การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการประยุกต์ใช้ข้อมูล Mobile Probe กับ Fixed Sensor เพื่อรายงานสภาพจราจรบนทางพิเศษ กรณีศึกษา ทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์)

Comparative Evaluation of Mobile Probeand Fixed Sensor for Traffic Report System : A Case Study on Kanchanapisek Expressway (Bang Phli - Suksawat)

ศิวัช ปัญญาชัยวัฒนากูล[1,*] พรณรงค์ เลื่อนเพ็ชร[2] และ เทพฤทธิ์ รัตนปัญญากร[3]

[1,3]กองวิจัยและพัฒนา [2]กองวางแผนและปฏิบัติการ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย
**Corresponding author; E-mail address: siwat.exat@gmail.com*

บทคัดย่อ

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) ได้ทำการศึกษาความเหมาะสมของการประยุกต์ใช้ข้อมูลจาก Mobile Probe เพื่อการรายงานสภาพจราจรบนทางพิเศษ โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพและความแม่นยำของการรายงานสภาพจราจรให้กับผู้ใช้ทางพิเศษ และหาแนวทางในการลดงบประมาณในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรแบบติดตั้งบนทางที่ต้องมีต้นทุนในการดำเนินการค่อนข้างสูง การศึกษานี้ได้คัดเลือกพื้นที่ศึกษาบนทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์) ซึ่งมีโครงข่ายอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรแบบอัตโนมัติที่สมบูรณ์จากการพัฒนาระบบจราจรอัจฉริยะ (ITS) ระยะทางทั้งสิ้น 22.5 กิโลเมตร ในการวิเคราะห์คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค (Microscopic Simulation Model) ที่พัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรม AIMSUN 7.0 เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์สัดส่วนของข้อมูลสภาพจราจรประเภท Mobile Probe ที่สามารถรายงานสภาพจราจรบนทางพิเศษที่ถูกต้องที่ระดับ 85 เปอร์เซ็นต์โดยปรับเทียบแบบจำลองด้วยข้อมูลจราจรที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรแบบอัตโนมัติที่ติดตั้งบนทางพิเศษ โดยตัวแปรทางด้านจราจรที่ใช้ในพิจารณา ประกอบด้วยอัตราการไหลผ่านจุดอ้างอิงบนทางพิเศษ (Flow Rate ; คัน/ชั่วโมง) ความเร็วเฉลี่ยของการจราจรที่ผ่านจุดอ้างอิง (Average Speed ; กิโลเมตร/ชั่วโมง)ความหนาแน่นของการจราจรที่ผ่านจุดอ้างอิง (Density ; คัน/กิโลเมตร) จากผลการศึกษาพบว่า จำนวนข้อมูลที่ได้จาก Mobile Probe เพียงแค่ 3-5 % ของจำนวนรถในระบบก็เพียงพอต่อการรายงานสภาพความเร็วบนทางที่ระดับความเชื่อมั่น 85 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้ทำการศึกษาถึงข้อจำกัด ระหว่าง Mobile Probe และอุปกรณ์ตรวจวัดจราจรที่ติดตั้งบนทางพิเศษในเชิงเปรียบเทียบการนำข้อมูลไปใช้เพื่อการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมจราจร

คำสำคัญ: ทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์), แบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค

Abstract

The evaluation of Mobile Probe utilization for reporting traffic conditions system on expressways was conducted by focusing on the accuracy results of using probe to report traffic conditions of expressway comparing with the fixed sensors which were installed onsite and more costly than probe. The Kanchanapisek Expressway (Bang Phli-Suksawat) with the total length of 22.5 Km was selected to be a study area since all essential traffic data for constructing and calibrating the simulation model are available in this route due to prior implementation of the fixed sensors network for EXAT ITS corridor project. The Microscopic Simulation Model developed by AIMSUN 7.0 program was employed to analyze and evaluate the performance of Mobile Probe for reporting traffic conditions. The Traffic Simulation Model was calibrated and validated with 85 percent of accuracy by using traffic flow rate, average speed, and traffic density measured onsite by the ITS sensor network system. The traffic volumes at relevant toll plaza were gathered from Revenue Audit Database and used as input traffic parameter. The results show that only 3-5 percent of mobile probe data can be represented the average vehicle speed of road users with 85 percent of accuracy. Beside, others issues regarding the utilization of mobile probe comparing with fixed sensors have been discussed on matter of the transportation engineering basis.

