แนวทางการนำเทคโนโลยี GPS และ M-Flow มาใช้บริหารจัดการจราจรบนทางหลวงพิเศษ
Guidelines on Implementation of GPS and M-Flow Technologies for Traffic Management on Express Highways.

วศิน ทักษิณวราจาร (Wasin Thaksinwarajan)[1]
ศิรวิชญ์ คุณรักษา (Siravich Khunragsa)[2]
จิตติชัย รุจนกนกนาฏ (Jittichai Rudjanakanoknad)[3]

[1,2]นิสิตปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
wasin19912@gmail.com, siravich2004@gmail.com
[3]รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, jittichai@hotmail.com

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ข้อมูลที่ได้จากเทคโนโลยี GPS และ M-Flow ในการบริหารการจราจรบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 และ 9 ในประเทศไทย โดยการรวบรวมข้อมูลที่รวบรวมได้จากภาครัฐ ตลอดจนการศึกษางานวิจัยของต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการนำข้อมูลที่ได้จากเทคโนโลยี GPS และ M-Flow โดยพิจารณาข้อจำกัดของข้อมูลและบริบทของทางหลวงพิเศษไทยในปัจจุบัน พบว่าข้อมูลที่ได้จาก GPS และ M-Flow สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการบริหารการจราจรในหลายมิติ ได้แก่ ด้านการจัดการสภาพจราจร สามารถนำข้อมูลมาปรับใช้เพื่อวิเคราะห์ความเร็วยานพาหนะในแต่ละช่วงสายทาง และวิเคราะห์ระดับความหนาแน่นของกระแสจราจร ตลอดจนอาจเสนอให้ค่าผ่านทานผันแปรตามระดับความหนาแน่นได้ในอนาคต ด้านการป้องกันและแก้ปัญหาอุบัติการณ์ สามารถนำข้อมูลมาตรวจจับยานพาหนะที่ขับเร็วเกินไปหรือจอดนิ่งบนสายทาง และตรวจจับอุบัติการณ์ที่เกิดขึ้นบนสายทางได้รวดเร็วขึ้น โดยใช้งานร่วมกับกล้องวงจรปิด ตลอดจนวิเคราะห์ความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติการณ์ได้ นอกจากนี้ สามารถใช้คาดการณ์ระยะเวลาในการเดินทางเพื่อให้ข้อมูลแก่ผู้ใช้ทางและแสดงผลข้อมูลให้ผู้ใช้ทางผ่านอุปกรณ์บนสายทางและสื่อต่างๆ โครงงานนี้ได้สรุปแนวทางการประยุกต์เหล่านี้ไปยังกองทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง กรมทางหลวง เพื่อการนำไปใช้จริงในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ: การจัดการจราจร, ทางหลวงพิเศษ, ข้อมูล GPS, เทคโนโลยีการขนส่งและจราจร

Abstract

This project presents the applications of collected data from GPS and M-Flow technology for traffic management on Express Highways No. 7 and 9 in Thailand. Firstly, data collected from relevant authorities in Thailand and the applications of GPS and M-Flow data in traffic management abroad are examined by considering their limitation and Thailand's Express Highway context. We found that GPS and M-Flow data can be used for better traffic management on Express Highways in several dimensions. For example, in terms of traffic flow management, these data can be calibrated to get vehicle speeds and traffic densities on each highway segment, they might be used to implement variable toll pricing in the future. In addition, for incident prevention and mitigation, these data can be used to identify overspeed or idle vehicles, to earlier detect traffic incidents with existing CCTV system and to instantaneously predict the incident risk. Subsequently, they can be used for travel time prediction for traveler information and present highway users through several highway equipment and other media. Lastly, the project summarized these application guidelines to the Inter-City Motor Way Division, Department of Highways for future implementation.

Key Words: Traffic Management, Express Highway, GPS Data, Transport and Traffic Technology

1. บทนำ

ทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 (มอเตอร์เวย์กรุงเทพฯ-อู่ตะเภา) และทางหลวงพิเศษหมายเลข 9 (ถนนกาญจนาภิเษก) ถือเป็นทางหลวงที่มีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากเป็นเส้นทางที่มีผู้ใช้งานในปริมาณมาก เป็นโครงข่ายเส้นทางหลวงหลักเชื่อมโยงไปยังภาคตะวันออก และเป็นถนนวงแหวนชั้นนอกกรุงเทพมหานคร ซึ่งอยู่ในการควบคุมดูแลของกองทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง กรมทางหลวง ปัจจุบันกรมทางหลวงได้ใช้เทคโนโลยีต่างๆเพื่อการบริหารจัดการจราจร เช่น อุปกรณ์ตรวจนับปริมาณจราจร ป้ายจราจรอัจฉริยะ ศูนย์ควบคุม ฯลฯ ซึ่งก็สามารถบริหารจัดการจราจรได้ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ดี ปัจจุบัน กรมการขนส่งทางบกได้มีข้อกำหนดให้รถบรรทุกขนาดใหญ่และรถขนส่งสาธารณะต้องส่งข้อมูล GPS มายังกรมการขนส่งทางบก เพื่อใช้ในการกำกับดูแลให้รถเหล่านี้ปฏิบัติตามกฎหมาย โดยเฉพาะในด้านการใช้ความเร็วบนสายทาง และใช้ในการติดตามรถขนส่ง นอกจากนี้ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 ทางหลวงพิเศษทั้งสองสายนี้ได้มีการติดตั้งระบบ M-Flow เพื่อความรวดเร็วในการเก็บค่าผ่านทางโดยยานพาหนะไม่ต้องชะลอความเร็วที่หน้าด่าน โดยจะมีระบบอ่านป้ายทะเบียนนรถยนต์อัตโนมัติ และไปจัดเก็บค่าผ่านทางผ่านช่องทางต่างๆ อีกชั้นหนึ่ง ทั้งข้อมูล GPS และ M-Flow นี้ล้วนแต่เป็นชุดข้อมูลที่มีการเก็บอย่างต่อเนื่อง ทันกาลและน่าเชื่อถือ แต่ข้อมูลเหล่านี้ไม่ได้มีการนำมาใช้ในการบริหารจัดการจราจรบนทางหลวงพิเศษแต่อย่างใด ทั้งที่ข้อมูลจาก GPS เป็นข้อมูลที่มีการระบุพิกัด และจับการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยสามารถระบุยานพาหนะรายคันได้อย่างแม่นยำ และข้อมูลจาก M-Flow ก็สามารถช่วยระบุยานพาหนะ และเวลาเข้าออกเส้นทางได้อย่างแม่นยำ จึงน่าที่กรมทางหลวงจะนำข้อมูลทั้งสองส่วนนี้ มาประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีการจราจรที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและแม่นยำขึ้น ไปใช้ในการบริหารการจราจรได้

