



## ระบบตรวจจับอุบัติเหตุสำหรับรถบรรทุกอันตรายที่ใช้เส้นทางพิเศษ โดยใช้ข้อมูล GPS ร่วมกับข้อมูลจากระบบ ITS แบบ Real time

### Incident Detection System for HAZMAT Trucks System using GPS and ITS Real time Data

เอกชัย สุมาลี<sup>1,2,\*</sup> กฤษณ์ เจ็ดวรรณะ<sup>3</sup> ณัฐพล จันทร์แก้ว<sup>4</sup> สโรช บุญศิริพันธ์<sup>5</sup> และ ประพฤทธิ์ ตรีเอนกพิณี<sup>6</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

<sup>2</sup> Department of Civil and Environmental Engineering, The Hong Kong Polytechnic University

<sup>3</sup> สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

<sup>4,6</sup> บริษัท อินฟราทราฟฟิกส์ คอนซัลแตนท์ (ประเทศไทย) จำกัด

<sup>5</sup> ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

#### บทคัดย่อ

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) เป็นหน่วยงานที่ให้บริการเส้นทางพิเศษที่สามารถให้รถบรรทุกอันตรายสามารถใช้บริการทางพิเศษได้เนื่องจากมีความสะดวกรวดเร็ว ซึ่งหากเกิดอุบัติเหตุขึ้นกับรถบรรทุกอันตรายในโครงข่ายทางพิเศษอาจส่งผลทำให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน รวมถึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการติดตามและตรวจจับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกอันตรายจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง โดยงานวิจัยได้ทำการออกแบบระบบตรวจจับอุบัติเหตุแบบอัตโนมัติโดยใช้ข้อมูล GPS และข้อมูลสภาพจราจรแบบ Real-time จากระบบ ITS ของ กทพ. มาทำการประมวลผลเพื่อหาความผิดปกติในการเดินทางของรถบรรทุกอันตรายที่ใช้เส้นทางพิเศษกาญจนภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์) โดยสามารถตรวจจับความผิดปกติในการขับขี่ได้คือ การใช้ความเร็วเกินกฎหมายกำหนดเกินกว่า 3 นาที, การห้ามใช้เส้นทางในช่วงเวลาที่กำหนด หรือการใช้ความเร็วต่ำจนเป็นที่น่าสงสัยในสภาพจราจรปกติ ทั้งนี้ระบบยังสามารถทำนายตำแหน่งของรถบรรทุกอันตรายบนเส้นทางล่วงหน้าได้ 15 นาที โดยใช้ข้อมูลสภาพจราจรโดยละเอียดจากระบบประเมินสภาพจราจร (State Estimation System) ด้วยแบบจำลอง Stochastic Cell Transmission Model (SCTM) เพื่อทำการคำนวณระยะเวลาเดินทางสะสม (Cumulative) จากการทดสอบการตรวจจับรถบรรทุกอันตรายจากการ Simulation จำลองการวิ่งของรถบรรทุกอันตรายในสถานการณ์ต่างๆ บนทางพิเศษ จำนวน 100 คัน ซึ่งผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถตรวจสอบรถบรรทุกอันตรายที่อยู่ในสถานะผิดปกติได้ภายในระยะเวลา 1 นาทีหลังจากเกิดเหตุ

คำสำคัญ: รถบรรทุกอันตราย, ระบบประเมินสภาพจราจร, ระบบตรวจจับอุบัติเหตุแบบอัตโนมัติ

#### Abstract

Expressway Authority of Thailand (EXAT) is an organization serving the various types of vehicles and hazmat trucks. If any accident with hazmat trucks occurs, it will impact the damage to life, property and environment. Therefore, we have developed intelligent traffic systems (ITS) to track and detect the hazmat trucks. ITS systems are developed for analyzing the condition in real time. We developed Automatic Incident Detection Systems for hazmat trucks using GPS and real time traffic data from ITS system of EXAT to process and determine irregularity in the transportation of hazmat trucks on Kanchanapisek (Bang Phli – Suksawat) Expressway. The system can detect any trucks which exceeding the speed limit more than 3 minutes, taking the expressway in a not given time period, using too low speed. It can also predict the location of hazmat trucks on the path ahead of 15 minutes by using Traffic Density Estimation with Stochastic Cell Transmission Model and calculate the cumulative travel time. We have simulated the trucks under different circumstances on expressway about 100 vehicles. The result showed that the system can detect unusual hazmat trucks within 1 minute after the accident.

Keywords: Automatic Incident Detection Systems, State Estimation System, hazmat trucks, SCTM, Tracking hazmat trucks

\* ผู้เขียนผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding author)

E-mailaddress: asumalee@gmail.com

## 1. ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันมีรถยนต์จำนวนมากมายที่เข้าใช้เส้นทางพิเศษเนื่องจากมีความสะดวกและรวดเร็วสามารถไปถึงที่หมายได้อย่างปลอดภัยและทันการณ์รวมถึงรถขนส่งต่างๆที่เลือกใช้เส้นทางพิเศษด้วยเหตุผลที่กล่าวมาด้วย จากสภาพเส้นทางพิเศษในปัจจุบันของประเทศไทยพบว่าเป็นโครงสร้างลอยฟ้าหากเกิดอุบัติเหตุขึ้นบนเส้นทางพิเศษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเกิดเหตุขึ้นกับรถขนส่งวัตถุอันตรายนั้น อุบัติการณ์ที่เกิดขึ้นอาจจะส่งผลกระทบต่อผู้ร่วมใช้เส้นทางด่วนที่มีจำนวนมากและสารพิษที่มีการรั่วไหลจากรถขนส่งอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ ทั้งนี้การเข้ากู้ภัยของหน่วยกู้ภัยก็ทำได้ยากด้วยเช่นกัน ดังนั้นเพื่อให้สามารถจัดเตรียมกำลังหน่วยกู้ภัยได้อย่างเหมาะสมและสามารถเข้าระงับเหตุได้รวดเร็ว จึงควรมีการพัฒนาาระบบตรวจจับอุบัติเหตุบนเส้นทางพิเศษ ซึ่งการตรวจจับอุบัติเหตุบนเส้นทางพิเศษสามารถทำได้หลากหลายวิธี เช่น การทางพิเศษแห่งประเทศไทยได้มีการทดสอบและพัฒนาาระบบตรวจจับอุบัติเหตุแบบอัตโนมัติ โดยใช้ข้อมูลจาก Point Sensor บนทางพิเศษ [1] โดยได้ใช้หลักการของ McMaster Algorithm และ California Algorithm ในการตรวจวัดอุบัติเหตุแบบ Real-time ซึ่งสามารถตรวจจับอุบัติเหตุได้เป็นอย่างดี แต่ระบบจะสามารถตรวจจับอุบัติเหตุได้ในกรณีที่อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพจราจรเท่านั้น ในโครงการ[2] ของการทางพิเศษ ได้คำนึงถึงปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการพัฒนาเพิ่มเติมระบบตรวจจับอุบัติเหตุให้สามารถทำงานได้ดีขึ้นในสภาพจราจรต่างๆ โดยเฉพาะในกรณีที่ไม่มีรถติดขัดของสภาพจราจร โดยในโครงการได้มีการใช้ข้อมูล Real-time จากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจร และทำการตรวจหารถที่เข้ามาจอดในพื้นที่ใกล้เคียงอุปกรณ์ ในสภาพจราจรปกติ ซึ่งระบบจะตีความว่าอาจจะเกิดอุบัติเหตุขึ้นกับรถที่มีจอดอย่างผิดปกติ ระบบนี้สามารถเพิ่มขีดความสามารถให้กับ ระบบตรวจจับอุบัติเหตุได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามระบบนี้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจาก Point Sensor ที่มีติดตั้งบนเส้นทาง ซึ่งปัจจุบันในประเทศไทยมีเพียงทางพิเศษสายกาญจนานิกแยกเท่านั้นที่มีการติดตั้งระบบดังกล่าวไว้ และอีกทั้งระบบตรวจวัดสภาพจราจรปกติ ที่มีการติดตั้งในปัจจุบันไม่สามารถบอกประเภทวัสดุที่บรรทุกบนรถบรรทุกต่างๆ ได้ ดังนั้นระบบที่มีอยู่ปัจจุบันจึงไม่มีความสามารถเพียงพอในการตรวจจับอุบัติเหตุของรถขนส่งวัตถุอันตราย