Keywords: Mobile Probe, Kanchanapisek Expressway, Microscopic Simulation Model,AIMSUN Program

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

งานพัฒนาระบบจราจรอัจฉริยะ คือ การพัฒนาระบบเก็บข้อมูลจราจรแบบทันกาลและเป็นอัตโนมัติ ข้อมูลสภาพจราจรที่ถูกต้องจะทำให้ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือดังนั้นการเลือกใช้และบำรุงรักษาอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญต่อระบบจราจรอัจฉริยะอย่างยิ่ง ปัจจุบันงบประมาณในการติดตั้งและบำรุงรักษาอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรอยู่ในระดับสูงเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรไม่สามารถผลิตได้ในประเทศเนื่องจากต้องใช้เทคโนโลยีอะไหล่และซอร์ฟแวร์ควบคุมจากต่างประเทศอีกทั้งยังเป็นความลับทางธุรกิจของผู้ผลิตด้วย

เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการดำเนินงานพัฒนาระบบจราจรอัจฉริยะและการใช้งบประมาณอย่างมีประสิทธิภาพของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) กองวิจัยและพัฒนา (กวพ.) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการพัฒนาระบบจราจรอัจฉริยะจึงมีแนวคิดในการศึกษาความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ข้อมูลประเภท Probe Data เพื่อการพัฒนาแบบจำลองด้านการจราจรที่มีประสิทธิภาพ โดยเป็นการประเมินความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ข้อมูลสภาพจราจรจาก Probe Data เพื่องานวิศวกรรมจราจรทางพิเศษ โดยพิจารณาประสิทธิภาพและความแม่นยำในการรายงานข้อมูลจราจร

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาทบทวนแนวคิดและผลการศึกษาจากการประยุกต์ใช้ข้อมูลสภาพจราจรประเภท Probe Data สำหรับการรายงานสภาพจราจรบนทางพิเศษ

2. เพื่อวิเคราะห์หาสัดส่วนของข้อมูลสภาพจราจรประเภท Probe Data ที่เหมาะสมสำหรับประยุกต์ใช้ในการรายงานสภาพจราจรบนทางพิเศษ

3. เพื่อประเมินความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ข้อมูลสภาพจราจรประเภท Probe Data ในระบบจราจรอัจฉริยะของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

4. เพื่อเสนอแนะแนวทางการดำเนินการในการประยุกต์ใช้ข้อมูลสภาพจราจรประเภท Probe Data ร่วมกับข้อมูลสภาพจราจรจาก Fixed Sensor ในการรายงานสภาพจราจรบนทางพิเศษ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้พิจารณาใช้โครงข่ายทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์) เป็นพื้นที่ศึกษา เนื่องจากโครงข่ายดังกล่าว เป็นสายทางหลักที่มีการนำร่องพัฒนาระบบจราจรอัจฉริยะ (ITS) และการศึกษานี้พิจารณาใช้แบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค (Microscopic Simulation Model) ด้วยใช้โปรแกรม AIMSUN เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์เปรียบเทียบการรายงานผลสภาพจราจรที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรประเภท Fixed Sensor และจาก Probe Data

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โปรแกรมจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาค AIMSUN

AIMSUN (Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks) เป็นโปรแกรมสำหรับการจำลองสภาพการจราจรที่ถูกพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1997 โดยได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อใช้ในการจำลองสภาพจราจรระดับกึ่งจุลภาค (Mesoscopic simulator) และระดับจุลภาค (Microscopicsimulator) การจำลองคนเดินเท้า (Pedestrian simulator) ที่มีพื้นฐานแบบจำลองความต้องการเดินทาง (Travel demand modelling) ที่ครอบคลุมการเกิดการเดินทาง (Tripgeneration) การกระจายการเดินทาง (Trip distribution) และการเลือกรูปแบบการเดินทาง (Modal split) รวมไปถึงการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรต่างๆ ที่มีการนำไปประยุกต์ใช้ในหลายหน่วยงานทั่วโลกสำหรับการศึกษาวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรมจราจร การจำลองสภาพการจราจร การวางแผนการขนส่ง และการศึกษาอพยพฉุกเฉิน นอกจากนี้ยังสามารถใช้เพื่อประเมินแนวทางการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน การวิเคราะห์เกี่ยวกับมลภาวะ และการวิเคราะห์สภาพจราจรติดขัดในพื้นที่เมือง

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับการศึกษาทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การศึกษานี้ได้ดำเนินการศึกษาทบทวนแนวคิดและผลการศึกษาจากการประยุกต์ใช้ข้อมูลสภาพจราจรประเภทต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการรายงานสภาพจราจรบนโครงข่ายถนน โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