โครงงานนี้เป็นการศึกษารูปแบบการบริหารการจราจรบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 และ9 และหาแนวทางการควบคุมโดยใช้ข้อมูลจากเทคโนโลยี GPS และ M-Flow เพื่อหาว่าข้อมูลที่ได้จากการใช้เทคโนโลยี GPS และ M-Flow สามารถนำมาใช้ในการจัดการ การควบคุมและการให้ข้อมูลการจราจรกับผู้ใช้ทางได้อย่างไร หรือข้อมูลที่ได้จากเทคโนโลยี GPS และ M-Flow สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีที่มีการใช้บริหารการจราจรอยู่ในปัจจุบันได้อย่างไร โดยผลการศึกษาโตรงงานนี้จะเป็นแนวทาง ข้อแนะนำให้กับกองทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง กรมทางหลวง ซึ่งเป็นหน่วยงานรับผิดชอบในการบริหารการจราจรบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 และ 9 ไปประยุกต์ใช้กับการบริหารการจราจรในสายทางที่รับผิดชอบ และอาจประยุกต์ใช้แนวทางนี้กับเส้นทางอื่นๆ ที่จะมีการนำระบบ M-Flow ไปใช้งานต่อในอนาคตได้

2. การทบทวนวรรณกรรม

2.1 การบริหารการจราจรบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 และ 9

การควบคุมดูแลจราจรและการอำนวยความปลอดภัยบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 และ 9 อยู่ภายใต้การดูแลของศูนย์ควบคุม (Control Room) หรือกลุ่มเทคโนโลยีอำนวยการจราจรทำหน้าที่ควบคุมดูแลสภาพการจราจร การรับมือปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นภายในเส้นทาง และแจ้งเตือนข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับสภาพการจราจรให้แก่ผู้ใช้ทาง เพื่อให้ผู้ใช้ทางได้รับรู้ว่าภายในเส้นทางมีปัญหาหรือมีสาเหตุอันใดที่ส่งผลต่อการจราจรและสามารถตัดสินใจในการเลือกใช้เส้นทางได้ ในการจะบริหารการจราจรให้ครอบคลุมตลอดสายทาง จึงมีการนำเทคโนโลยีต่างๆเข้ามาช่วย โดยจะประกอบไปด้วย ระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิด ระบบกล้องตรวจจับความเร็วแบบอัตโนมัติ ระบบป้ายสัญญาณรูปแบบต่างๆ ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง และด่านชั่งน้ำหนักรถบรรทุก

2.2 เทคโนโลยี GPS

GPS เป็นระบบที่มีกลุ่มดาวเทียมโคจรอยู่รอบโลก ทำหน้าที่ส่งสัญญาณระบุพิกัดมายังเครื่องรับสัญญาณที่ภาคพื้นดิน ทำให้สามารถระบุตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ได้ ซึ่งความแม่นยำของตำแหน่งขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องรับสัญญาณ

GPS Tracking เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการระบุตำแหน่งของวัตถุผ่านระบบ GPS ซึ่งจะใช้เพื่อติดตามและระบุตำแหน่งของวัตถุนั้นๆจากระยะไกล โดยเทคโนโลยี GPS Tracking สามารถระบุได้ครอบคลุมถึงพิกัดภูมิศาสตร์ละติจูด, ลองจิจูด, ความเร็วบนภาคพื้น, ทิศทางและเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นๆ GPS Tracking จึงเป็นอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับงานของเจ้าหน้าที่ตำรวจ, งานของเจ้าหน้าที่ดับเพลิง, การใช้งานในกองทัพและธุรกิจเกี่ยวกับการขนส่งสินค้า ซึ่งจากหน่วยงานต่างๆข้างต้นที่กล่าวมานั้น จะใช้ระบบการติดตามตำแหน่งรถยนต์หรือยานพาหนะ (AVL: Automatic Vehicle Location) ทั้งสิ้น

2.3 เทคโนโลยี M-Flow

ระบบ M-Flow เป็นระบบการจัดเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางอัตโนมัติไม่มีการใช้ด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางที่มีไม้กั้น (Free Flow) ตามนโยบายของกระทรวงคมนาคม เพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดบนทางด่วนและมอเตอร์เวย์ โดยระบบ M-Flow ที่ประเทศไทยใช้นั้น จะนำเทคโนโลยี AI เข้ามาใช้ในการพัฒนาระบบจัดเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางด้วยการใช้กล้องตรวจบันทึกป้ายทะเบียนรถด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลแบบ Video Tolling ซึ่งจะใช้กล้องวงจรปิดประเภท LPR Camera (กล้องสำหรับจับภาพป้ายทะเบียนโดยเฉพาะ) แล้วนำภาพที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเทคโนโลยีด้าน Image Processing ถอดออกมาเป็นข้อมูลในรูปของตัวเลข หมวดอักษร จังหวัด ยี่ห้อรถยนต์ และสีของรถยนต์ ทำให้หน่วยงานสามารถนำข้อมูลไปใช้หาผู้ใช้งานเพื่อเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางได้แทนการเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางอัตโนมัติแบบเดิมที่ยังต้องผ่านด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางที่มีไม้กั้น ทำให้ผู้ใช้ทางสามารถขับขี่ผ่านบริเวณด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางได้โดยไม่ต้องหยุดหรือชะลอรถ

