การตรวจจับอุบัติการณ์แบบอัตโนมัติของระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติบนทางพิเศษฉลองรัช

Automatic Incident Detection of Automatic Lane Control System on Chalong Rat Expressway

ฐิติพงศ์ สุขเสริม[1,*] ณัฐพงศ์ สุขกล่อม[2] ชาญเวทย์ หริพ่าย[3] และ ศิวัช ปัญญาชัยวัฒนากูร[4]

[1,4] กองวิจัยและนวัตกรรม ฝ่ายดิจิทัล 1 การทางพิเศษแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร
[2] กองบำรุงรักษาอุปกรณ์ ฝ่ายบำรุงรักษา การทางพิเศษแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร
[3] การกองบริหารธุรกิจดิจิทัล ฝ่ายดิจิทัล 1 การทางพิเศษแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร
**Corresponding author; E-mail address: thitipong.so28@hotmail.com*

บทคัดย่อ

อุบัติการณ์ที่เกิดขึ้นบนทางพิเศษส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อความคล่องตัวในการจราจรและความปลอดภัยของผู้ใช้ทาง ระบบตรวจจับอุบัติการณ์แบบอัตโนมัติ (Automatic Incident Detection: AID) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control System: ALC) จึงมีบทบาทสำคัญในการลดผลกระทบจากอุบัติการณ์และฟื้นฟูสภาพการจราจรให้กลับสู่ภาวะปกติ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบตรวจจับอุบัติการณ์แบบอัตโนมัติ โดยเลือกใช้กรณีศึกษาอุบัติการณ์บนทางพิเศษฉลองรัช การทางพิเศษแห่งประเทศไทย การวิจัยประกอบด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลอุบัติการณ์จากระบบตรวจจับและแหล่งข้อมูลอื่น ๆ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติการณ์ เช่น ลักษณะของอุบัติการณ์ สภาพการจราจร และข้อจำกัดทางเทคโนโลยี ผลการวิจัยชี้ให้เห็นถึงจุดแข็งและข้อจำกัดของระบบ AID งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อให้ข้อมูลเชิงลึกแก่ผู้พัฒนาระบบ นักวิจัย และผู้กำหนดนโยบาย ในการปรับปรุงระบบตรวจจับอุบัติการณ์อัตโนมัติเพื่อเพิ่มความปลอดภัยและลดผลกระทบจากอุบัติการณ์บนท้องถนนในอนาคต

คำสำคัญ: ระบบตรวจจับอุบัติการณ์แบบอัตโนมัติ, ทางพิเศษ, ฉลองรัช, อัลกอริทึมตรวจจับอุบัติการณ์

Abstract

Incidents on expressways significantly affect traffic flow and the safety of road users. The Automatic Incident Detection (AID) system, an integral component of the Automatic Lane Control System (ALC) for expressway traffic management, therefore plays a crucial role in mitigating these impacts and restoring normal traffic conditions. This study focuses on developing algorithms for the AID system, using incidents on the Chalong Rat Expressway (operated by the Expressway Authority of Thailand) as a case study. The research involves collecting incident data from the detection system and other sources, and examining additional factors related to incident occurrence, such as incident characteristics, traffic conditions, and technological constraints. The results highlight the strengths and limitations of the AID system. This research aims to provide insights for system developers, researchers, and policymakers to improve automatic incident detection systems in order to enhance safety and reduce the impacts of future road incidents.

Keywords: Automatic Incident Detection Systems, Expressway, Chalong Rat, Incident detection algorithm

1. คำนำ

อุบัติเหตุบนทางพิเศษเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้ทางและประสิทธิภาพของระบบขนส่ง การตรวจจับอุบัติเหตุได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำเป็นปัจจัยสำคัญในการลดความรุนแรงของอุบัติเหตุและบรรเทาผลกระทบต่อการจราจร [1] โดยเฉพาะในกรุงเทพมหานครซึ่งมีปริมาณจราจรหนาแน่นและมักประสบปัญหาการจราจรติดขัดในชั่วโมงเร่งด่วน