Shi Q. et al [1] ศึกษาการบริหารจัดการข้อมูลขนาดใหญ่สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการจราจรและความปลอดภัยบนโครงข่ายทางพิเศษในเขตเมือง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระดับความติดขัดและความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุบนโครงข่ายทางพิเศษในเขตเมือง การศึกษานี้ได้ทำการประยุกต์ใช้ข้อมูลสภาพจราจรจากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรแบบไมโครเวฟ จำนวน 275 ชุด (ระยะห่างในการติดตั้งน้อยกว่า 1 ไมล์) ที่ติดตั้งอยู่บนทางพิเศษในเขตเมืองออร์แลนโด ครอบคลุมระยะทาง 75 ไมล์ ซึ่งมีการเก็บข้อมูลพารามิเตอร์ด้านจราจร (ความหนาแน่น, อัตราการไหล, ความเร็ว) ทุก 1 นาที อย่างต่อเนื่อง เป็นเครือข่ายข้อมูลขนาดใหญ่ในการพิจารณา ผลการศึกษาพบว่าการประเมินความแออัดของโครงข่ายทางพิเศษในแบบ Real Time จะช่วยสนับสนุน

การวิเคราะห์ด้านความปลอดภัยโดยสามารถแสดงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภายในกระแสจราจรที่เกิดขึ้นต่อโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ

Jenelius E. et al [2] พัฒนาแบบจำลองทางสถิติสำหรับประมาณระยะเวลาการเดินทางบนโครงข่ายถนนด้วยการใช้ข้อมูลการเดินทางของยานพาหนะที่ได้จาก GPS โดยที่รูปแบบการเดินทางจะถูกพิจารณาแบ่งตามช่วงถนนและความล่าช้าที่เกิดขึ้นบริเวณทางแยก หลังจากนั้นจากพิจารณาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเดินทางในช่วงถนนที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ (Spatial moving average) ทั้งนี้ แบบจำลองที่พัฒนาจะทำหน้าที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่สำคัญของโครงข่ายถนน ซึ่งประกอบด้วยความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ของยานพาหนะในช่วงที่กลุ่มตัวอย่างมีความถี่ต่ำ ดังนั้น พารามิเตอร์ภายในช่วงถนนที่ใช้อธิบายสภาพจราจรจึงประกอบด้วย การจำกัดความเร็ว ลักษณะของถนน ช่วงเวลา สภาพอากาศ เป็นต้น ผลจากการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และความเร็วที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาจะเป็นประโยชน์สำหรับการวางแผนจัดการจราจรและคาดการณ์เหตุการณ์ในอนาคต ด้วยการใช้ความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood) เมื่อพิจารณานำมาประยุกต์ใช้เป็นกรณีศึกษาในพื้นที่โครงข่ายถนนภายในกรุงสตอกโฮล์ม ประเทศสวีเดน ซึ่งมีการเชื่อมโยงข้อมูลสภาพอากาศเป็นหนึ่งในปัจจัยในการวิเคราะห์การเดินทาง พบว่ามีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อระยะเวลาการเดินทางและตำแหน่งของยานพาหนะในช่วงถนน

Jimenez-Meza A. et al [3] นำเสนอแนวคิดในการประยุกต์ใช้ข้อมูล GPS ในการประมาณค่าเวลาการเดินทาง ระยะทาง และความเร็วในช่วงถนน สำหรับการคำนวณระดับการให้บริการและแสดงผลสถานะของถนนด้วยแถบสีด้วยระดับการให้บริการ โดยผลจากกรณีศึกษาข้อมูลการติดตามยานพาหนะด้วยระบบ GPS จำนวน 1,012 ชุดข้อมูลในกรุงปักกิ่ง ประเทศจีน เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากแท็กซี่ภายในพื้นที่ดังกล่าว พบว่าข้อมูลที่ได้จากการติดตามยานพาหนะด้วย GPS สามารถให้ข้อมูลสภาพจราจรรายคันของยานพาหนะได้อย่างถูกต้อง และสามารถใช้ในการประมาณระดับการให้บริการของช่วงถนนต่างๆ ได้ด้วยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะกับช่วงของระดับการให้บริการ

Steenbruggen J. et al [4] ศึกษาทบทวนการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากโครงข่ายโทรคมนาคมสำหรับการบริหารจัดการอุบัติการณ์ จากการทดลองใช้ในกรุงอัมเตอร์ดัม ประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยสามารถสรุปได้ว่าผลที่ตามมาจากการเกิดอุบัติเหตุด้านจราจรนั้น ไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะผู้เดินทางเท่านั้น แต่จะส่งผลกระทบไปสู่พื้นที่โดยรอบเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นด้วย หากสามารถประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากอุบัติเหตุในแบบ Real Time ได้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในด้านการจัดการความปลอดภัยในการขนส่ง ทั้งนี้ ได้นำเสนอศักยภาพของข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ในการสนับสนุนการจัดการจราจร โดยมุ่งเน้นความสนใจไปที่การประยุกต์ใช้ข้อมูลที่ได้จากเครือข่ายโทรศัพท์มือถือในการบริการจัดการด้านความปลอดภัยในการขนส่ง