ปัจจุบันกรมขนส่งทางบกได้ออกประกาศให้รถขนส่งวัตถุอันตรายทำการติดตั้งอุปกรณ์บอกตำแหน่ง GPS ในรถขนส่งวัตถุอันตรายทุกคัน [5] โดยได้ออกประกาศ กำหนดคุณลักษณะและระบบการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลการเดินทางของรถ (เมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2555) ดังนั้นจึงมั่นใจได้ว่ารถขนส่งวัตถุอันตรายจะมีการติดตั้งอุปกรณ์บอกตำแหน่ง GPS ไว้บนรถ ดังนั้นระบบ GPS System จึงเป็นระบบที่มีความน่าสนใจในการนำมาใช้ตรวจจับอุบัติเหตุของรถขนส่งวัตถุอันตรายเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะหากสามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลร่วมกับระบบ Point Sensor ที่มีติดตั้งอยู่บนเส้นทางพิเศษ จะสามารถตรวจจับอุบัติเหตุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

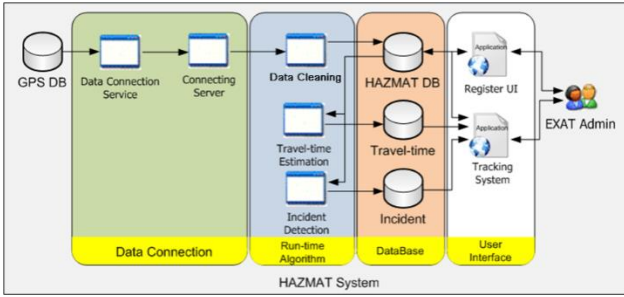
การตรวจจับอุบัติเหตุโดยใช้ข้อมูลจากอุปกรณ์ระบบตำแหน่งแบบ real-time ได้รับการสนใจเป็นอันมากเนื่องจากสามารถบอกตำแหน่งของรถได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และการทำงานในแบบ Real-time ยังทำให้ตรวจจับอุบัติเหตุได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว Md. Syedul Amin[3]ได้เสนอการตรวจจับอุบัติเหตุโดยทำการ Matching ระหว่างข้อมูล GPS แบบ Real-time กับข้อมูล Road Network โดยระบบ GPS จะทำการตรวจสอบข้อมูลทุก 0.1วินาที หากในช่วงเวลาดังกล่าวพบว่ารถเป้าหมายมีความเร็วลดลงจนเกินค่าที่กำหนดไว้ระบบจะทำการตรวจสอบค่า GPS เปรียบเทียบกับตำแหน่งของถนน หากค่าของ GPS แสดงว่ารถอยู่นอกพื้นที่ถนน ระบบจะทำการแจ้งเตือนเป็นอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับรถคันนี้ Chuan-zhi et al.นำเสนอระบบการตรวจสอบเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นบนทางด่วนโดยใช้เซ็นเซอร์อุณหภูมิรถและอุปกรณ์วัดความเร็วร่วมกับข้อมูล GPS ที่จะหาสถานที่ที่เกิดอุบัติเหตุและส่งข้อมูลตำแหน่งที่เกิดเหตุมายังศูนย์ควบคุมด้วยระบบ GSM [4] เพื่อให้สามารถตรวจจับอุบัติเหตุได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น Thompson ได้เสนอให้ใช้อุปกรณ์ Smart Phone เพื่อตรวจจับอุบัติเหตุ[5] อย่างไรก็ตามในขณะที่นั้นอุปกรณ์ Smart Phone มีราคาสูงรวมทั้งค่า GPS ของอุปกรณ์ก็ยังไม่แม่นยำเพียงพอจึงไม่ได้รับความนิยมมากนัก

ในปัจจุบันพบว่าระบบตรวจจับอุบัติเหตุที่อาศัยข้อมูล GPS แบบ Real-time สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพแต่อย่างไรก็ตาม ยังพบว่ามีการแจ้งเตือนผิดพลาดได้บ่อยครั้งซึ่งอาจจะเกิดจากเหตุการณ์เฉพาะหน้าหรือแม้กระทั่งความไม่แม่นยำของอุปกรณ์ที่ทำการติดตั้งใช้งาน ดังนั้นการนำข้อมูลจากอุปกรณ์ Sensor ที่ติดตั้งบนเส้นทางมาทำการคำนวณข้อมูลร่วมกับ เช่น ข้อมูลความเร็ว หรือแม้แต่ความหนาแน่นจราจรในช่วงเวลานั้นๆมารวมคำนวณจะสามารถทำให้ทราบรายละเอียดของอุบัติเหตุและลดการเตือนผิดพลาดได้อย่างมาก โดยปัจจุบันประเทศไทยได้มีการพัฒนาระบบ ITS เพื่อให้ข้อมูลจราจรบนเส้นทางพิเศษและใช้งานอยู่อย่างมีประสิทธิภาพบนเส้นทางสายกาญจนานิกแยก[2] ซึ่งระบบ ITS ประกอบไปด้วยระบบประเมินสภาพจราจรแบบ Real-time ซึ่งใช้เทคนิค Stochastic cell transmission ซึ่งนำเสนอโดย A. Sumalee [7] ในการประเมินสภาพจราจร ซึ่งระบบนี้มีประโยชน์เป็นอย่างมากในการบอกสภาพ ณ จุดต้องสงสัยที่จะเกิดอุบัติเหตุเพื่อตรวจสอบประเภทของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น

## 3. การออกแบบและพัฒนาระบบตรวจจับอุบัติเหตุแบบ Real-time สำหรับรถขนส่งวัตถุอันตรายบนทางพิเศษ

### 3.1 ระบบข้อมูล

รถขนส่งวัตถุอันตรายทั้งหมดจะติดตั้งอุปกรณ์บอกข้อมูลตำแหน่งหรือ GPS ทุกคัน โดย GPS จะส่งข้อมูลตำแหน่งทุกๆ 10 วินาทีเข้าสู่ตาราง GPS Log ในฐานข้อมูล HAZMAT แสดงภาพรวมระบบดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงภาพรวมระบบ

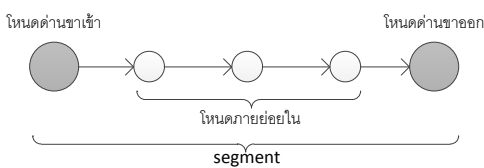
สำหรับระบบ Incident detection อยู่ในส่วน Run-time Algorithm ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบข้อมูลรถทุกคันที่ปรากฏอยู่ใน GPS Log โดยรถทุกคันเมื่อผ่านเข้ามาในระบบหรือเข้ามาในทางพิเศษแล้วข้อมูล GPS รถบรรทุกทุกคันจะปรากฏที่ตาราง GPS Log ทั้งนี้ ข้อมูลตั้งต้นที่ระบบ Incident detection นำมาประมวลผลมีทั้งหมด 4 กลุ่มข้อมูลดังนี้

1.) GPS Log เป็นตารางข้อมูลพื้นฐานข้อมูล HAZMAT ที่เก็บข้อมูล GPS ของรถบรรทุกทุก ๆ คันที่ผ่านด่านเก็บค่าผ่านทางแล้วเข้ามาในระบบ โดยข้อมูลประกอบไปด้วย เวลา (GPS Time), ละติจูด (Latitude), ลองจิจูด (Longitude), ความเร็ว (Speed) และรหัสประจำตัวรถ (Tag ID)

2.) SCTM Result เป็นผลลัพธ์สภาพความหนาแน่นจราจรที่คำนวณได้จาก SCTM โดยข้อมูลถูกใช้เพื่อบ่งบอกสถานะความหนาแน่นจราจรที่ตำแหน่งที่รถบรรทุกใด ๆ อยู่ ซึ่งประกอบไปด้วย รหัสถนน (Corridor ID) และความหนาแน่นของสภาพจราจรในแต่ละเซลล์

