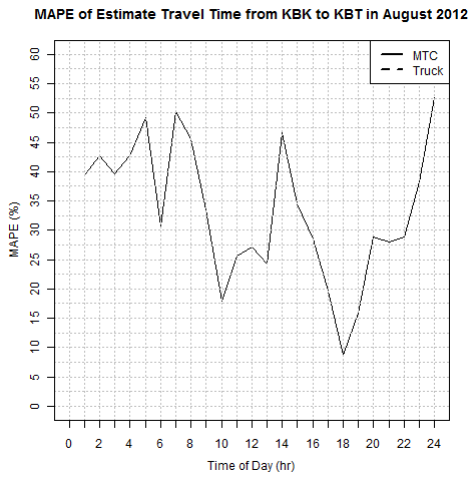
### 6.2 ระยะเวลาเดินทางเฉลี่ย

ตัวชี้วัดอีกตัวหนึ่งที่เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวัดประสิทธิภาพทางพิเศษได้แก่ ระยะเวลาเดินทางเฉลี่ยบนทางพิเศษ ในการศึกษานี้ ได้ทดลองคำนวณระยะเวลาเดินทางจากข้อมูลความเร็วที่เก็บได้จากอุปกรณ์ GPS ทั้งนี้ ได้เลือกเฉพาะข้อมูล GPS ที่เก็บได้จากรถบรรทุก เนื่องจากข้อมูล GPS ของรถแท็กซี่มีจำนวนน้อย (ดังแสดงในหัวข้อ 5.4) และมีพฤติกรรมการขับขี่ที่แตกต่างจากรถบรรทุก (ดังแสดงในหัวข้อที่ 6.1) รูปที่ 20 แสดงการประมาณระยะเวลาที่ได้จากข้อมูล GPS ของรถบรรทุก (เส้นประ) กับและระยะเวลาเดินทางจริงที่ได้จากระบบเก็บค่าผ่านทางแบบปิด (เส้นทึบ) ทุกช่วงเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าระยะเวลาเดินทางของรถบรรทุกจะสูงกว่าระยะเวลาเดินทางที่ได้จากระบบเก็บค่าผ่านทางตลอด 24 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม ข้อมูลทั้งสองเส้นมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน โดยแนวโน้มจะแสดงระยะเวลาเดินทางที่สูงขึ้นในช่วง 10:00 – 14:00 น. และช่วง 17:00-19:00 น. ซึ่งเป็นช่วง Peak Hour ของทางพิเศษสายนี้ เมื่อคำนวณค่า Mean Absolute Error (MAE) จะอยู่ในช่วง 1-5 นาที และค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) จะอยู่ในช่วง 10 – 50 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 21




**รูปที่ 20** การประมาณระยะเวลาเดินทางจากข้อมูล GPS ของรถบรรทุก และระยะเวลาเดินทางจริง (MTC)

จากรูปที่ 21 เปอร์เซ็นผลต่างของระยะเวลาเดินทางจากข้อมูล GPS กับระยะเวลาเดินจริงจากระบบ MTC เทียบกับช่วงเวลาของวัน พบว่าในช่วง 07.00 – 10.00 น. จะมีค่าเปอร์เซ็นผลต่างของเวลาจะลดลง และเพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 10.00 – 14.00 น. และลดลงอีกในช่วงเวลา 14.00 – 18.00 น. ซึ่งสอดคล้องกับเที่ยวการเดินทางในรูปที่ 14 เช่นกัน ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ปริมาณเที่ยวการเดินทางจะมีผลต่อระยะเวลาเดินทาง

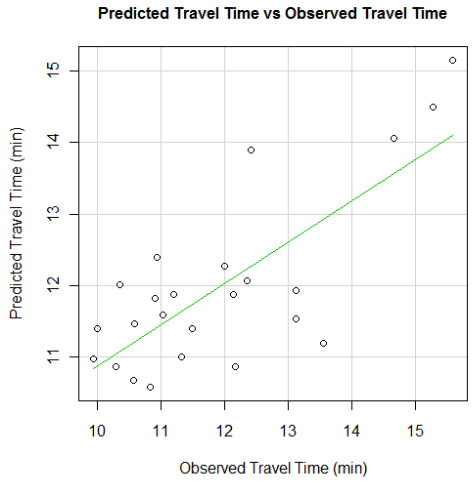



**รูปที่ 21** ค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ของข้อมูล GPS จากรถบรรทุกเมื่อเทียบกับเวลาเดินทางจริง จากด่านบางขุนเทียนไปยังด่านบางแก้ว

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาเดินทางที่ได้จากข้อมูล GPS จากรถบรรทุก และระยะเวลาเดินทางจริง มีความสัมพันธ์เชิงบวก แสดงดังรูปที่ 22 และสามารถอธิบายได้ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นดังนี้

$$TT_A = -0.311 + 0.78TT_{Truck} \quad (3)$$

เมื่อ $TT_A$ คือระยะเวลาเดินทางจริง (Actual Travel Time) มีหน่วยเป็นนาที และ $TT_{Truck}$ คือระยะเวลาเดินทางที่คำนวณได้จากข้อมูล GPS ของรถบรรทุก แบบจำลองนี้มีค่า $R^2$ เท่ากับ 0.55