Gao H. et al [5] ศึกษาประสิทธิภาพของข้อมูลสภาพจราจรบนทางพิเศษจากข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่ได้จากโทรศัพท์มือถือ โดยพิจารณาในกรณีที่มีโทรศัพท์มือถือหลายเครื่องอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน และนำเสนอเทคนิคในการจัดกลุ่มของข้อมูลเพื่อให้สามารถระบุได้ว่าเป็นข้อมูลการเดินทางที่อยู่ในยานพาหนะคันเดียวกัน ด้วยการพิจารณาความเร็วการจราจร การแบ่งแยกประเภทของยานพาหนะ และความหนาแน่นของการจราจร ผ่านการพัฒนาแบบจำลองที่มีความซับซ้อนครอบคลุมสภาพการจราจรและตำแหน่งของโทรศัพท์มือถือที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าความถูกต้องแม่นยำของตำแหน่งโทรศัพท์มือถือเป็นปัจจัยสำคัญในการประเมินสภาพจราจรโดยเฉพาะในกรณีที่ความถี่ของข้อมูลเกิดขึ้นในตำแหน่งเดียวกัน

Bar-Gera H. [6] ทำการประเมินประสิทธิภาพของข้อมูลสภาพจราจรที่ได้จากโทรศัพท์มือถือ (ความเร็วและเวลาในการเดินทาง) ด้วยการประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลจากผู้ให้บริการเครือข่ายสัญญาณโทรศัพท์มือถือ การศึกษานี้ได้ทำการพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลบนทางพิเศษที่มีปริมาณจราจรหนาแน่น ระยะทาง 14 กิโลเมตร ครอบคลุมตำแหน่งทางแยกต่างระดับ จำนวน 10 จุด ด้วยการเปรียบเทียบความเร็วของการจราจรและระยะเวลาการเดินทางที่ได้จากสัญญาณโทรศัพท์มือถือด้วยการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรแบบขดลวดเหนี่ยวนำและการใช้รถทดสอบซึ่งมีช่วงเวลาในการรายงานผลทุก 5 นาที ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าข้อมูลสภาพจราจรที่ได้จากสัญญาณโทรศัพท์มือถือสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในระบบรายงานสภาพจราจร การวางแผน และการประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองได้เป็นอย่างดี

Herrera J. et al [7] ทำการประเมินประสิทธิภาพของข้อมูลสภาพจราจรที่ได้จากอุปกรณ์ GPS ที่ติดตั้งบนโทรศัพท์มือถือ บนทางหลวงสาย I-880 ระยะทาง 10 ไมล์ ภายในรัฐแคลิฟอร์เนีย ด้วยการเก็บข้อมูลการเดินทางในรูปแบบของความเร็วที่เกิดขึ้นจากสภาพการจราจรในแต่ละช่วงถนน ผลจากการศึกษาพบว่าข้อมูลสภาพจราจรที่ได้จากอุปกรณ์ GPS ที่ติดตั้งบนโทรศัพท์มือถือเพียงพอต่อการประยุกต์ใช้ในการรายงานสภาพจราจร ในขณะเดียวกันก็สามารถบริหารจัดการความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้งานโทรศัพท์มือถือได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ในการศึกษายังประสบความสำเร็จในการรายงานสภาพจราจรแบบ Real Time ผ่านระบบอินเตอร์เน็ต โดยผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าจำนวนผู้ขับขี่ที่ใช้โทรศัพท์

เพียงแค่ 2-3 % ก็เพียงพอต่อความถูกต้องในการตรวจวัดความเร็วในการจราจร

พรณรงค์ และคณะ [8] ศึกษาการประเมินระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรบนทางพิเศษที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในระบบจราจรอัจฉริยะ (ITS) โดยพิจารณาค่าร้อยละความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการรายงานสภาพจราจร (ปริมาณจราจร, ความเร็ว, ความหนาแน่น และความยาวแถวคอย) และมูลค่าการลงทุนในการติดตั้งอุปกรณ์ (Installation Cost)ที่เกิดขึ้นในช่วงระยะห่างตั้งแต่ 500 เมตร 1,000 เมตร 2,000 เมตร และกรณีไม่มีการติดตั้งเพิ่ม (ระยะ 5,000 เมตร) ผลการศึกษาพบว่าระยะห่างที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรอยู่ในช่วงระยะ1,500 – 2,000 เมตร ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีความเหมาะสมในแง่ของประสิทธิภาพการรายงานผลข้อมูลสภาพจราจร (ค่าร้อยละความผิดพลาดไม่เกิน 15%) และงบประมาณที่เหมาะสมในการลงทุนติดตั้ง (อยู่ในช่วง10-20 ล้านบาท)