3) SCTM Shape File เป็นข้อมูลโครงสร้างเซลล์ SCTM ที่เก็บไว้ในรูปแบบไฟล์ Excel ใช้เพื่ออ้างอิงระหว่างตำแหน่งที่รถบรรทุกอยู่ ณ ปัจจุบัน กับตำแหน่งเซลล์ของ SCTM ซึ่งเก็บตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดที่เป็นตำแหน่งเซลล์ของ SCTM ไว้

4) System Route เป็นตารางข้อมูลพื้นฐานข้อมูล HAZMAT ที่เก็บจุดละติจูดและลองจิจูดของระบบเอาไว้ คณะผู้ทําวิจัยได้จัดทำข้อมูลนี้ขึ้นโดยได้กำหนดจุดละติจูดและลองจิจูดห่างกันทุก ๆ 10 เมตร ตลอดทั้งเส้นทางพิเศษที่ใช้ในระบบ HAZMAT เพื่อใช้เป็นจุดในการติดตามรถที่เข้ามาในระบบ รวมถึงใช้ในการกำหนดขอบเขตของเส้นทางในระบบอีกด้วย โดยมีโครงสร้างแบบโหนด(Node) ดังรูปที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยโหนดหลักซึ่งเป็นตำแหน่งด่านเก็บค่าผ่านทางเข้าและออกทางพิเศษ และโหนดย่อยซึ่งเป็นตำแหน่งภายในระหว่างด่านเก็บค่าผ่านทางสองด่านที่ใกล้กันที่สุด



รูปที่ 2 โครงสร้างแบบโหนด (Node)

ในแต่ละโหนดจะเก็บข้อมูลละติจูดและลองจิจูดที่แสดงตำแหน่งของโหนดเอาไว้โดยที่ Segment คือช่วงจากด่านถึงด่านที่อยู่ใกล้กันที่สุด

สำหรับโหนดที่อยู่ภายใน Segment เดียวกันจะเก็บข้อมูล ความเร็วสูงสุดที่จำกัดในเส้นทาง (Speed limit) และช่วงเวลาที่ไม่อนุญาตให้ผ่าน (Restricted period) ตามการตั้งค่าของผู้ใช้งาน เพื่อนำไปใช้ตรวจสอบรถขนส่งวัตถุอันตรายทุกคันที่ผ่านเข้ามาใน Segment ตามข้อจำกัดที่ถูกกำหนดขึ้นภายในเส้นทางนั้น ๆ

### 3.2 ขอบเขตและเงื่อนไขในการตรวจสอบ

ขอบเขตการตรวจสอบจะแบ่งเป็นสองระดับ 1) การตรวจสอบสถานะทั่วไป (Level 1) และ 2) การตรวจสอบอุบัติเหตุหรือความผิดปกติที่จำเป็นต้องแจ้งเตือนในทันที (Level 2) ผลลัพธ์จากระบบ Incident detection จะอยู่ในรูปแบบรหัสสถานะที่กำหนด โดยรถทุกคันที่ผ่านเข้ามาในระบบระบบจะทำการคำนวณเพื่อตรวจสอบเงื่อนไขและกำหนดรหัสสถานะเพื่อบอกสถานะภาพของรถในปัจจุบัน แสดงรหัสและเงื่อนไขที่กำหนดขึ้นใช้ใน Incident detection ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงรหัสและเงื่อนไขที่กำหนดขึ้นใช้ใน Incident detection

รหัส	ความหมาย	ระดับการแจ้งเตือน
0	รถที่ไม่ได้ลงทะเบียนผ่านเข้ามาในระบบ*	Level 1, level 2
1	จอดโดยไม่ทราบสถานะจราจร	Level 1, level 2
2	จอดในสภาพจราจรไม่ติดขัด	Level 1, level 2
3	จอดในสภาพจราจรติดขัด	Level 1
4	ขับช้ากว่ากำหนด	Level 1
5	ขับเร็วเกินกว่ากำหนด	Level 1, level 2
6	ขับปกติ	Level 1
7	ขับผ่านทางที่ไม่อนุญาต*	Level 1, level 2
8	ข้อมูล GPS ขาดหาย*	Level 1, level 2

การแจ้งเตือนระดับที่ 1 บ่งบอกสถานะของรถและเก็บข้อมูลไว้ในตารางติดตามสถานะของรถ (OnTrack Table) ซึ่งเป็นข้อมูลสำหรับตรวจสอบสถานะของรถโดยทั่วไป โดยจะทำการคำนวณ กำหนดสถานะและเก็บข้อมูลตลอดทุก ๆ 1 นาที ในขณะที่การแจ้งเตือนระดับที่ 2 จะถูกเก็บไว้ในตารางแจ้งเตือนอุบัติเหตุ (Incident Table) ซึ่งจะถูกบันทึกในกรณีที่สถานะดังกล่าวได้เกิดขึ้นแล้วเท่านั้น

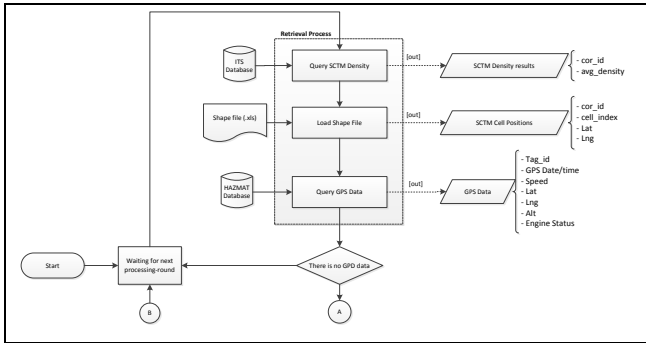
### 3.3 การทำงานของระบบ

ระบบ Incident detection จะทำการประมวลผลเป็นรอบการคำนวณทุก ๆ 1 นาที ภายในระบบประกอบไปด้วย 4 กระบวนการย่อยได้แก่ 1) Retrieval Process 2) Information Extraction Process 3) Driving Status Tracking Process และ 4) Storing Process โดยผลลัพธ์สุดท้ายจะทำการกำหนดสถานะของรถบรรทุกแต่ละคัน (ดังตารางที่ 1) และบันทึกข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูล HAZMAT เพื่อนำไปแสดงผลต่อผู้ใช้งานต่อไป

### 3.4 กระบวนการค้นคืนข้อมูล (Retrieval Process)

กระบวนการค้นคืนข้อมูลเป็นกระบวนการแรกในการทำหน้าที่นำข้อมูลเข้าสู่ระบบ โดยข้อมูลจะถูกเรียกจาก GPS Log, SCTM Result,

SCTM Shape File และ System Route ณ เวลาปัจจุบันของรอบการประมวลผลนั้น ๆ เพื่อเตรียมข้อมูลในการประมวลผลแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กระบวนการค้นคืนข้อมูล

### 3.5 กระบวนการแปรความข้อมูล (Information Extraction Process)

ข้อมูลที่มีความสำคัญและจำเป็นต้องทำการคำนวณจากข้อมูลที่นำเข้ามาผ่านขั้นตอน 4.1 มีดังต่อไปนี้

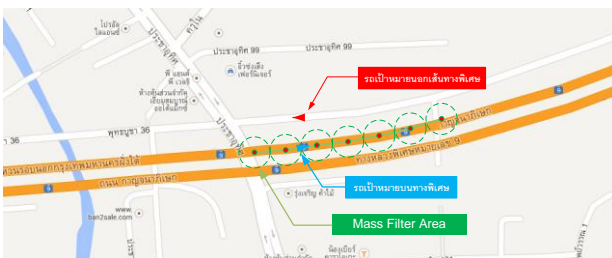
- ความเร็วเฉลี่ย (Average speed) เนื่องจาก GPS ที่นำมาใช้งานวิจัยจะส่งข้อมูลทุก ๆ 10 วินาที แต่อย่างไรก็ตามรอบการคำนวณของระบบคือ 1 นาที ดังนั้นจึงต้องทำการรวมข้อมูล (Data aggregation) ให้ครบ 1 นาที ดังนั้นจึงต้องคำนวณหาความเร็วเฉลี่ยภายใน 1 นาที ดังสมการ(1)

$$\bar{v} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N v(k) \quad (1)$$

เมื่อ  $N$  คือจำนวนข้อมูลภายในช่วง 1 นาที และ  $v(k)$  คือความเร็วที่ช่วงเวลา  $k$  ใด ๆ