ทางพิเศษฉลองรัช (Chalong Rat Expressway) เป็นเส้นทางคมนาคมสำคัญที่เชื่อมต่อพื้นที่ชานเมืองกับใจกลางกรุงเทพมหานคร มีระยะทางรวม 28.2 กิโลเมตร และมีปริมาณการจราจรเฉลี่ยมากกว่า 200,000 คันต่อวัน [2] ด้วยปริมาณการจราจรที่สูง ทำให้มีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุค่อนข้างสูง ปัจจุบันการตรวจจับอุบัติเหตุบนทางพิเศษฉลองรัชส่วนใหญ่ยังคงพึ่งพาการรายงานจากผู้ใช้ทางหรือเจ้าหน้าที่ลาดตระเวน ซึ่งอาจมีความล่าช้าในการตรวจพบและรายงานอุบัติเหตุ

ระบบการตรวจจับอุบัติเหตุอัตโนมัติ (Automatic Incident Detection; AID) เป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่างๆ เช่น ข้อมูลความเร็ว ความหนาแน่น และปริมาณจราจร มาวิเคราะห์เพื่อตรวจจับความผิดปกติที่อาจบ่งชี้ถึงการเกิดอุบัติเหตุ [3] การพัฒนาระบบ AID ที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ได้อย่างรวดเร็ว ลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุซ้ำซ้อน และลดผลกระทบต่อการจราจรโดยรวม

อย่างไรก็ตาม ระบบตรวจจับอุบัติการณ์ที่ใช้อยู่เดิมบนทางพิเศษฉลองรัช ส่วนใหญ่ยังคงอาศัยเทคโนโลยี Video Content Analytic (VCA) ซึ่งใช้การประมวลผลภาพจากกล้องวงจรปิดเพื่อตรวจจับเหตุการณ์ผิดปกติ แม้ว่าวิธีการนี้จะสามารถตรวจจับเหตุการณ์ได้อย่างแม่นยำในสภาพที่ทัศนวิสัยชัดเจนและมีการเคลื่อนไหวที่เด่นชัด แต่กลับพบข้อจำกัดหลายประการ เช่น ความไวต่อสภาพแสงและสภาพอากาศ (เช่น ฝนตกหรือแสงจ้า) ปัญหาการบังทัศนวิสัยของกล้อง และข้อจำกัดในการตรวจจับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงที่การจราจรมีความหนาแน่นสูงหรือมีความเร็วต่ำ เช่น ในชั่วโมงเร่งด่วน ซึ่งทำให้การเปลี่ยนแปลงของภาพไม่ชัดเจนพอที่จะทำให้ระบบ VCA ตรวจจับเหตุการณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อจำกัดเหล่านี้ทำให้ระบบ VCA ไม่สามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์แบบเรียลไทม์ได้อย่างเพียงพอในบางสถานการณ์ ส่งผลต่อการแจ้งเตือนและการตอบสนองของเจ้าหน้าที่ที่อาจเกิดความล่าช้า จึงเป็นที่มาของการศึกษานี้ ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาอัลกอริทึมการตรวจจับอุบัติการณ์แบบอัตโนมัติ โดยใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์จราจร เช่น ความเร็วและความหนาแน่น เพื่อวิเคราะห์รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของสภาพจราจร และสามารถตรวจจับเหตุการณ์ได้แม้ในช่วงเวลาที่มีการจราจรหนาแน่นงานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาระบบการตรวจจับอุบัติการณ์แบบอัตโนมัติสำหรับทางพิเศษฉลองรัช โดยใช้ข้อมูลจากระบบตรวจวัดสภาพจราจรที่ติดตั้งในบริเวณ Upstream และ Downstream ของจุดที่เกิดอุบัติเหตุ วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยประกอบด้วย พัฒนาอัลกอริทึมสำหรับตรวจจับอุบัติการณ์แบบอัตโนมัติโดยใช้ข้อมูลความหนาแน่นและความเร็วของการจราจร วิเคราะห์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของสภาพจราจรก่อน ระหว่าง และหลังการเกิดอุบัติเหตุ และศึกษาพฤติกรรมของผู้ใช้ทางในช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ

ผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้คือระบบตรวจจับอุบัติการณ์แบบอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพ สามารถนำไปประยุกต์ใช้รวมกับระบบเดิมที่มีอยู่ และเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาระบบจัดการจราจรอัจฉริยะในอนาคต

2. ทบทวนวรรณกรรม

2.1 การตรวจจับอุบัติการณ์แบบอัตโนมัติ (Automatic Incident Detection)

การตรวจจับอุบัติการณ์แบบอัตโนมัติ (Automatic Incident Detection: AID) ได้รับความสนใจในการวิจัยและพัฒนามาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ทศวรรษที่ 1970 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจจับอุบัติเหตุหรือเหตุการณ์ผิดปกติบนท้องถนนได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ [4] วิธีการตรวจจับอุบัติการณ์สามารถแบ่งได้เป็นหลายประเภทตามเทคโนโลยีและชุดข้อมูลที่ใช้ ได้แก่

2.1.1 *วิธีการตรวจจับโดยใช้อัลกอริทึมเปรียบเทียบรูปแบบ (Pattern Recognition Algorithms)*

อัลกอริทึมในกลุ่มนี้ใช้การเปรียบเทียบรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของสภาพจราจรกับรูปแบบมาตรฐานที่บ่งชี้ถึงการเกิดอุบัติเหตุ วิธีที่ได้รับความนิยมและใช้อย่างแพร่หลายคือ California Algorithm ซึ่งพัฒนาโดย Payne และคณะในปี 1976 [5] อัลกอริทึมนี้ใช้การเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของความหนาแน่นการจราจรระหว่าง Upstream และ Downstream จุดเกิดเหตุ หากค่าความแตกต่างเกินค่าเกณฑ์ที่กำหนด จะถือว่ามีอุบัติเหตุเกิดขึ้น

นอกจากนี้ยังมีอัลกอริทึมอื่นๆ เช่น McMaster Algorithm [6] ซึ่งใช้วิธีการคำนวณค่า Catastrophe Theory สำหรับตรวจจับสภาวะที่การจราจรเปลี่ยนจากสภาพปกติไปสู่สภาพผิดปกติอย่างฉับพลัน และ APID Algorithm [7] ซึ่งใช้เทคนิคการประมวลผลสัญญาณเพื่อกรองสัญญาณรบกวนและเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับ

2.1.2 *วิธีการตรวจจับโดยใช้เทคนิคทางสถิติ (Statistical Techniques)*

วิธีการนี้ใช้การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อตรวจจับความผิดปกติของข้อมูลจราจร เช่น Standard Normal Deviate (SND) Algorithm [8] ซึ่งใช้การคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจราจรเพื่อระบุความผิดปกติ และ Bayesian Networks [9] ซึ่งใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นแบบเบย์ในการประมาณโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุจากข้อมูลจราจรที่วัดได้

2.1.3 *วิธีการตรวจจับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์และการเรียนรู้ของเครื่อง (AI and Machine Learning)*

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา มีการนำเทคนิคด้านปัญญาประดิษฐ์และการเรียนรู้ของเครื่องมาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับอุบัติการณ์มากขึ้น เช่น Artificial Neural Networks [10-11] ซึ่งสามารถเรียนรู้รูปแบบที่ซับซ้อนของข้อมูลจราจรและตรวจจับความผิดปกติได้อย่างมีประสิทธิภาพ Support Vector Machine (SVM) [12] ซึ่งใช้การแบ่งกลุ่มข้อมูลเพื่อจำแนกสภาพจราจรปกติกับสภาพจราจรที่เกิดอุบัติเหตุ และ Deep Learning Methods [13] ซึ่งใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบซับซ้อนในการวิเคราะห์ข้อมูลและทำนายการเกิดอุบัติเหตุ

2.2 การประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับอุบัติการณ์

การประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับอุบัติการณ์มักใช้ตัวชี้วัดหลัก 3 ประการ ได้แก่ [14] :