**รูปที่ 22** Scatter Plot ระหว่างระยะเวลาเดินทางที่ประมาณได้จากข้อมูล GPS ของรถบรรทุก (y-axis) และระยะเวลาเดินทางจริง จากระบบเก็บค่าผ่านทาง

## 7. สรุปผลการวิจัย

ในบทความนี้ ได้ทำการศึกษา นำข้อมูล GPS ที่ได้จากอุปกรณ์รับสัญญาณ GPS ที่ติดตั้งบนรถแท็กซี่ และรถบรรทุก มาใช้ในการวิเคราะห์สภาพจราจรบนทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี –สุขสวัสดิ์) จากด่านบางครุไปยังด่านบางขุนเทียน จากการศึกษา พบว่าข้อมูล GPS มีจำนวนมาก และข้อมูลบันทึกได้ไม่สามารถนำมาใช้ได้เลย โดยในการศึกษา ได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล เพื่อคัดกรองข้อมูลให้เหลือเฉพาะข้อมูล GPS บนถนนที่เราต้องการ นอกจากนี้ ในบทความนี้ ได้วิเคราะห์ปริมาณข้อมูล และ Penetration Rate ของรถที่เดินทางบนทางพิเศษ ทั้งรถแท็กซี่ และรถบรรทุก พบว่าในการวิเคราะห์ข้อมูล ต้องแบ่งประเภทในการวิเคราะห์เป็น 2 ประเภท คือ รถแท็กซี่ และรถบรรทุก เนื่องจากบนทางพิเศษสายนี้ มีรถแท็กซี่วิ่งอยู่น้อย แต่มีปริมาณรถบรรทุกประมาณ 1 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนรถทั้งหมด โดยรถบรรทุกจะมีสัดส่วนที่มากในเวลากลางคืน โดยเฉพาะหากพิจารณาเฉพาะสัดส่วนรถบรรทุกที่ติดตั้งอุปกรณ์ GPS ต่อจำนวนรถบรรทุกทั้งหมดที่วิ่งบนทางพิเศษสายนี้ จะพบว่ามีสัดส่วนที่สูงถึง 15 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ข้อมูล GPS จากรถบรรทุก สามารถนำไปใช้ในงาน

วิศวกรรมจราจรได้ เช่นการวิเคราะห์จุดติดขัด โดยเฉพาะบนเส้นทางรถบรรทุก

ในส่วนสุดท้ายของบทความ จะเป็นการยกตัวอย่างการนำข้อมูล GPS ไปคำนวณค่าต่าง ๆ เช่น ความเร็ว และระยะเวลาเดินทาง เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของทางพิเศษ ค่าความเร็วที่ได้จากข้อมูล GPS ของรถแท็กซี่จะมีค่าใกล้เคียงกับความเร็วที่วัดได้จากอุปกรณ์อัตโนมัติบนสายทาง นอกจากนี้ ข้อมูลความเร็วและพิกัด จากข้อมูล GPS สามารถนำไปหาระยะเวลาเดินทางบนสายทางได้ โดยในบทความนี้ได้ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาเดินทางที่ได้จากข้อมูล GPS และระยะเวลาเดินทางจริงที่วัดได้จากอุปกรณ์เก็บค่าผ่านทางในระบบปิด

## 8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ กองวิจัยและพัฒนาระบบทางพิเศษ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย สำหรับข้อมูลจำนวนรถยนต์ และความเร็วบนทางพิเศษกาญจนาภิเษก และมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทยหรือ (iTIC) โดย ดร.วุฒิชัย อัมพรอร่ามเวทย์ บริษัท เมตามีเดีย ผู้อนุเคราะห์ข้อมูล GPS ตลอดการศึกษา มา ณ ที่นี้ด้วย

## เอกสารอ้างอิง

[1] Margiotta, R., T. Lomax, M. Hallenbeck, S.H. Turner, A.L. Skabardonis, C.H. Ferrell, and B. Eisele (2006) Guide to Effective Freeway Performance Measurement : Final Report and Guidebook , *National Cooperative Highway Research Program*

[2] ธีระศร พิริยมานันท์, 2548 . การประมาณเวลาการเดินทางของกระแสจราจรโดยใช้ข้อมูลพิกัดตำแหน่งแท็กซี่ . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[3] Cesar A. Quiroga and Darcy Bullock (1998) Travel time studies with global positioning and geographic information systems: an integrated methodology, *Transportation Research Part C* 6 101-127.

[4] Herring , R.J. (2010) Real-Time Modeling and Estimation with Streaming Probe Data using Machine Learning, *Industrial Engineering and Operations Research*