- ละติจูด (Latitude) และลองจิจูด (Longitude) ในการคำนวณแต่ละรอบระบบจะนำเฉพาะละติจูดและลองจิจูดสุดท้ายเป็นตำแหน่งปัจจุบันของรถในรอบการคำนวณนั้น ๆ

- System Route Location คือตำแหน่งโหนดใน System Route เมื่อเทียบกับตำแหน่งของรถบรรทุกอยู่ในปัจจุบัน ในการหาตำแหน่งรถบรรทุกใน System Route จะใช้ Mass Filter Area โดยการกำหนดขอบเขตในการตรวจสอบ (Area of detection) ให้แต่ละจุดหากตำแหน่งของรถบรรทุกหากอยู่ภายในขอบเขตการตรวจสอบของจุดใด จะถือว่ารถบรรทุกอยู่โหนดนั้น แสดง Mass Filter Area ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดง Mass Filter Area

ในทางปฏิบัติขอบเขตในการตรวจสอบของแต่ละจุดจะถูกตั้งค่าให้ซ้อนทับกันเล็กน้อย เพื่อให้แน่ใจว่าครอบคลุมพื้นที่ที่เป็นเส้นทางภายในระบบ ได้อย่างครบถ้วน หากตำแหน่งของรถบรรทุกตกอยู่ในขอบเขตในการตรวจสอบมากกว่าหนึ่งจุด จะกำหนดให้จุดที่มีค่า Euclidean distance น้อยที่สุดเป็นจุดที่รถขนส่งวัตถุอันตรายอยู่ โดย Euclidean distance สามารถหาได้จากสมการ (2)

$$d_{ab} = \sqrt{(Lat_a - Lat_b)^2 + (Lng_a - Lng_b)^2} \quad (2)$$

โดยที่  $Lat_a, Lng_a$  และ  $Lat_b, Lng_b$  คือตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดตำแหน่งของรถขนส่งวัตถุอันตรายและตำแหน่งโหนดใน System Route ตามลำดับหลังจากกำหนดทราบตำแหน่งรถบรรทุกเมื่อเทียบกับตำแหน่งใน System Route เรียบร้อยแล้ว ระบบจะทำการตรวจสอบช่วงเวลาที่ไม่อนุญาตให้ผ่านของโหนดที่หาได้นี้ หากรถขนส่งวัตถุอันตรายวิ่งผ่านโหนดในช่วงเวลาที่ไม่ได้อนุญาตให้ผ่าน ระบบจะแจ้งเตือนในทันทีด้วยรหัส 7 ในตารางที่ 1

- SCTM Cell Location คือตำแหน่งเซลล์ SCTM ที่รถขนส่งวัตถุอันตรายอยู่ ในการหาตำแหน่งเซลล์จะใช้วิธีการเทียบกับการหาตำแหน่งใน System Route แต่เปลี่ยนจากการอ้างอิงจุดใน System Route มาเป็นการอ้างอิงตำแหน่งจาก Shape file แทนโดยค่าที่คำนวณได้นี้จะถูกนำไปใช้ในการตรวจสอบสภาพการจราจรในปัจจุบันที่รถขนส่งวัตถุอันตรายอยู่ หากรถคันดังกล่าวอยู่นอกพื้นที่ของ SCTM จะไม่สามารถทราบสถานะการจราจรได้

ข้อมูลพื้นฐานที่คำนวณได้ในขั้นตอนนี้ จะนำไปตรวจสอบเงื่อนไขเพื่อกำหนดสถานะในกระบวนการถัดไป

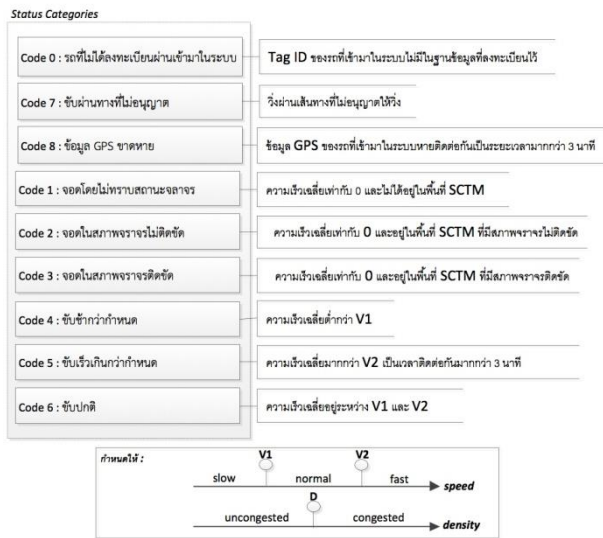
### 3.6 กระบวนการกำหนดสถานะการขับขี่ (Driving Status Determining Process)

กระบวนการนี้รับผิดชอบในการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอน 4.2 มาทำการกำหนดสถานะตามตารางที่ 1 ให้กับรถขนส่งวัตถุอันตรายทุกคันที่อยู่ภายในระบบโดยรถหนึ่งคันจะถูกกำหนดสถานะเพียง 1 สถานะเท่านั้น ดังนั้นจึงมีการกำหนดระดับความสำคัญ (Priority) ของสถานะ หากมีการตรวจสอบแล้วพบว่าเกิดเป็นสถานะใดสถานะหนึ่งก่อน สถานะที่เหลือจะถูกข้ามการตรวจสอบไปทันทีและเข้าสู่กระบวนการ 4.4 ต่อไป

เงื่อนไขในการตรวจสอบแสดง ดังรูปที่ 5 โดยระดับความสำคัญของสถานะจะเรียงจากบนไปล่างตามลำดับ โดยระดับบนสุดจะมีระดับความสำคัญมากที่สุด

จากรูป  $v_1$  และ  $v_2$  คือขีดแบ่งความเร็วที่กำหนด โดย  $v_1$  กำหนดให้เท่ากับ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และ  $v_2$  หรือก็คือความเร็วสูงสุดที่อนุญาตที่ถูกเก็บไว้ในทุก ๆ โหนดของ System Route โดย  $v_2$  จะถูกกำหนดตามราชกิจจานุเบกษา [1] โดยสำหรับทางพิเศษเฉลิมมหานคร ทางพิเศษศรีรัช และทางพิเศษฉลองรัช กำหนดให้  $v_2$  เท่ากับ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และสำหรับทางพิเศษบูรพาวิถี ทางพิเศษอุดรรัถยา และทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์) ให้  $v_2$  เท่ากับ 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในขณะที่  $D$  คือขีดแบ่งระดับสภาพความหนาแน่นจราจร โดยกำหนดให้  $D$  เท่ากับ 80 คัน

ต่อกิโลเมตรต่อทุกช่องจราจร ดังนั้นหากรถขนส่งวัตถุอันตรายมีการวิ่งเข้าไปในเซลล์ของ SCTM ที่มีความหนาแน่นของจราจรมากกว่าค่า  $D$  นี้จะถือว่าสภาพจราจรในเซลล์นั้นติดขัด

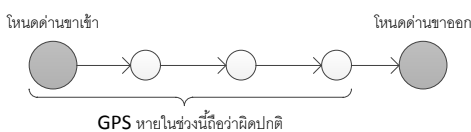


รูปที่ 5 เงื่อนไขในการตรวจสอบ

รถบรรทุกแต่ละคันจะมีรหัสเฉพาะ (Tag ID) ที่ไม่ซ้ำกันและรถที่ผ่านการลงทะเบียนแล้ว ระบบจะเก็บ Tag ID ของแต่ละคันไว้ในฐานข้อมูล HAZMAT ข้อมูลดังกล่าวใช้มาตรวจสอบรถที่เข้ามาในระบบว่าลงทะเบียนหรือไม่ หากพบว่ารถบรรทุกที่ไม่ลงทะเบียนเข้ามาในระบบ ระบบจะทำการแจ้งเตือนทันทีตามสถานะ Code : 0 ดังรูปที่ 5 ตามลำดับความสำคัญของสถานะ โดยแต่ละรหัสมีความหมายและเงื่อนไขในการตรวจสอบดังต่อไปนี้