2.4 การใช้งานเทคโนโลยี GPS และ M-Flow ในการบริหารการจราจรของต่างประเทศ

ปัญหาการจราจรชะลอตัวบริเวณหน้าด่านเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางและการที่ยังไม่มีระบบการจัดการจราจรที่สามารถปรับเปลี่ยนไปตามสภาพ

การจราจรได้ หลายๆประเทศจึงเริ่มหันมาสนใจในวิธีการใหม่ๆ เช่นระบบเก็บเงินอัตโนมัติด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์โดยไม่ต้องใช้ด่านเก็บเงิน หรือที่เรียกว่า Free Flow Electronic Toll Collection ซึ่งจะช่วยลดเวลาที่ใช้ในด่านเก็บเงินเป็นอย่างมาก หรือว่าจะเป็นระบบ GPS ที่ปัจจุบันสามารถระบุได้ว่าที่ไหนมีปัญหาการจราจรติดขัด ทำให้ผู้ใช้ถนนสามารถเลี่ยงการใช้ถนนบริเวณนั้นได้ นอกจากนี้ Multi Lane Free Flow Tolling System และ GPS ยังให้ข้อมูลต่างๆเช่น ตำแหน่งของรถ ระยะทางที่รถได้วิ่งไปบนเส้นทาง ประเภทรถ สภาพการจราจร ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการบริหารการจราจรได้

3. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวอย่างและเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากเทคโนโลยี GPS และ M-Flow ในการบริหารการจราจร โดยในการศึกษาโครงงานนี้จะเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการบริหารการจราจรบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 และ 9 ข้อมูลที่ได้จากเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการบริหารการจราจร ข้อมูลที่ได้จากเทคโนโลยี GPS และ M-Flow และศึกษางานวิจัยของต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการนำข้อมูลจากเทคโนโลยี GPS และ M-Flow มาประยุกต์ใช้ในการบริหารการจราจร โดยการรวบรวมข้อมูลและการศึกษางานวิจัยจะทำผ่านการค้นหาจากเว็บไซต์ของหน่วยงานและเอกสารอื่นที่เกี่ยวข้อง

4. ผลการศึกษา

จากการศึกษาทางโครงงานนี้ ผู้จัดทำได้รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลและได้ผลว่ามีแนวทางการนำเทคโนโลยี M-flow และ GPS ไปใช้ในการบริหารการจราจรบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 และ 9 ภายใต้หัวข้อดังต่อไปนี้

4.1 การจัดการสภาพการจราจร

ในปัจจุบัน เทคโนโลยี GPS และ M-Flow เริ่มเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในการจราจร ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของการให้ข้อมูลที่มีความแม่นยำมากขึ้น หรือการอำนวยความสะดวก และลดค่าใช้จ่ายต่างๆ ด้วยเหตุนี้เองทางผู้จัดทำจึงมีความเห็นว่าเทคโนโลยี GPS และ M-Flow นั้นสามารถนำมาปรับใช้กับการบริหารการจราจร ซึ่งวิธีการบริหารการจราจรที่ทางผู้จัดทำสนใจ และนำมาใช้ในครั้งนี้คือ Congestion Charge [1] ซึ่งเป็นการเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางตามความหนาแน่นของการจราจร โดยในการเก็บข้อมูลที่จำเป็นที่จะใช้ในการหาความหนาแน่นของการจราจร จะใช้การเก็บข้อมูลจากเทคโนโลยี GPS ที่ประเทศไทยมีการออกกฎหมายให้ยานพาหนะประเภทรถลากจูง รถบรรทุก รถโดยสารสาธารณะ ทุกประเภท ต้องทำการติดตั้ง เพื่อนำมาใช้หาอัตราเร็วของรถที่ใช้ในแต่ละช่วงของการจราจร แต่ว่าเนื่องจากเทคโนโลยี GPS ในปัจจุบันอาจจะยังมีข้อผิดพลาดในบางครั้ง ร่วมถึงความแม่นยำก็อาจจะยังมีไม่มากเท่าที่ควร เราจึงนำค่าความเร็วรถบรรทุก จาก GPS มาเปรียบเทียบกับความเร็วรถบรรทุก จากกล้องตรวจจับความเร็วที่ติดตั้งบนทางหลวงพิเศษ ซึ่งมีความแม่นยำมากกว่า โดยจากตารางที่ 1 จะเป็นการจำลองความเร็วของรถบรรทุกที่ขับผ่านบริเวณหน้ากล้องตัวหนึ่ง เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วที่ได้จากกล้อง และ GPS มาทำเป็น Ratio V_{CAM}/V_{GPS} จะได้ค่า Ratio ที่ใช้ในการปรับแก้ค่าความเร็วที่ได้จาก GPS มาเป็นข้อมูลความเร็วที่ได้จากกล้องตัวนั้น

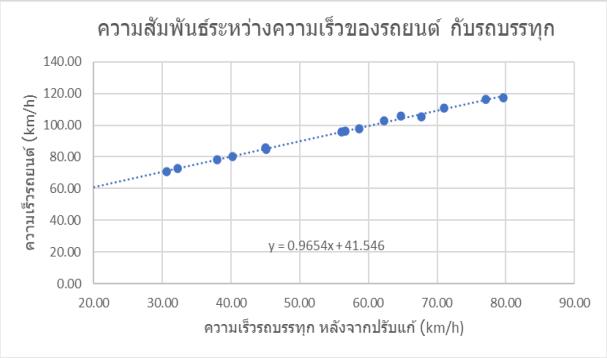
ตารางที่ 1 ตัวอย่างการเปรียบเทียบความเร็วของรถบรรทุกที่วัดได้จาก GPS และ กล้องจับความเร็ว