- อัตราการตรวจจับ (Detection Rate; DR) - สัดส่วนของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริงที่ระบบสามารถตรวจจับได้
- อัตราการแจ้งเตือนเท็จ (False Alarm Rate; FAR) - สัดส่วนของการแจ้งเตือนที่ไม่ใช่อุบัติเหตุจริง

- เวลาในการตรวจจับ (Mean Time to Detect; MTTD) - ระยะเวลาเฉลี่ยจากการเกิดอุบัติเหตุจนกระทั่งระบบสามารถตรวจจับได้

นอกจากนี้ ยังมีการวัดประสิทธิภาพในแง่ของความเชื่อถือได้ (Reliability) ความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมต่างๆ (Robustness) และความสามารถในการปรับตัวกับสภาพจราจรที่เปลี่ยนแปลง (Adaptability)

2.3 ระบบการจัดการจราจรอัจฉริยะบนทางพิเศษ

ระบบการจัดการจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transportation Systems; ITS) เป็นการบูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเข้ากับโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งและยานพาหนะ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความปลอดภัย ประสิทธิภาพ และความยั่งยืนของระบบขนส่ง [15]

ในประเทศไทย การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) ได้มีการนำเทคโนโลยี ITS มาใช้ในการบริหารจัดการทางพิเศษ โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจร (Traffic Sensors) ป้ายแสดงข้อความเปลี่ยนแปลงได้ (Variable Message Signs) และกล้องวงจรปิด (CCTV) บนทางพิเศษสายต่างๆ รวมถึงทางพิเศษฉลองรัช [16]

จากการศึกษาของ [17] พบว่าการนำระบบ ITS มาใช้บนทางพิเศษในกรุงเทพมหานครสามารถลดระยะเวลาในการเดินทางได้เฉลี่ย 15-20% และลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุได้ประมาณ 30% อย่างไรก็ตาม ยังมีความท้าทายในการพัฒนาระบบตรวจจับอุบัติการณ์แบบอัตโนมัติที่มีความแม่นยำสูงและเหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย [18]

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้ดำเนินการบนทางพิเศษฉลองรัช ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ดำเนินการติดตั้งระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control System: ALC) ทางพิเศษฉลองรัช ประกอบกับเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของการจราจรสูง และมักมีอุบัติการณ์เกิดขึ้นบ่อยครั้ง ส่งผลให้เหมาะสมต่อการทดสอบระบบตรวจจับอุบัติการณ์แบบอัตโนมัติ

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาแบ่งเป็นสองประเภทหลัก ได้แก่ ข้อมูลเชิงตัวเลขจากเซ็นเซอร์ของระบบ ALC ประกอบด้วยค่าความเร็วเฉลี่ย (Smoothed Speed) และค่าความหนาแน่นของการจราจร (Smoothed Occupancies) โดยเก็บรวบรวมทั้งบริเวณต้นน้ำและปลายน้ำของตำแหน่งที่เกิดเหตุการณ์ รวมถึงข้อมูลภาพวิดีโอที่บันทึกเหตุการณ์จริงในช่วงเวลาที่เกิดอุบัติการณ์

3.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ ได้พัฒนาอัลกอริทึมการตรวจจับอุบัติการณ์โดยใช้แนวคิดจากกลุ่ม Pattern Recognition Algorithms ซึ่งอาศัยการเปรียบเทียบรูปแบบของค่าพารามิเตอร์จราจร เช่น ความหนาแน่นและความเร็วระหว่างบริเวณต้นน้ำและปลายน้ำของพื้นที่ที่เกิดเหตุ หากความแตกต่างของพารามิเตอร์ดังกล่าวเกินเกณฑ์ที่กำหนด ระบบจะพิจารณาว่าเกิดอุบัติการณ์เกิดขึ้น โดยใช้สมการเกณฑ์ตรวจจับความหนาแน่นและความเร็วที่พัฒนาขึ้นจากข้อมูลจริงบนทางพิเศษฉลองรัช