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

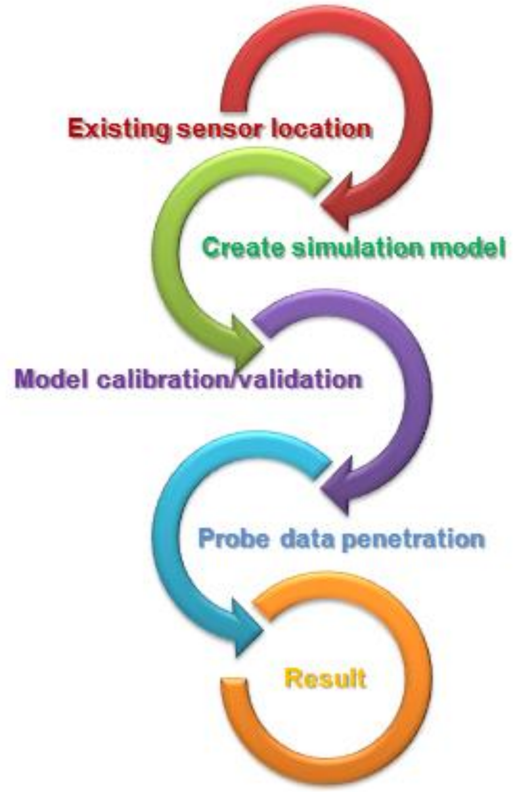
ภายหลังจากการศึกษาทบทวนแนวคิดและผลการศึกษาจากการประยุกต์ใช้ข้อมูลสภาพจราจรประเภทต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการรายงานสภาพจราจรบนโครงข่ายถนน สามารถสรุปในเบื้องต้นได้ว่ามีความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ข้อมูลสภาพจราจรประเภท Probe Data สำหรับการรายงานสภาพจราจร อย่างไรก็ตามค่าสัดส่วนที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้อาจมีความแตกต่างกันตามลักษณะทางกายภาพและพฤติกรรมของกระแสจราจร ดังนั้น การศึกษานี้จึงได้พิจารณากำหนดกรอบแนวคิดที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ข้อมูลสภาพจราจรประเภท Probe Data สำหรับการรายงานสภาพจราจรบนทางพิเศษ โดยแบ่งการพิจารณาเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ประกอบด้วย

3.2 ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบสมมุติฐาน

จากผลการศึกษาของ Herrera J. et al [7] พบว่าจำนวน Probe Data จำนวนน้อย (2-3%) ก็เพียงพอต่อความถูกต้องในการตรวจวัดความเร็วในการจราจร ซึ่งค่าสัดส่วนดังกล่าวมีความแตกต่างกันตามลักษณะทางกายภาพและพฤติกรรมของกระแสจราจร ดังนั้น กรณีของทางพิเศษ กทพ. จึงได้พิจารณาทดสอบสมมุติฐานที่มีความสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพและพฤติกรรมของกระแสจราจรบนทางพิเศษในปัจจุบัน (ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ประมาณ 1,500 เมตร) โดยดำเนินการศึกษาวิเคราะห์หาสัดส่วนของข้อมูลสภาพจราจรประเภท Probe Data ที่สามารถผลรายงานสภาพจราจรได้ใกล้เคียงกันกับสภาพจราจรที่ได้จากแบบจำลอง

3.3 ขั้นตอนที่ 2 การจำลองสภาพจราจรบนทางพิเศษ

ภายหลังจากที่สามารถประมาณค่าสัดส่วนของข้อมูลสภาพจราจรประเภท Probe Data แล้ว นำแนวคิดดังกล่าวมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคบนโครงข่ายทางพิเศษ โดยการใช้ข้อมูลสภาพจราจรจากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรที่ติดตั้งอยู่บนทางพิเศษในการสอบเทียบและปรับเทียบแบบจำลองหลังจากนั้นทดลองใช้ค่าสัดส่วนของข้อมูลสภาพจราจรประเภท Probe Data ที่ได้ในการพิจารณาเปรียบเทียบสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับการรายงานสภาพจราจรบนทางพิเศษต่อไปดังนั้น กรอบแนวคิดสำหรับการศึกษานี้สามารถแสดงไดดังผังการทำงานใน**รูปที่ 1**