V_{GPS} (km/h)	V_{CAM} (km/h)	V_{CAM}/V_{GPS}
70.24	75.83	1.08
60.25	61.88	1.03
73.79	75.20	1.02
78.80	69.93	0.89
60.70	74.09	1.22
69.51	75.67	1.09
77.06	72.17	0.94
77.14	79.51	1.03
76.07	75.44	0.99
72.70	67.68	0.93
66.09	67.49	1.02
74.67	64.88	0.87
67.57	70.42	1.04
75.88	65.10	0.86
Average Ratio		1.00

เมื่อได้ค่า Ratio VCAM/VGPS จะนำค่าความเร็วของรถบรรทุกที่ปรับแก้แล้ว ในช่วงเวลาต่างๆ ใน Section หนึ่งมาเปรียบเทียบกับความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์ที่ได้จากกล้องจับความเร็ว ดังตารางที่ 2 จากนั้นก็ plot เป็นกราฟเปรียบเทียบความเร็วของรถบรรทุกกับรถยนต์ดังภาพที่ 1

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการเปรียบเทียบความเร็วของรถบรรทุกที่วัดได้จาก GPS และความเร็วรถยนต์ที่ได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว

V_{GPS} (km/h)	$V_{ปรับแก้}$ (km/h)	$V_{รถยนต์}$
70.97	70.98	110.79
77.07	77.08	116.36
79.64	79.66	117.13
62.23	62.24	102.62
67.65	67.66	105.31
64.76	64.77	105.59
56.11	56.12	95.55
56.61	56.62	96.31
58.65	58.66	97.91
45.12	45.12	84.55
44.98	44.99	85.69
40.18	40.19	80.17
32.20	32.20	72.57
30.58	30.58	70.63
37.92	37.93	78.30



ภาพที่ 1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของรถยนต์กับรถบรรทุก

เมื่อนำข้อมูลความเร็วของรถบรรทุกในช่วงเวลาต่างๆ มาพิจารณาบนกราฟของภาพที่ 1 จะได้ค่าความเร็วของรถยนต์ จากนั้นทำการหา Truck% โดยคิดจากรายการข้อมูลการเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทาง เนื่องจากการเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางของรถยนต์กับรถบรรทุกต่างกัน ซึ่งเทคโนโลยี M-flow จะเข้ามามีบทบาทในส่วนนี้ ซึ่งจะคอยจัดการกับรายการข้อมูลที่ไม่ได้มาจาก Troll Plaza และจะคอยให้ข้อมูลของรถที่ออกจากระบบทางหลวงพิเศษ หลังจากได้ Truck% แล้วจะนำไปใช้ในการคิดค่าถ่วงน้ำหนักในการหาค่าความเร็วเฉลี่ยของรถทั้งหมด จากนั้นจึงนำเร็วเฉลี่ยของรถทั้งหมดไปหาความหนาแน่นด้วย Greenshields equation ดังสมการที่ (1)

$$u = u_f\left(1 - \frac{k}{k_j}\right) \quad (1)$$

$$FFS = 7.54 - f_{LW} - f_{RLC} - 3.22 \times TRD^{0.84} \quad (2)$$

โดยที่ u คือความเร็วเฉลี่ยของรถทั้งหมด (mi/h), u_f คือ Free Flow Speed (mi/h) ซึ่งหาได้จากสมาการที่ (2), k_j คือ Jam Density ในที่นี้ใช้ 45 pc/mi/ln ซึ่งเป็นระดับ LOS F ในมาตรฐาน AASHTO, FFS คือ Free Flow Speed (mi/h), f_{LW} คือค่าปรับแก้จากความกว้างของเลน, f_{RLC} คือค่าปรับแก้จากความกว้างของไหล่ทาง, ความหนาแน่นของทางเข้าออก (ramp/mi) และ k คือความหนาแน่น (pc/mi/ln) ซึ่งจะเอามาคิดเป็น LOS เพื่อใช้ในการเก็บเงิน สำหรับ Congestion Charge ต่อไปดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับ Level of Service

LOS	สภาพจราจร	ความหนาแน่น (คัน/ไมล์/เลน)
A	คล่องตัว แต่ละคันเคลื่อนที่โดยอิสระ	<=11
B	แต่ละคันเคลื่อนที่โดยมีอิสระพอสมควร	>11-18
C	เคลื่อนด้วยความเร็วใกล้ความเร็วอิสระ	>18-26
D	ความเร็วลดลงเล็กน้อย ปริมาณจราจรสูง	>26-35
E	ยังเคลื่อนตัวได้ดีแต่แทบไม่มีช่องว่าง	>35-45
F	การติดขัดเกิดขึ้น เคลื่อนตัวไม่เป็นอิสระ	>45

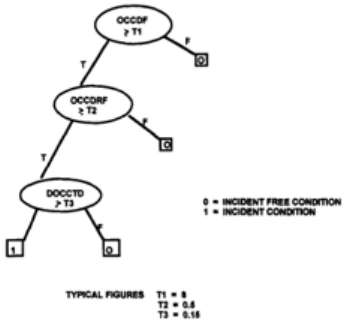
4.2 การป้องกันและตรวจจับอุบัติการณ์บนสายทาง