**Code 7 :** ขับผ่านทางที่ไม่อนุญาต ในขั้นตอนที่ 4.2 ระบบจะทำการตรวจจำนวนหาตำแหน่งรถบรรทุกเมื่อเทียบกับตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดใน System Route ทุก ๆ Entity ใน System Route จะเก็บข้อมูลช่วงเวลาที่ไม่อนุญาตให้ผ่านดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3 ดังนั้นหากรถอยู่ในตำแหน่ง System Route ตรงกับช่วงระยะเวลาดังกล่าว ระบบจะแจ้งเตือนทันทีว่ารถบรรทุกคันดังกล่าวกำลังวิ่งผ่านในเส้นทางที่ไม่อนุญาต

**Code 8 :** ข้อมูล GPS ขาดหายสถานะนี้เกิดจากรถขนส่งวัตถุอันตรายในระบบไม่มีการส่งข้อมูล GPS ตำแหน่งเข้าสู่ตัวระบบเป็นระยะเวลาติดต่อกันเกินกว่า 3 นาที (หรือ 3 รอบการประมวลผลขึ้นไป) และการหายไปของ GPS จะต้องเกิดขึ้นภายใน โหนดที่เป็นด้านเข้าและโหนดย่อยระหว่าง segment ใน System Route เท่านั้น ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การหายไปของ GPS

หากข้อมูล GPS เกิดการขาดหายไปน Mass Filter Area ของโหนดที่เป็นด้านออก ระบบจะถือการหายไปของ GPS ไม่มีความผิดปกติ เนื่องจากรถสามารถออกจากระบบที่ด้านออกนี้ได้ หากข้อมูล GPS หายไปในโหนดที่เป็นด้านเข้าและโหนดย่อยระหว่าง segment ระบบจะแจ้งเตือนสถานะนี้ในระดับที่ 2 ทันที

**Code 1 :** จอดโดยไม่ทราบสถานะจราจร ระบบจะไม่ทราบสถานะจราจรของรถบรรทุกก็ต่อเมื่อรถบรรทุกนั้นวิ่งอยู่นอกเส้นทางการให้บริการของ SCTM ดังนั้นหากรถขนส่งวัตถุอันตรายจอดในพื้นที่ที่ระบบไม่ทราบสภาพจราจรที่แน่นอน ระบบจะแจ้งเตือนทันที

**Code 2 และ Code 3** จะเกิดขึ้นความเร็วเฉลี่ยของรถมีค่าเท่ากับ 0 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและรถอยู่ในพื้นที่บริการของ SCTM หากพื้นที่จราจรที่รถบรรทุกอยู่ในขณะนั้นมีการติดขัดและรถขนส่งวัตถุอันตรายจอด ระบบจะถือว่าเป็นสภาพปกติ แต่หากสภาพจราจรไม่ติดขัดและรถขนส่งวัตถุอันตรายจอด ระบบจะถือว่าเป็นสภาพผิดปกติและจะต้องแจ้งเตือนในระดับที่ 2

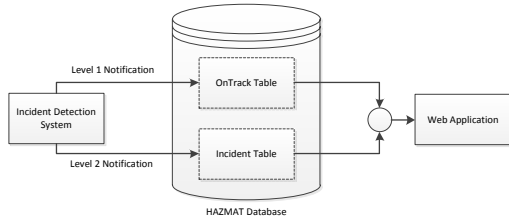
**Code 5 :** ขับเร็วเกินกว่ากำหนดจะเกิดขึ้นเมื่อรถมีความเร็วเฉลี่ยเกินกว่า  $V2$  ของตำแหน่งใน System Route นั้น ๆ เป็นระยะเวลาติดต่อกันเกินกว่า 3 นาที (หรือ 3 รอบการประมวลผลขึ้นไป) เนื่องจากรถขนส่งวัตถุอันตรายอาจจะมีช่วงการเร่งความเร็วเพื่อแซงรถคันอื่นซึ่งอาจจะทำให้มีความเร็วเฉลี่ยในช่วงนั้นมากกว่า  $V2$  แต่อย่างไรก็ตามรถขนส่งวัตถุอันตรายอาจกลับมาขับด้วยความเร็วปกติหลังจากการเร่งแซงได้ ในกรณีขับด้วยความเร็วเฉลี่ยมากกว่า  $V2$  ติดต่อกันมากกว่า 3 นาที ถือว่ามีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุสูง ระบบจะทำการแจ้งเตือนสถานะ Code 5 ในระดับ 2 ทันที

**Code 4 และ Code 6** เป็นการตรวจสอบความเร็วรถโดยทั่วไป ซึ่งก็คือสถานะของการขับช้ากว่ากำหนดและขับปกติตามลำดับ ซึ่งถือว่าเป็นสถานะในการตรวจสอบปกติเมื่อรถเข้ามาในระบบ ดังนั้นจึงไม่มีการแจ้งเตือนในระดับ 2 สำหรับสถานะดังกล่าว

รถบรรทุกทุกคันที่เข้ามาในระบบจะถูกกำหนดสถานะใดสถานะหนึ่งตามระดับความสำคัญของสถานะ ในขั้นตอนนี้และจึงทำการบันทึกลงฐานข้อมูลในขั้นตอน 4.4 ต่อไป

### 3.7 กระบวนการการจัดเก็บข้อมูล (Storing Process)

กระบวนการการจัดเก็บข้อมูลจะทำการบันทึกข้อมูลที่คำนวณได้จากขั้นตอน 4.2 และสถานะที่ตรวจสอบได้จาก 4.3 เข้าสู่ฐานข้อมูล ตามระดับการแจ้งเตือน โดยระดับการแจ้งเตือนที่ 1 คือการตรวจสอบสถานะทั่วไปของรถทุกคันที่เข้ามาในระบบและจะทำการตรวจสอบเวลาที่รถอยู่ในระบบ ข้อมูลที่อยู่ในระดับนี้จะถูกเก็บลงในตารางการติดตามรถบรรทุก (OnTrack Table) ในขณะที่ระดับการแจ้งเตือนที่ 2 คือสถานะความผิดปกติที่จะต้องแจ้งเตือนทันที ซึ่งจะถูกเก็บลงในตารางสถานะอุบัติเหตุ (Incident Table) แสดงผังการเก็บข้อมูลดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การเก็บข้อมูล

กระบวนการทำงานหนึ่งรอบของระบบจะเริ่มจากกระบวนการ 4.1 ถึง 4.4 ซึ่งจะต้องใช้เวลาน้อยกว่า 1 นาทีในแต่ละรอบหลังจากกระบวนการ 4.4 เสร็จสิ้นแล้ว ระบบจะรอรอบการคำนวณถัดไป

### 3.8 การคาดการณ์ตำแหน่งรถล่วงหน้า

ระบบ Incident detection จะมีอีกหนึ่งหน้าที่การทำงานหลักแยกออกมาจากการคำนวณหลักในหัวข้อที่ 4 ซึ่งก็คือการคาดการณ์ตำแหน่งรถขบวนรถอันตราย (Prediction) ใน 15 นาทีถัดไป โดยการคาดการณ์จะแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ การคาดการณ์โดยไม่ทราบสภาพจราจรและการคาดการณ์โดยทราบสภาพจราจร กระบวนการคาดการณ์นี้จะประมาณค่า Travel Time ของแต่ละตำแหน่งบนทางพิเศษแล้วนำมาห้กลับแบบสะสมกับช่วงเวลาที่กำหนด (15 นาที)