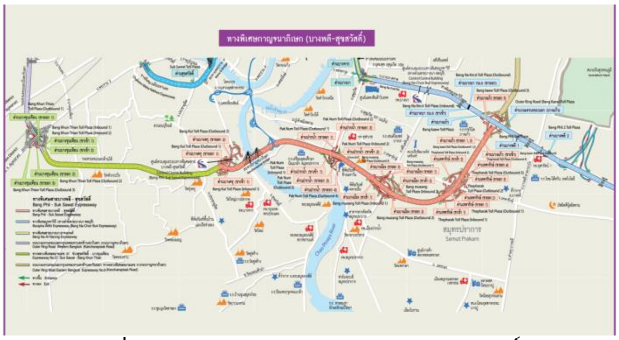
รูปที่ 1 กรอบแนวคิดสำหรับการศึกษา

4. ผลการศึกษา

4.1 ลักษณะทางกายภาพของโครงข่ายทางพิเศษที่ใช้เป็นพื้นที่ศึกษา

ทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์) เดิมมีชื่อว่า “ทางพิเศษสายบางพลี-สุขสวัสดิ์” และเมื่อวันที่ 13 สิงหาคม 2553 ได้รับพระราชทานพระบรมราชานุญาตให้ใช้ชื่อทางพิเศษว่า “ทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี - สุขสวัสดิ์)”

ทางพิเศษกาญจนาภิเษกเป็นส่วนหนึ่งของการก่อสร้างทางหลวงวงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร (ถนนกาญจนาภิเษก) เป็นทางยกระดับขนาด 6 ช่องจราจร มีแนวสายทางต่อเชื่อมกับทางหลวงวงแหวนกาญจนาภิเษกด้านใต้ ช่วงถนนพระรามที่ 2- ถนนสุขสวัสดิ์ เริ่มต้นจากถนนสุขสวัสดิ์บริเวณพระประแดงข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาไปทางทิศตะวันออกผ่านถนนสุขุมวิท ถนนศรีนครินทร์ และถนนเทพารักษ์ ไปบรรจบกับทางหลวงหมายเลข 34 (บางนา-บางปะกง) บริเวณบางพลี ระยะทาง 22.5 กม. มีทางแยกต่างระดับ 5 แห่ง แสดงดัง**รูปที่ 2**



รูปที่ 2 ทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี - สุขสวัสดิ์)

4.2 การปรับเทียบแบบจำลองสภาพจราจร

การปรับเทียบแบบจำลองเป็นกระบวนการที่ทำการเปลี่ยนค่าตัวแปรบางตัวในแบบจำลองเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลแบบจำลองมีค่าที่เสมือนกับค่าที่ได้จากการสำรวจ โดยแบบจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้นในการศึกษาครั้งนี้จะถูกนำมาประมวลผลและนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลสภาพการจราจรที่สำรวจซึ่งผลเปรียบเทียบ จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การวางแผนการจราจรต่อไป

จากเป้าประสงค์ของการศึกษา แบบจำลองสภาพจราจรตามระดับจุลภาค (Microscopic Simulation Model) จะมีความเหมาะสมมากที่สุดรวมทั้งพิจารณาสร้างแบบจำลองเฉพาะทางหลักเท่านั้น โดยในแบบจำลองจะประกอบด้วยNode ซึ่งใช้แทนตำแหน่งทางขึ้น ทางลงทางพิเศษใช้ Link แทนช่วงถนน และมี Centroid แทนจุดกำเนิดการเดินทางและดึงดูดการเดินทางระหว่างทางขึ้น – ลงต่าง ๆ ของทางพิเศษ โครงข่ายในแบบจำลองที่สร้างขึ้นจะมีคุณสมบัติพื้นฐานความยาว ความเร็วอิสระ ความจุของถนน ตามกายภาพของถนนจริง แบบจำลองครั้งนี้มุ่งเน้นการจำลองความเร็วเฉลี่ยบนทางพิเศษโดยเทียบกับข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรอัตโนมัติแบบ IDS ที่ติดตั้งบนสายทางทั้ง 12 จุด

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการสอบเทียบแบบจำลองสภาพจราจรสำหรับการศึกษานี้ คือ ความเร็วกระแสจราจรบนทางพิเศษ อัตราการไหลของกระแสจราจรจราจร และความหนาแน่นของสภาพจราจร

ในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองใช้เกณฑ์ในการปรับเทียบ 2 เกณฑ์ ดังนี้

1) ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ร้อยละความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error : MAPE)

$$\text{Mean Absolute Percent Error (MAPE)} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{\text{ค่าจริง}_i - \text{ค่าพยากรณ์}_i}{\text{ค่าจริง}_i}\right| \times 100$$

การวัดความถูกต้องของการพยากรณ์โดยใช้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย หรือ MAPE นั้นจะมีข้อได้เปรียบกว่าวิธี Mean Absolute Error เนื่องจากเป็นการวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เทียบกับค่าข้อมูลจริงจึงสามารถที่จะใช้ในการประเมินการพยากรณ์ได้เหมาะสมกว่า โดยค่า MAPE ยิ่งน้อย หมายถึงการพยากรณ์ยิ่งแม่นยำ