4.2.1 การป้องกันอุบัติการณ์

ทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 และ 9 เป็นเส้นทางที่มีการสัญจรของพาหนะด้วยความเร็วสูง ซึ่งอาจก่อให้เกิดอุบัติการณ์ได้ง่าย จึงต้องมีการจำกัดความเร็วสูงสุดของยานพาหนะตามกฎหมาย เพื่อให้ผู้ขับขี่มีความระมัดระวังในการขับขี่มากยิ่งขึ้น แต่ในการสัญจรโดยทั่วไป ผู้ขับขี่มักขับขี่ไปตามสภาพการจราจร เมื่อเส้นทางที่สัญจรมีปริมาณยานพาหนะน้อยจะมีการขับขี่ด้วยความเร็วสูงซึ่งในบางกรณีมีการใช้ความเร็วที่สูงเกินกว่าที่กฎหมายกำหนดไว้ ในการป้องกันการเกิดอุบัติการณ์ จึงต้องมีการตรวจสอบยานหนะที่กระทำผิดกฎการใช้ทาง โดยผู้จัดทำได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลจากเทคโนโลยี GPS ที่ติดตั้งอยู่กับรถบรรทุกร่วมกับกล้องตรวจจับความเร็วเพื่อตรวจสอบว่ามีการขับขี่ยานพาหนะด้วยความเร็วที่สูงเกินกว่าที่กฎหมายกำหนดหรือไม่ โดยเริ่มด้วยการรับข้อมูลความเร็วจากรถบรรทุกที่ติดตั้งเทคโนโลยี GPS แล้วนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นความเร็วรถยนต์โดยใช้กราฟความสัมพันธ์จากภาพที่ 1 เพื่อดูว่าค่าความเร็วรถในบริเวณดังกล่าวมีค่าเกินกว่าที่กฎหมายกำหนดไว้หรือไม่ โดยในส่วนนี้อาจนำข้อมูลจากกล้องตรวจจับความเร็วเข้ามาช่วยอ้างอิงได้ ถ้าในบริเวณดังกล่าวมีการติดตั้งกล้องตรวจจับความเร็วไว้ หากว่าผลที่ได้มีค่าความเร็วเกินกว่าที่กฎหมายกำหนด ให้เจ้าหน้าที่ทำการประสานงานกับกองตำรวจทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองให้ทำการ Rolling Roadblock [2] โดยการใช้รถ (ซึ่งโดยส่วนมากจะเป็นรถตำรวจ) วิ่งด้วยความเร็วต่ำ เสมือนเป็นแนวกั้นที่เคลื่อนที่ได้ เพื่อชะลอความเร็วของรถด้านหลังไม่ให้มีความเร็วมากเกินกว่าที่ทางผู้ควบคุมการจราจรต้องการ และในส่วนของในส่วนของการตรวจจับยานพาหนะที่มีการจอดนิ่งบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 และ 9 ในกรณีที่รถที่จอดนิ่งเป็นยานพาหนะจำพวกที่มีการบังคับใช้กฎหมายให้ทำการติดตั้งเทคโนโลยี GPS หากมีการตรวจจับว่ายานพาหนะดังกล่าวไม่มีการเคลื่อนที่ในเส้นทางจำเป็นต้องมีการตรวจสอบ ส่วนในกรณีที่เป็นยานพาหนะจพวกอื่นอาจใช้ข้อมูลจากเทคโนโลยี M-Flow มาวิเคราะห์ระยะเวลาในการเดินทางเข้าออกทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 และ 9 ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในบทต่อไป มาใช้ในการตรวจจับว่ายานพาหนะดังกล่าวมีการใช้เวลามากเกินไปหรือไม่ แต่ด้วยเรื่องของกฎหมายและสิทธิส่วนบุคคลของประเทศไทย ทำให้ไม่มีการบังคับใช้กฎหมายให้ยานพาหนะทุกคันติดตั้งเทคโนโลยี GPS จึงเป็นการยากที่จะระบุการเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่ไม่ติดตั้งเทคโนโลยี GPS และเทคโนโลยี M-Flow ยังมีปริมาณผู้ใช้น้อยและข้อมูลที่ได้บอกได้เพียงว่ายานพาหนะใช้เวลาเดินทางมากเกินไปหรือไม่ ข้อมูลที่ได้มาจึงใช้ได้เพียงแค่นำมาอ้างอิงประกอบกับการใช้เทคโนโลยีกล้องโทรทัศน์วงจรปิดที่ใช้อยู่เดิม

4.2.2 การตรวจจับอุบัติการณ์

การใช้เทคโนโลยีในการตรวจจับอุบัติการณ์ที่เกิดขึ้นบนสายทาง เป็นอีกหนึ่งด้านที่น่าสนใจและมีความท้าทาย เพราะอุบัติการณ์นั้นเป็นเหตุการณ์ที่ไม่อาจทราบได้ว่าจะเกิดขึ้นเมื่อไหร่ และจะเกิดขึ้นที่ไหน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวิธีการที่ใช้ข้อมูลที่มีในการพิจารณาว่ามีอุบัติการณ์เกิดขึ้นจริงหรือไม่ และเกิดขึ้นที่บริเวณใด ซึ่งหนึ่งในวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ Basic California Algorithm ซึ่งจะใช้ค่า Occupancy ที่ได้มาจากการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องปล่อยสัญญาน ที่ถูกติดตั้งในที่ต่างๆบนถนน โดยคิดร้อยละของเวลาที่รถทั้งหมดที่ใช้พื้นที่ ในบริเวณหนึ่งที่สนใจ ในระยะเวลา 1 นาที โดยจะเป็นการเปรียบเทียบการใช้พื้นที่ของรถในบริเวณและเวลาต่างๆ ตามภาพที่ 2



Station indices (i) increase in the direction of travel.