### 3.9 การคาดการณ์โดยไม่ทราบสภาพจราจร

การคาดการณ์นี้จะเกิดจากรถขนส่งวัตถุอันตรายไม่อยู่ในเขตพื้นที่บริการของ SCTM ดังนั้นการคาดการณ์นี้จะใช้การประมาณค่าแบบเชิงเส้นโดยประมาณค่า Travel Time จากจุด a ไป b หรือ  $\tau_{ab}$  ในหน่วยนาที ดังสมการ (3)

$$\tau_{ab} = \frac{S(a, b)}{4 \cdot \bar{v}} \quad (3)$$

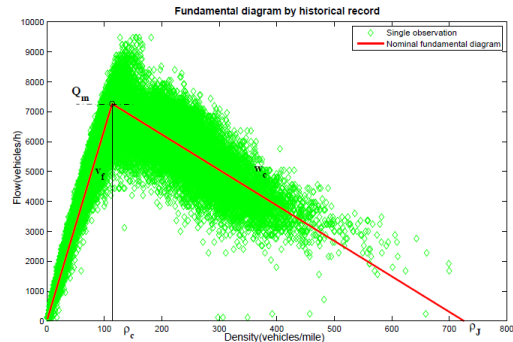
โดยที่  $S(a, b)$  คือระยะระหว่างโหนด 2 ที่คิดกันใด ๆ ในหน่วยกิโลเมตร และ  $\bar{v}$  คือความเร็วเฉลี่ยดังสมการที่ (1) สามารถแสดงรหัสเทียม (Pseudo Code) ดังนี้

```

1: Algorithm Prediction in Unknown traffic condition
2: time = 15
3: position = current position of truck in System Route
4: while time > 0
5:     a = position
6:     b = next position in System route
7:     calculate  $\tau_{ab}$ 
8:     time = time -  $\tau_{ab}$ 
9:     position = b
10: endwhile
11: return position
  
```

### 3.10 การคาดการณ์โดยทราบสภาพจราจร

หากรถขนส่งวัตถุอันตรายอยู่ภายในพื้นที่บริการของ SCTM กระบวนการ 5.2 จะถูกนำมาคำนวณหาตำแหน่งของรถขนส่งวัตถุอันตรายใน System Route กระบวนการนี้จะแยกการประมาณค่า Travel Time จากสภาพจราจรในขณะนั้น โดยอ้างอิงจาก Fundamental diagram ในแต่ละเซลล์ของ SCTM แสดง Fundamental diagram ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดง Fundamental diagram

หากความหนาแน่น (Density,  $\rho$ ) ของสภาพจราจรต่ำ ตำแหน่ง System Route ที่รถขนส่งวัตถุอันตรายอยู่ หากมีค่าอยู่ในช่วงกราฟขาขึ้นหรือในช่วง Free Flow ระบบจะประมาณค่า Travel Time ตาม 5.1 หากความหนาแน่นของสภาพจราจรมีอยู่ในช่วงกราฟขาลงหรือในช่วง Congestion หรือความหนาแน่นมากกว่า Critical Density  $\sigma_c$  ความเร็วเฉลี่ยของรถจะถูกลดทอนลงตามความหนาแน่น หากความหนาแน่นมากกว่าหรือเท่ากับ Jam Density ( $\sigma_j$ ) หมายความว่าสภาพจราจรติดขัดมากและรถไม่สามารถวิ่งได้ ดังนั้นความเร็วเฉลี่ยจึงเป็น 0 ดังนั้นจะสามารถประมาณค่า Travel Time จากจุด a ไป b ในกรณี Congestion หรือ  $\widetilde{\tau}_{ab}$  ดังสมการ (4)

$$\widetilde{\tau}_{ab} = \frac{S(a, b)}{4 \cdot \bar{v}} \quad (4)$$

โดยที่

$$\bar{v} = \left( \frac{\sigma_j - \rho}{\sigma_j - \sigma_c} \right) \cdot \bar{v} \quad (5)$$

เมื่อ  $\bar{v}$  คือความเร็วเฉลี่ยของรถที่ถูกลดทอน

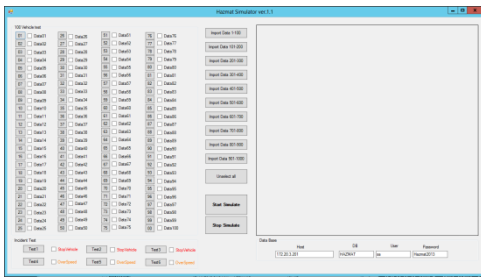
ขั้นตอนการประมาณตำแหน่งจาก Travel Time ในกระบวนการที่ 5.2 จะคล้ายกับรหัสเทียมที่ได้แสดงใน 5.1 หากแต่มีการเพิ่มเงื่อนไขการเช็คความหนาแน่นของตำแหน่งใน System Route ที่รถขนส่งวัตถุอันตรายอยู่ในช่วงเวลาดังกล่าวเทียบกับ Fundamental diagram ของเซลล์ SCTM ในตำแหน่งนั้น ๆ

## 4. การทดสอบระบบ

การทดสอบระบบติดตามรถขนส่งวัตถุอันตรายจะเน้นหนักไปในด้านการทดสอบด้านสมรรถนะของระบบเป็นส่วนใหญ่ โดยมีหัวข้อการทดสอบคือ การทดสอบสมรรถนะการทำงานของระบบ และการทดสอบความถูกต้องของระบบตรวจจับอุบัติเหตุการฉ้อโกง โนมัติ มีรายละเอียดดังนี้

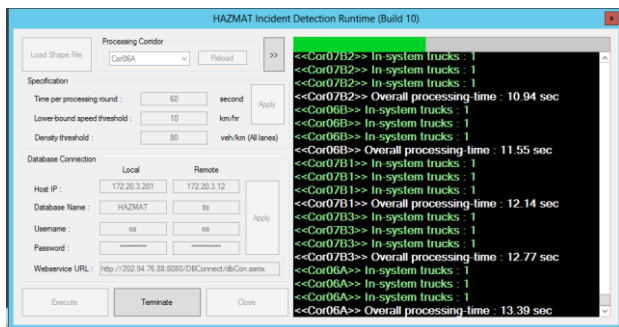
#### 4.1 การทดสอบสมรรถนะของระบบ

การทดสอบส่วนนี้เป็นารทดสอบโดยเน้นวัดสมรรถนะการทำงานของระบบทั้งส่วนการรองรับข้อมูลและความเร็วในการทำงาน โดยระบบที่พัฒนาขึ้นถูกออกแบบให้ทำการทำงานทุก 1 นาที ดังนั้นระบบจำเป็นต้องสามารถคำนวณข้อมูลทั้งหมดได้ทันภายใน 1 นาทีเพื่อให้เสร็จสิ้นการทำงานก่อนรอบทำงานถัดไป โดยผู้ทดสอบจะใช้ข้อมูล Simulation ที่ได้จากการเก็บข้อมูล GPS จากการใช้รถทดสอบวิ่งจริงบนถนนสายต่างๆ ของ การทางพิเศษรวมถึงเส้นทางต่างๆทั่วกรุงเทพมหานคร มาทำการป้อนให้กับระบบพร้อมกันเพื่อหาปริมาณสูงสุดของข้อมูลที่ระบบยังสามารถทำการคำนวณได้ทันภายในเวลา 1 นาที โดยโปรแกรม Simulation ดังรูปที่ 9 ที่ใช้ในการทดสอบจะสามารถส่งข้อมูลให้กับระบบติดตามรถตู้ภัยเป็นจำนวนสูงสุด 1,000 คันต่อครั้ง โดยใช้รูปแบบการส่งข้อมูลแบบเดียวกับระบบส่งข้อมูลของกรมขนส่งทางบก และทำการส่งข้อมูลของกรมขนส่งทางบก



รูปที่ 9 แสดงตัวอย่างโปรแกรมป้อนข้อมูล Simulation ที่สามารถรองรับการส่งข้อมูลเข้าระบบติดตามรถตู้ภัยได้พร้อมกันครั้งละ 1000 คัน

การทดสอบผู้ทดสอบจะทำการส่งข้อมูลของรถขนส่งวัตถุอันตรายด้วยโปรแกรม Simulation เข้าระบบติดตามรถขนส่งวัตถุอันตรายและทำการจดบันทึกเวลาในการทำงานของระบบ ดังรูปที่ 10 และเพิ่มจำนวนรถขึ้นครั้งละ 100 คันเพื่อหาปริมาณรถสูงสุดที่ระบบยังสามารถประมวลผลได้ โดยมีผลการทดสอบดังตารางที่ 2