2) ค่าทางสถิติ GEH เป็นการเปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองตามที่แนะนำไว้ในเอกสารแนวทางการพัฒนาแบบจำลองทางวิศวกรรมจราจร ของรัฐบาลประเทศนิวซีแลนด์และ Design Manual for Roads and Bridges (DMRB) โดยค่า GEH ไม่ควรมากกว่าร้อยละ 10

$$\text{GEH} = \sqrt{\frac{\left(M_{S,F,D} - C_{S,F,D}\right)^2}{\frac{\left(M_{S,F,D} + C_{S,F,D}\right)}{2}}}$$

เมื่อ M คือ ข้อมูล (S,F,D) ที่ได้จากแบบจำลอง
C คือข้อมูล (S,F,D) ที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสภาพจราจรบนทางพิเศษ (IDS Sensor)

4.3 การวิเคราะห์สัดส่วนข้อมูลสภาพจราจรประเภท Probe Data ที่เหมาะสม

การศึกษาสัดส่วนข้อมูลประเภท Probe Data ที่เหมาะสมต่อการรายงานสภาพจราจรบนทางพิเศษกาญจนาภิเษก โดยทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการให้ข้อมูลจากแบบจำลองใน 4 รูปแบบดังนี้

1) ความเร็วของช่วงถนน (Model Section Speed) ที่ได้จากแบบจำลองซึ่งถือเป็นความเร็วที่สอดคล้องกับสภาพจราจรจริง (Ground Truth)

2) ค่าความเร็วที่ได้จาก Probe Car (Probe Speed) ในสัดส่วนมีปริมาณ Probe Car ต่อปริมาณ Car บนทางพิเศษแตกต่างกันที่ร้อยละ 0.5, 1, 2, 3, 5

3) ค่าความเร็วที่ได้จากแบบจำลองในตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจร (Fixed Sensor Speed)

4) ค่าเฉลี่ยความเร็วที่ได้จากจากแบบจำลองที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรตำแหน่งต้นน้ำและปลายน้ำ (Average Upstream and Downstream Fixed Sensor Speed)

จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างความเร็วอ้างอิงของช่วงถนนในแบบจำลอง (Model Section Speed) กับค่าความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจร (Avg Fixed Sensor Speed) และค่าความเร็วจาก Probe Car Speed ที่มีสัดส่วนที่ทำการศึกษาสามารถสรุปได้ดัง**ตารางที่ 1**

ตารางที่ 1 สรุปผลความถูกต้องของการรายงานความเร็วบนทางพิเศษโดยมีสัดส่วนของข้อมูลสภาพจราจรประเภท Probe Data ที่แตกต่างกันเทียบกับ ความถูกต้องของการรายงานความเร็วบนทางพิเศษจากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจร

สัดส่วนของข้อมูลสภาพจราจรประเภท Probe Data	ร้อยละของความถูกต้องของการรายงานด้วย Probe Data	ร้อยละของความถูกต้องของการรายงานด้วย Fixed Sensor
ร้อยละ 0.5	96.89	96.74
ร้อยละ 1	98.89	97.44
ร้อยละ 2	99.88	96.85
ร้อยละ 3	99.71	96.98
ร้อยละ 5	99.79	95.97

จากผลการศึกษาพบว่า สัดส่วนข้อมูล Probe Data ที่สามารถรายงานข้อมูลความเร็วการเดินทางที่แม่นยำเพียงพอ (มากกว่าร้อยละ 85) เมื่อมีข้อมูล Probe Data ที่ร้อยละ 0.5 ของปริมาณจราจรในแต่ละช่วงถนน โดยสามารถรายงานความเร็วในการเดินทางระดับความแม่นยำร้อยละ 96.89

เมื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของการรายงานระยะเวลาการเดินทางโดยใช้ข้อมูล Probe Data กับการใช้ข้อมูลจาก Fixed Sensor พบว่าจากการจำลองสภาพจราจร ข้อมูลจาก Fixed Sensor ระยะห่าง 1.5 กิโลเมตรให้ความแม่นยำในการรายงานความเร็วในการเดินทางได้น้อยกว่าและเมื่อปริมาณข้อมูลของ Probe Data มีสัดส่วนเพิ่มมากขึ้น ข้อมูลจาก Probe Data จะยิ่งให้ความแม่นยำในการรายงานความเร็วของกระแสจราจรที่ความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ในขณะที่ความถูกต้องของการรายงานด้วย Fixed Sensor ระยะห่าง 1.5 กิโลเมตรอยู่ระหว่างร้อยละ 95.9-97.4