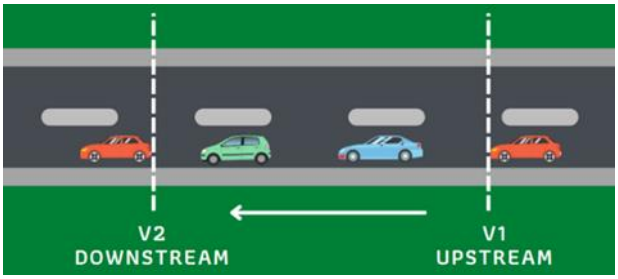
Definition:

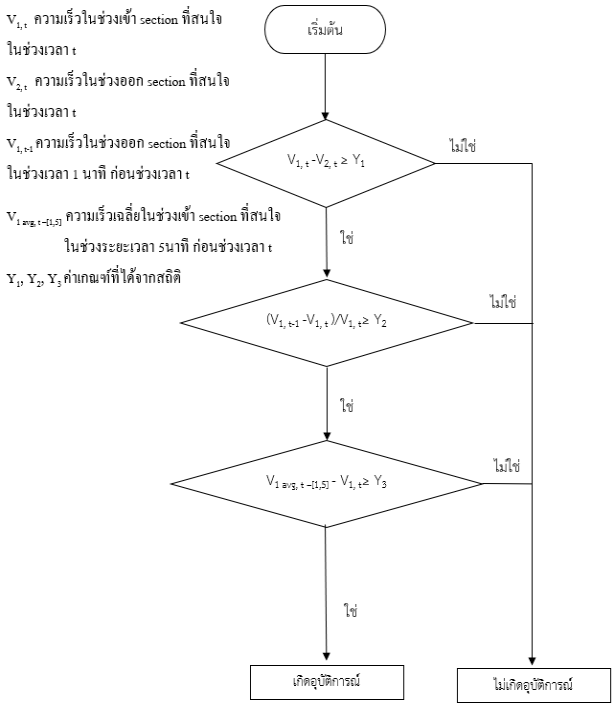
$OCC(i,t)$	Occupancy at station i, for time interval t (percent)	
$DOCC(i,t)$	Downstream occupancy	$OCC(i+1,t)$
$OCCDF(i,t)$	Spatial differences in	$OCC(i,t) - OCC(i+1,t)$
$OCCRDF(i,t)$	Relative spatial differences in occupancy	$OCCDF(i,t)/OCC(i,t)$
$DOCCTD(i,t)$	Relative temporal differences in downstream occupancy	$[OCC(i+1) - OCC(i+1,t)] - OCC(i+1,t-2)$

Note: Occupancy is measured as an *average* over all instrumented lanes at a single location on the freeway over a one-minute interval.

ภาพที่ 2 **รายละเอียดของ** Basic California algorithm [3]

ภาพที่ 3 เป็นรายละเอียดของวิธี Basic California Algorithm [3] นั้น จะเปรียบเทียบค่า OCCDF, OCCRDF, DOCCTD กับค่า T1, T2, T3 ซึ่งได้จากการเก็บข้อมูลสถิติ หากมีค่ามากกว่าจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าค่า Occupancy มีความผันผวนที่สูงจะบ่งชี้ถึง Volume และ Speed ที่ผันผวนสูงมากขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งเมื่อลองนำวิธี Basic California Algorithm มาปรับใช้บนเทคโนโลยี GPS ดังภาพที่ 3 โดยสามารถเทียบค่าความเร็วเฉลี่ย ที่ได้จากวิธีการเดียวกับการจัดการสภาพจราจร ในแต่ละจุดเพื่อดูความผันผวนได้ โดยเริ่มจากช่วงหลักกิโลเมตรที่มีความเร็วในช่วงเข้า section ที่สนใจ (Upstream Speed) และช่วงออก section ที่สนใจ (Downstream Speed) แตกต่างกันมาก และความเร็วในช่วงเข้า section ที่สนใจลดลงจนต่างจากเดิมเกินค่าที่กำหนด จุดนั้นอาจจะมีอุบัติการณ์เกิดขึ้น แต่อาจจะเกิดจากการติดขัดของการจราจรที่เกิดจากเส้นทางจราจรมีลักษณะคอขวดได้ จึงต้องเปรียบเทียบความความเร็วรถที่เกิดขึ้น เทียบกับความเร็วรถเฉลี่ยใน 5 นาทีก่อนหน้าว่ามีค่าแตกต่างเกินที่กำหนดหรือไม่ซึ่งเกณฑ์กำหนดที่จะนำมาใช้นั้นจะมาจากค่าสถิติที่บันทึกไว้ในช่วงเวลาที่รถวิ่งปกติกับมีอุบัติการณ์เมื่อค่าความเร็วในช่วงหลักกิโลเมตรไหนมีค่าเกินเกณฑ์ที่กำหนดทั้งหมดก็จะประเมิณว่ามีอุบัติเหตุเกิดขึ้นโดยจุดเกิดเหตุจะพิจารณาจากจุดที่ความเร็วเฉลี่ยลดลงถึงจุดต่ำสุดก่อนจะที่จะเร่งความเร็วเพิ่มขึ้นเมื่อได้ข้อมูลครบถ้วนก็ประสานงานเพื่อเตรียมที่จะรับมือกับอุบัติเหตุนั้นต่อไป