รูปที่ 10 แสดงตัวอย่างการแสดงผลการทำงานของระบบตรวจจับอุบัติเหตุ

จากการทดสอบในตารางที่ 2พบว่าระบบสามารถทำการประมวลผลข้อมูลเพื่อติดตามรถขนส่งวัตถุอันตรายได้พร้อมกันมากกว่า 1,000 คันใน

รอบการทำงาน 1 นาที ซึ่งเป็นปริมาณที่มากเพียงพอต่อจำนวนรถขนส่งวัตถุอันตรายที่ใช้ทางพิเศษในช่วงเวลาเดียวกัน

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการประมวลผลของระบบ

จำนวนข้อมูลที่ป้อนเข้าระบบ	เวลาที่ใช้ประมวลผล (Overall processing time)
100	13.05s
200	17.07s
300	18.10s
400	20.34s
500	23.05s
600	26.24s
700	28.95s
800	32.27s
900	35.45s
1000	39.02s

#### 4.2 การทดสอบความถูกต้องและความเร็วในการตอบสนองของระบบตรวจจับอุบัติเหตุ

เนื่องจากระบบให้ข้อมูลแบบ Simulation นั้นทำการป้อนข้อมูลเข้าระบบด้วยรอบการทำงาน 1 ครั้งต่อนาที จึงไม่สามารถตอบสนองการทดสอบการทำงานของระบบแบบ Real-time ได้ดีเท่าที่ควร ผู้ทดสอบจึงได้ทำการพัฒนา Mobile Application ซึ่งทำหน้าที่เป็น Mobile GPS Tracking และส่งข้อมูลในรูปแบบเดียวกับข้อมูลต้นแบบของกรมขนส่งทางบก เข้ามายัง Server ทุก 10 วินาที เพื่อทำการทดสอบการทำงานของระบบแบบ Real-time และสามารถทำการทดสอบ การเกิดอุบัติเหตุในรูปแบบต่างๆ ได้อย่างคล่องตัวโดยข้อมูลที่ Mobile Application ทำการจัดส่งมายังระบบมีดังนี้ รหัสผู้ขับขี่, รหัสตัวเครื่อง, ตำแหน่ง Lat,Long ของอุปกรณ์ปัจจุบัน, ความเร็วในการเคลื่อนที่ เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงตัวอย่าง Mobile Application ที่พัฒนาขึ้นเพื่อทำการทดสอบระบบตรวจจับอุบัติเหตุแบบ Real-time

การทดสอบระบบตรวจจับอุบัติเหตุแบบอัตโนมัติ จะมุ่งเน้นทดสอบความถูกต้องในการตรวจสอบการเกิดเหตุต่างๆและเวลาตอบสนอง ในการแสดงผลของระบบ โดยหัวข้อการทดสอบจะอ้างอิงตามชนิดการเกิด

เหตุที่ระบบสามารถตรวจวัดได้ดังได้กล่าวไปแล้วก่อนหน้านี้ และผลการทดสอบแสดงให้เห็นในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบความผิดปกติ

การทดสอบ	ผลการตรวจจับ	เวลาตอบสนอง
รถจอด (สภาพจราจรไม่ติด)	ตรวจพบ	78s
รถจอด (สภาพจราจรติด)	ตรวจพบ	83s
รถจอด(ระบุสภาพจราจรไม่ได้)	ตรวจพบ	79s
วิ่งช้ากว่าปกติ	ตรวจพบ	82s
วิ่งเร็วเกินกว่ากำหนด	ตรวจพบ	80s
วิ่งในทางที่ไม่อนุญาตให้วิ่ง	ตรวจพบ	78s
ข้อมูล GPS หาย	ตรวจพบ	73s

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตรวจจับสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ภายในเวลา ไม่เกิน 2 นาที (เนื่องจากระบบประมวลผลการทำงานทุก 1 นาที) ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าระบบสามารถตรวจจับได้ทันทีในการประมวลผลครั้งแรก เมื่อเกิดเหตุ ซึ่งหมายความว่าระบบสามารถตรวจจับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นได้ทันที ที่มีข้อมูลเข้ามายังระบบ โดยความเร็วในการตอบสนองแปรผันตรงกับรอบการทำงานของโปรแกรมประมวลผล

#### 4.3 การทดสอบความถูกต้องของ Mobile Application

เนื่องจากความถูกต้องของระบบจะขึ้นตรงกับการทำงานของ Mobile Application ซึ่งในการทดสอบนี้จะทำการทดสอบบนพื้นฐานของ Smart Phone ราคาขนาดกลางที่มีขายอยู่ทั่วไปตามท้องตลาดเพื่อทดสอบหาความถูกต้องในการทำงานของอุปกรณ์ดังกล่าว

การทดสอบการทำงานจริงจากอุปกรณ์ GPS โดยการเปิดโปรแกรมบนอุปกรณ์ Mobile Application จะทำการทดสอบโดยใช้รถยนต์วิ่งทดสอบจริงบนเส้นทางพิเศษ โดยจะเลือกช่วงเวลาที่ไม่ใช่ช่วงเวลาเร่งด่วนในการทดสอบระบบ และแบ่งหัวข้อในการทดสอบดังนี้

##### 4.3.1 ความถูกต้องของการตรวจวัดความเร็ว

ทำโดยการเทียบกับมิเตอร์ความเร็วรถยนต์ โดยที่ผู้ทดสอบจะทำการทดสอบนำ Mobile Device ทดสอบวัดความเร็วของการเคลื่อนที่ของรถยนต์ที่ความเร็วแตกต่างกันทุกๆ 1 นาที ในช่วงความเร็วต่างๆ จำนวน 10 ข้อมูล เปรียบเทียบกับมาตรฐานวัดความเร็วมาตรฐานของรถยนต์ โดยการคำนวณความผิดพลาดจะใช้สูตร ดังต่อไปนี้

$$\text{SpeedError} = \frac{(MS-SS)/SS}{SS} * 100$$

โดยที่

SpeedError = เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของการวัดความเร็ว

MS= ความเร็วที่วัดได้จาก Mobile Device

SS = ความเร็วที่วัดได้จากมาตรฐานวัดความเร็วมาตรฐานของรถยนต์

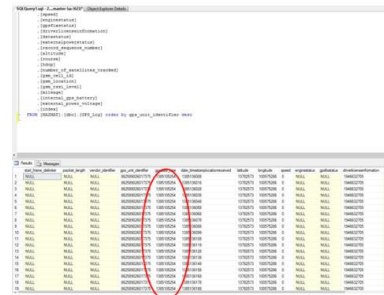
ผลการทดสอบแสดงให้เห็นในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบความเร็วจำนวน 10 การทดสอบ

ครั้งที่	ความเร็วที่วัดได้จากอุปกรณ์	ความเร็วที่วัดได้จากรถยนต์	อัตราความผิดพลาด (%)
1	10	9	11.11
2	20	21	4.76
3	30	33	9.09
4	40	41	2.43
5	50	53	5.66
6	60	63	4.76
7	70	72	2.77
8	80	82	2.43
9	90	94	4.25
10	100	105	4.76

##### 4.3.2 อัตราการสูญหายของข้อมูล

การเทียบกับอัตราการส่งข้อมูลทุกๆ 1 นาที ข้อมูลในฐานข้อมูลจะต้องมีมากกว่า 80 % ของข้อมูลที่ส่งออกมาต่อนาที โดยที่ปริกษาจะทำการเริ่มส่งข้อมูลผ่าน Mobile Application ซึ่งทำการตั้งรอบการส่งข้อมูลไว้ที่ 10 วินาทีต่อหนึ่งข้อมูล และจะทำการเรียกดูข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลโดยเลือกเฉพาะข้อมูลจาก Mobile ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 12



รูปที่ 12 แสดงผลการเรียกดูข้อมูลจาก Mobile ใน 1 นาที

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นในตารางที่ 5

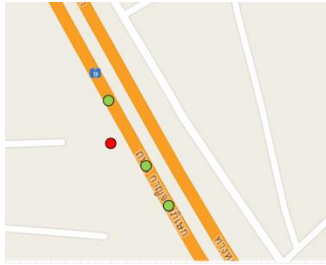
ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบการส่งข้อมูลเป็นเวลา 5 นาที