5. บทสรุป

1) สัดส่วนข้อมูลจากProbe Data ให้ความแม่นยำเพียงพอต่อการประเมินความเร็วการเดินทางบนทางพิเศษกาญจนาภิเษกที่ความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 85 เมื่อใช้ข้อมูลจาก Probe Data ที่มีสัดส่วนร้อยละ 0.5 ของปริมาณจราจร ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสามารถให้ความแม่นยำได้ถึงร้อยละ 96.89ซึ่งอยู่ในระดับความแม่นยำใกล้เคียงกับ Fixed Sensor

2) เมื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของการรายงานระยะเวลาการเดินทางโดยใช้ข้อมูล Probe Data กับการใช้ข้อมูลจาก Fixed Sensor พบว่าจากการจำลองสภาพจราจร ข้อมูลจาก Fixed Sensor ที่ติดตั้งบนทางพิเศษกาญจนภิเษกระยะห่าง 1.5 กิโลเมตรให้ความแม่นยำในการรายงานความเร็วในการเดินทางได้น้อยกว่าการใช้ข้อมูลจาก Probe Data เพียงร้อยละ 5 และเมื่อปริมาณข้อมูลของ Probe Data มีสัดส่วนเพิ่มมากขึ้น ข้อมูลจาก Probe Data จะยิ่งให้ความแม่นยำในการรายงานความเร็วของกระแสจราจรที่ความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3) ข้อมูลที่ได้จาก Probe Data เป็นค่าความเร็วและพิกัดของรถยนต์รายคัน ซึ่งเพียงพอต่อแอปพลิเคชันที่ใช้ตัวแปรประเภทความเร็ว ได้แก่ ระบบประมาณและคาดการณ์ระยะเวลาการเดินทางบนทางพิเศษและระบบประเมินและคาดการณ์สภาพจราจรบนทางพิเศษ อย่างไรก็ตามไม่เพียงพอต่องานวิจัยและศึกษาพฤติกรรมเพื่อพัฒนาการให้บริการบนทางพิเศษแต่อย่างใด

4) อุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรแบบ Microwave Radar และ Image Processing ที่ติดตั้งบนทางพิเศษกาญนาภิเษก สามารถให้ข้อมูลที่จำเป็นต่องานวิศวกรรมจราจรเช่น ความเร็ว (Speed) ปริมาณจราจร (Flow) และความหนาแน่นของการจราจร (Density) อัตราการครอบครองพื้นที่ (Occupancy) การตรวจจับรถหยุด (Stop Vehicle) ระยะห่างระห่างรถ (Headway) และการจำแนกประเภทรถ (Classification) ซึ่งสามารถนำมาจัดทำเป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการพัฒนาระบบจราจรอัจฉริยะและการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการบนทางพิเศษได้ในอนาคต รวมทั้ง กทพ. ยังเป็นผู้ทำการจัดเก็บข้อมูลเองทั้งหมด

5) การให้ข้อมูลจาก Mobile Probe ยังคงมีประเด็นเรื่องการละเมิดความเป็นส่วนตัวซึ่ง กทพ. ให้ความสำคัญในการดำเนินการอย่างยิ่ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณพนักงานและลูกจ้างการทางพิเศษแห่งประเทศไทยทุกท่าน ที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลและให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Shi, Q. and M. Abdel-Aty, Big Data applications in real-time traffic operation and safety monitoring and improvement on urban expressways. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2015(0).

[2] Jenelius, E. and H.N. Koutsopoulos, Travel time estimation for urban road networks using low frequency probe vehicle data. Transportation Research Part B: Methodological, 2013. 53(0): p. 64-81.

[3] Jiménez-Meza, A., J. Arámburo-Lizárraga, and E. de la Fuente, Framework for Estimating Travel Time, Distance, Speed, and Street Segment Level of Service (LOS), based on GPS Data.Procedia Technology, 2013. 7(0): p. 61-70.

[4] Steenbruggen, J., et al., Data from telecommunication networks for incident management: An exploratory review on transport safety and security. Transport Policy, 2013. 28(0): p. 86-102.

[5] Gao, H. and F. Liu, Estimating freeway traffic measures from mobile phone location data. European Journal of Operational Research, 2013. 229(1): p. 252-260.

[6] Bar-Gera, H., Evaluation of a cellular phone-based system for measurements of traffic speeds and travel times: A case study from Israel. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2007. 15(6): p. 380-391.

[7] Herrera, J.C., et al., Evaluation of traffic data obtained via GPS-enabled mobile phones: The Mobile Century field experiment. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2010. 18(4): p. 568-583.

[8] นายพรณรงค์ เลื่อนเพ็ชร, นายสัณห์ พันธ์อุไร และ นายศักดิ์ดา พรรณไวย, “การศึกษาระยะห่างที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรบนทางพิเศษสำหรับการประยุกต์ใช้ในระบบจราจรอัจฉริยะ”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19, 14-16 พฤษภาคม 2557, หน้า 2346-2353