ภาพที่ 3 **รายละเอียดของการตรวจจับอุบัติการณ์ด้วยข้อมูล** GPS

4.3 การประมาณระยะเวลาเดินทางและการให้ข้อมูลแก่ผู้ใช้ทาง

4.3.1 การประมาณระยะเวลาเดินทาง

การประมาณระยะเวลานั้น จะเป็นการคิดระยะเวลาที่ผู้ใช้ทางใช้ในการเดินทางจากจุดนึงไปยังอีกจุด ซึ่งโดยปกติจะมักจะประมาณระยะเวลานี้ด้วยระยะทาง ส่วนด้วยความเร็วของผู้ใช้ถนน แม้วิธีนี้จะเป็นวิธีที่เรียบง่ายในเชิงทฤษฎี แต่ในเชิงปฏิบัตินั้นยังคงมีปัญหาอยู่เนื่องจากในความเป็นจริงยานพาหนะนั้นไม่ได้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ตลอด ดังนั้นการหาระยะเวลาที่ผู้ใช้ถนนแต่ละคนใช้ที่เคียงกับความเป็นจริงที่สุดนั้น คือการจับเวลาที่ตั้งแต่ที่ผู้ใช้ถนนเคลื่อนที่ผ่านจุดเริ่มต้นจนถึงจุดหมายปลายทางโดยตรง ซึ่งเทคโนโลยีที่ตอบโจทย์ในส่วนนี้คือเทคโนโลยี M-flow ที่สามารถเก็บข้อมูลช่วงเวลาที่เข้าและออกทางด่วนพิเศษ รวมถึงตำแหน่งที่เป็นจุดเริ่มต้น และจุดปลายทางของรถแต่ละคัน เมื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ร่วมกับกระบวนการทางสถิติ รวมถึงการคำนึงถึงตัวแปรที่อาจจะส่งผลต่อระยะเวลาที่ใช้เดินทางเช่นอุบัติการณ์ สภาพอากาศ วันที่และช่วงเวลาต่างๆ ก็จะสามารถประมาณระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางได้ แต่เนื่องจากข้อมูลจาก M-flow นั้นมีข้อเสียตรงที่ช่วงคาบเวลา (interval) ในการรับข้อมูลที่กว้าง นั่นจึงทำให้จำเป็นต้องมีวิธีการที่จำช่วยทำนายระยะเวลาในการเดินทางระหว่างช่วงคาบเวลา ซึ่งเทคโนโลยี GPS จะเข้ามามีบทบาทในส่วนนี้ เนื่องจากข้อมูลมีช่วงคาบเวลาที่สั้นกว่า แต่ว่าอาจจะมีความคลาดเคลื่อนที่มากกว่าดังนั้นอาจจะต้องมีการนำค่าไปใช้อาจจะต้องนำค่ามาปรับแก้ โดยการนำไปเปรียบเทียบกับค่าระยะเวลาที่ได้จาก M-flow ในช่วงเวลาก่อนหน้านั้น กับค่าช่วงเวลาของ GPS ในช่วงเวลาเดียวกัน ดังในสมการที่ (3)

$$t_{GPS,j} = t_{GPS,j-1} \times \frac{t_{Mflow,i}}{t_{GPS,i}} \times \frac{V_{av,j-1}}{V_{av,j}} \qquad (3)$$

โดยที่ $t_{A,B}$ คือระยะเวลาที่รถใช้เดินทางในระยะทางที่สนใจ ซึ่งคิดจากเทคโนโลยี A ในช่วงคาบเวลา B (นาที), $V_{av,A}$ คือความเร็วเฉลี่ยที่จาก GPS ในช่วงระยะทางที่สนใจ ในช่วงคาบเวลา A (กม./ชม.) j คือ ช่วงคาบเวลาที่สนใจ, i ช่วงคาบเวลาของ M-flow ที่ใกล้ที่สุดก่อนถึงช่วงคาบเวลา j และสมการนี้จะเป็นจริงก็ต่อเมื่อ $j > i$

ทั้งนี้สมการที่กล่าวมาข้างต้น จะทำให้ได้ความเร็วในแต่ละช่วง *Ramp* ของถนนที่สนใจ โดยคำนึงถึงเรื่อง ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากตัวเทคโนโลยี *GPS* เอง ละความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความเร็วเฉลี่ยของผู้ใช้ถนนที่อาจจะเปลี่ยนไปกะทันหันในแต่ละช่วงคาบเวลา โดยสมมุติว่าความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวนั้นเป็นลักษณะแบบเส้นตรง ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงภายหลังหากมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

4.3.2 การให้ข้อมูลแก่ผู้ใช้ถนน

วิธีการที่จะทำให้ผู้ใช้ถนนในปัจจุบันให้ปลอดภัยนั้น นอกจากจะจำเป็นต้องมีเส้นทางที่ออกแบบตามมาตรฐานแล้ว ผู้ขับขี่จำเป็นต้องได้รับข้อมูลที่เพียงพอเพื่อให้รับมือกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นบนเส้นทางข้างหน้า ทั้งในรูปแบบของการให้ข้อมูลผ่านโปรแกรมหรือแอปพลิเคชันสำหรับนำทางที่จะให้ข้อมูลระยะเวลาในการเดินทาง ตำแหน่งของอุบัติการณ์และค่าใช้จ่ายในการเดินทาง หรือในรูปแบบป้ายสัญญาณซึ่งจะเป็นเทคโนโลยีหลักที่ผู้ใช้ทางสามารถสังเกตได้ง่ายในขณะขับขี่โดยจะให้ข้อมูลความเร็วสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้และความเร็วของยานพาหนะขณะนั้น ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางสำหรับจุดหมายปลายทางต่างๆ แจ้งเตือนอุบัติการณ์ที่เกิดขึ้นบนเส้นทางและแจ้งราคาค่าธรรมเนียมผ่านทาง