ครั้งที่	จำนวนข้อมูลต่อ นาที	จำนวนข้อมูลที่บันทึกได้	อัตราความผิดพลาด (%)
1	6	6	0
2	6	6	0
3	6	6	0
4	6	6	0
5	6	6	0

##### 4.3.3 ความถูกต้องของตำแหน่ง

ตรวจสอบจากการ Plot ตำแหน่งบนแผนที่ Google ดังรูปที่ 13 ตำแหน่งที่ส่งมาจะต้องตรงกับทางพิเศษเส้นทางที่ทำการทดสอบ โดยในการทดสอบจะทำการสุ่มข้อมูลรอบละ 100 ข้อมูลผลการทดสอบแสดงให้เห็นในตารางที่ 6





รูปที่ 13 แสดงตัวอย่างการPlot ข้อมูลเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล GPS

ตารางที่ 6 ทดสอบความถูกต้องของการPlot ตำแหน่ง

ครั้งที่ทดสอบ	จำนวนข้อมูลที่Plot	จำนวนข้อมูลที่ผิดพลาด	อัตราความผิดพลาด(%)
1	100	3	3
2	100	4	4
3	100	6	6
4	100	5	5
5	100	6	6

จากการทดสอบ Mobile Application จะพบว่าอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการทดสอบมีความแม่นยำของอุปกรณ์ในเกณฑ์ที่สามารถนำมาใช้งานได้เป็นอย่างดี

## 5. บทสรุปและแผนงานในอนาคต

ระบบตรวจติดตามรถชนส่งวัตถุอันตรายบนเส้นทางพิเศษ ที่พัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของโครงสร้างระบบฐานข้อมูลของกรมขนส่งทางบก ซึ่งประกอบไปด้วยระบบเชื่อมต่อข้อมูล ระบบ Runtime Algorithm ระบบฐานข้อมูล และระบบแสดงผล ที่ทำการพัฒนาขึ้นสำหรับการทางพิเศษ ที่พัฒนาขึ้นนั้น สามารถทำการตรวจจับและติดตามรถชนส่งวัตถุอันตรายได้พร้อมกันทั้งหมดมากกว่า 1,000 คันต่อครั้ง โดยระบบตรวจจับอุบัติเหตุสามารถทำงานได้ในรอบการทำงานทุก 1 นาที โดยสามารถตรวจจับสถานการณ์ได้คือ รถจอด (สภาพจราจรไม่ติด), รถจอด (สภาพจราจรติด), รถจอด (ไม่สามารถระบุสภาพจราจรได้), รั้งช้ากว่าปกติ, รั้งเร็วเกินกว่ากำหนด, รั้งในทางที่ไม่อนุญาตให้รั้ง, ข้อมูล GPS หายขณะอยู่บนทางพิเศษ โดยจากการทดสอบพบว่าระบบสามารถตรวจพบอุบัติเหตุต่างได้ทันทีในรอบการทำงานถัดไปหลังจากเกิดอุบัติเหตุ อย่างไรก็ตาม โดยความถูกต้องของตำแหน่งการเกิดอุบัติเหตุขึ้นอยู่กับความแม่นยำของอุปกรณ์ GPS ที่ใช้

ในการพัฒนาระบบติดตามรถชนส่งวัตถุอันตรายนี้ ได้อ้างอิงข้อมูลของระบบฐานข้อมูลจากกรมขนส่งทางบก ซึ่งมีการส่งข้อมูลทุกๆ 1 นาที ทำให้การตอบสนองของระบบ จะทำได้เร็วที่สุดที่ระยะเวลามากกว่า 1 นาทีขึ้นไป ซึ่งในความเป็นจริงแล้วการตอบสนองด้วยความเร็วเท่านั้นยังคงเป็นความเร็วที่ต่ำเกินไปสำหรับระบบติดตามแบบ Real-time ซึ่งระบบควรจะสามารถตอบสนองได้ทันทีเมื่อเกิดอุบัติเหตุกับรถชนส่งวัตถุอันตรายที่วิ่งอยู่ในพื้นที่ อีกทั้งการส่งข้อมูลรถทั้งหมดมาทำการคัดกรอง

ทั้งหมดบนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายนั้นเป็นการสร้างภาระหนักให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและระบบ network เป็นอย่างมาก ทำให้ยากต่อการพัฒนาต่อยอดให้สามารถตรวจจับรถชนส่งวัตถุอันตรายทั้งหมดที่มีอยู่ในประเทศได้ในแบบ Real-time ในอนาคต

ดังนั้นเพื่อให้สามารถทำการพัฒนาระบบ Real-time ที่สามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีครอบคลุมรถชนส่งวัตถุอันตรายที่มีอยู่จริง และสามารถตรวจจับได้อย่างทันท่วงที การพัฒนาต่อไปของระบบติดตามรถชนส่งวัตถุอันตรายในระยะต่อไปจะมุ่งเน้น การพัฒนา Application ในรูปแบบ Client Process ที่จะทำการคัดกรองข้อมูลทั้งหมดรวมถึงทำการตรวจจับอุบัติเหตุต่างที่ GPS Client เพื่อเพิ่มสมรรถนะการทำงานของระบบและเพิ่มความเร็วรวมถึงความถูกต้องของระบบทั้งนี้ยังสามารถสร้างการตอบสนองระหว่างผู้ดูแลระบบกับผู้ขับขี่ได้โดยตรงซึ่งจากการทดสอบใช้งาน Mobile Application บนพื้นฐานของ Smart Phone นั้นพบว่าได้ผลการทำงานอยู่ในเกณฑ์ที่มีความถูกต้องสูงดังนั้นในการพัฒนาระยะถัดไปจึงจะทำการพัฒนา Incident Detection บนพื้นฐานของ Mobile Device ด้วย Mobile Phone เพื่อเพิ่มอัตราการเข้าถึงการใช้งานระบบและสามารถขยายการทำงานของระบบไปในระบบตรวจจับอุบัติเหตุบนรถอื่นๆ นอกเหนือจากรถชนส่งวัตถุอันตราย

## เอกสารอ้างอิง

- [1] ข้อบังคับเจ้าพนักงานจราจรในทางพิเศษ เรื่องการห้ามรถบรรทุกวัตถุอันตรายเดินในทางพิเศษพ.ศ. 2555, ราชกิจจานุเบก เล่ม 129 ตอนพิเศษ 165 ง, หน้า 56, 30 ตุลาคม 2555.
- [2] การทางพิเศษแห่งประเทศไทย, รายงานการศึกษาฉบับสมบูรณ์, โครงการศูนย์การจราจรอัจฉริยะ (ITS Center) ระยะที่ 2,2556
- [3] Md. Syedul Amin, Mohammad ArifSobhanBhuiyan"GPS and Map Matching Based Vehicle AccidentDetection System", 13 IEEE Student Conference on Research and Development (SCOReD), 16 -17 December 2013, Putrajaya, Malaysia
- [4] L. Chuan-zhi, H. Ru-fu, and H.-w. Ye, "Method of freeway incidentdetection using wireless positioning," IEEE International Conference onAutomation and Logistics, 2008, Qingdao, China, pp. 2801-2804.
- [5] C. Thompson, J. White, B. Dougherty, A. Albright, and D. C. Schmidt,"Using smartphones to detect car accidents and provide situationalawareness to emergency responders," in Mobile Wireless Middleware,Operating Systems, and Applications, 2010, pp. 29-42.
- [6] การทางพิเศษแห่งประเทศไทย, รายงานการศึกษาฉบับสมบูรณ์, โครงการพัฒนาระบบตรวจอุบัติเหตุอัตโนมัติ,2555
- [7] Sumalee A., Zhong, R.X., Pan, T.L., and Szeto W.Y. (2011) Stochastic cell transmission model (SCTM): a stochastic dynamic traffic model for traffic state surveillance and assignment, Transportation Research Part B, 45(3)p 507-533