5. สรุปผลการศึกษา ข้อเสนอแนะและแนวทางวิจัยขั้นต่อไป

จากการรวบรวมข้อมูลและการศึกษางานวิจัยพบว่าข้อมูลที่ได้จากเทคโนโลยี GPS และ M-Flow สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการบริหารการจราจรจรได้ในหลายด้าน ได้แก่ ด้านการจัดการสภาพจราจร โดยประยุกต์ใช้ในการบริหารจราจรโดยใช้วิธี Congestion Charge หรือการเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางตามความหนาแน่นของการจราจร ซึ่งข้อมูลความหนาแน่นของการจราจรสามารถหาได้จากนำข้อมูลที่ได้จากเทคโนโลยี GPS ที่ติดตั้งไว้กับยานพาหนะจำพวกรถบรรทุกและรถสาธารณะมาประยุกต์ใช้ร่วมกับกล้องจับความเร็ว เพื่อเทียบหาความเร็วยานพาหนะบนเส้นทาง เพื่อนำไปหาระดับความหนาแน่นของการจราจรสำหรับการเก็บค่าธรรมเนียมผ่านทางต่อไป ด้วยการที่อัตราค่าธรรมเนียมผ่านทางที่ต้องจ่ายจะเปลี่ยนไปตามความหนาแน่นของการจราจร จะทำให้ผู้ใช้ทางเลือกใช้เส้นทางน้อยลงในช่วงที่ราคาสูง ช่วยให้ปริมาณความหนาแน่นไม่เพิ่มจนถึงขั้นที่สภาพการจราจรไม่มีความคล่องตัว ด้านการป้องกันและแก้ปัญหาอุบัติการณ์ เป็นการนำเอาข้อมูลที่ได้จากเทคโนโลยี GPS และ M-Flow เข้ามาใช้ในการตรวจจับเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติการณ์ โดยแบ่งเป็นการตรวจจับจุดที่มีการกระทำผิดกฎการใช้ทางที่มีโอกาสเสี่ยงจะก่อให้เกิดอุบัติการณ์ได้ ประกอบด้วยการขับขี่ด้วยความเร็วเกินกำหนดและการจอดนิ่งบนเส้นทาง โดยจะนำข้อมูลความเร็วจากเทคโนโลยี GPS มาประยุกต์ใช้เช่นเดียวกับด้านการจัดการสภาพจราจร หากพบว่ามีการทำผิดกฎการใช้ทางให้ประสานงานกับเจ้าหน้าที่เพื่อทำ Rolling Road Block เพื่อให้รถในเส้นทางชะลอความเร็วลง และการตรวจจับอุบัติกาณ์ที่เกิดขึ้นบนเส้นทาง โดยจะนำข้อมูลความเร็วจากเทคโนโลยี GPS มาประยุกต์ใช้ประกอบกับการวิเคราะห์ค่าตามเกณฑ์ในแต่ละขั้น เพื่อวิเคราะห์ว่าใน section ที่สนใจนั้นมีอุบัติกาณ์เกิดขึ้นหรือไม่ และด้านการประมาณระยะเวลาในการเดินทางและการให้ข้อมูลแก่ผู้ใช้ทาง จะนำเอาข้อมูลที่ได้จากเทคโนโลยี GPS และ M-Flow มาใช้ในการหาระยะเวลาในการเดินทาง โดยในส่วนนี้จะใช้ข้อมูลช่วงเวลาที่ผู้ใช้ทางเข้าและออกจากทางหลวงพิเศษผ่านเทคโนโลยี M-Flow ซึ่งเป็นข้อมูลที่คาบเวลาในการรับข้อมูลนั้นกว้าง จึงต้องใช้ข้อมูลช่วงเวลาจากเทคโนโลยี GPS เข้ามาประกอบด้วย ในการคำนวณหาระยะเวลาในการเดินทาง และในการให้ข้อมูลแก่ผู้ใช้ทาง เป็นการนำเทคโนโลยีต่างๆที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมาประกอบกับข้อมูลจากเทคโนโลยี GPS และ M-Flow เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ข้อมูล

จากสรุปผลการศึกษาที่กล่าวมาในข้างต้น ข้อมูลที่ได้จากเทคโนโลยี GPS และ M-Flow สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีที่ใช้บริหารการจราจรในปัจจุบันได้ ทั้งในแง่ของการนำข้อมูลมาใช้เป็นองค์ประกอบหลักในการวิเคราะห์ผลหรือจะเป็นการนำข้อมูลมาอ้างอิงเพื่อสนับสนุนกับข้อมูลจากเทคโนโลยีที่ใช้อยู่เดิม แต่ยังมีข้อจำกัดในแง่ของปริมาณการใช้งาน เนื่องจากกฎหมายของประเทศไทยสามารถบังคับใช้ให้ติดตั้งเทคโนโลยี GPS ได้กับยานพาหนะแค่บางประเภทและเทคโนโลยี M-Flow มีปริมาณผู้ใช้น้อยเมื่อเทียบกับปริมาณผู้ใช้ทางบนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 และ 9 แนวทางในการนำข้อมูลไปใช้งานจึงควรมีการพิจารณาว่ามีข้อมูลเพียงพอต่อการใช้งานจริงหรือไม่ ดังนั้นจากการศึกษาโครงงานนี้ ผู้จัดทำจึงขอเสนอแนะว่า ในการปฏิบัติงานจริงควรทำการเก็บรวบรวมข้อมูลให้ได้มากที่สุด เพื่อพิจารณาว่าแนวทางในการนำข้อมูลไปใช้งานใดเหมาะสมกับปริมาณข้อมูลที่มี และควรมีการส่งเสริมให้ผู้ใช้ทางหันมาใช้เทคโนโลยี M-Flow ให้มากขึ้น เพื่อให้มีข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์เพิ่มขึ้น

แนวทางทางการนำข้อมูลที่ได้จากเทคโนโลยี GPS และ M-Flow มาประยุกต์ใช้งานที่ได้รวบรวมมายังไม่มีการใช้งานจริงในประเทศไทย จึงควรทำการวิจัยแต่ละแนวทางต่อไปว่าสามารถนำไปใช้บริหารการจราจรจริงได้หรือไม่ โดยในการวิจัยควรใช้ข้อมูลจริงจากเทคโนโลยี GPS และ M-Flow เพื่อให้ทราบว่าข้อมูลที่ได้เพียงพอต่อการนำไปใช้งานจริงได้หรือไม่

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Georgina Santos, Blake Shaffer, “Preliminary Results of the London Congestion Charging Scheme”, *Public Works Management & Policy,* 9(2), pp. 164-181, October 2004.

[2] “Rolling Roadblock Use Guidelines”, *Work Zone Traffic Control Manual*, Department of Transportation, Retrieved April 7, 2022, from https://webapps.dot.ny.gov/rolling-roadblock-use-guidelines.

[3] R.Weil, J.Wootton, A.García-Ortiz, “Traffic incident detection: Sensors and algorithms”, *Mathematical and Computer Modelling*, 27(9-11), pp. 257-291, 1998.