วิธีการนี้มีแนวทางคล้ายกับ California Algorithm ซึ่งเป็นอัลกอริทึมตรวจจับอุบัติการณ์แบบเปรียบเทียบรูปแบบ (pattern-matching) ที่พัฒนาโดย [5] โดยใช้การวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของตัวแปรจราจรระหว่างสถานีต้นน้ำและปลายน้ำ เพื่อระบุความผิดปกติที่อาจเกิดจากอุบัติการณ์บนทางพิเศษ

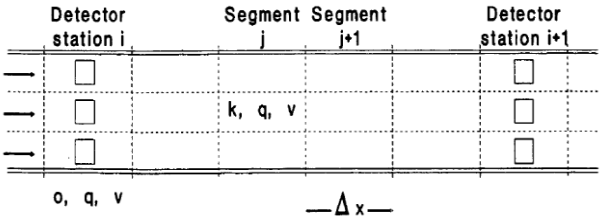
แนวทางดังกล่าวเหมาะสมกับบริบทของระบบบริหารจัดการช่องจราจรอัตโนมัติ (ALC) ที่มีการเก็บข้อมูลจราจรจากเซ็นเซอร์ในช่วงเวลาต่อเนื่อง และสามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการจราจรได้แบบเรียลไทม์

4. บทสรุป

4.1 การตรวจจับอุบัติการณ์แบบอัตโนมัติ

4.1.1 *พัฒนาอัลกอริทึมสำหรับการตรวจจับอุบัติการณ์แบบอัตโนมัติ*

การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบ AID ในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูล Smoothed average occupancies และ Smoothed average speed จากเซ็นเซอร์ของระบบ ALC โดยวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างต้นน้ำและปลายน้ำของบริเวณที่เกิดเหตุ ดังแสดงในรูปที่ 1 [7] เพื่อระบุการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติของสภาพการจราจร ระบบจะทำการแจ้งเตือนเมื่อค่าความแตกต่างของตัวแปรทั้งสองเกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า



รูปที่ 1 แผนภาพจำลองรูปแบบสถานีต้นน้ำและสถานีปลายน้ำ

กำหนดให้ $o_i\,(l,t)$ คือ ความหนาแน่น (Occupancies) ที่สถานี i ช่องจราจร l และช่วงเวลา t, $q_i\,(l,t)$ คือ การไหล (Flow) ที่สถานี i ช่องจราจร l และช่วงเวลา t และ $v_i\,(l,t)$ คือ ความเร็ว (Velocity) ที่สถานี i ช่องจราจร l และช่วงเวลา t โดยดำเนินการตรวจสอบว่าเกิดสภาพจราจรติดขัดขึ้นหรือไม่ (Congestion measure) โดยใช้สมการที่ 1 [7] ดังแสดงต่อไปนี้

$$\frac{\hat{o}_i\,(l,t)_c - \hat{o}_{i+1}\,(l,t)_c}{max\,\{\hat{o}_i(l,t-M)_p, \hat{o}_{i+1}(l,t-M)_p\}} \geq T_1 \qquad (1)$$

และ ดำเนินการตรวจสอบว่าเกิดอุบัติการณ์ขึ้นหรือไม่ (Incident measure) โดยใช้สมการที่ 2 [7] ดังแสดงต่อไปนี้

$$\frac{[\hat{o}_i\,(l,t)_c - \hat{o}_{i+1}\,(l,t)_c] - [\hat{o}_i\,(l,t-M)_p - \hat{o}_{i+1}\,(l,t-M)_p]}{max\,\{\hat{o}_i(l,t-M)_p, \hat{o}_{i+1}(l,t-M)_p\}} \geq T_2 \qquad (2)$$

กำหนดให้ $\hat{O}_i$ คือ ค่าเฉลี่ยแบบเรียบของความหนาแน่น (Smoothed moving average occupancies) M คือ จำนวนช่วงเวลาสำหรับคาบเวลาปัจจุบัน (number of time intervals for current period), N = จำนวนช่วงเวลาสำหรับคาบเวลาอดีต (number of time intervals for past period), c คือ คาบเวลาปัจจุบัน (current period), p คือ คาบเวลาอดีต (past period), T_1 คือ เกณฑ์การเกิดสภาพจราจรติดขัด (congestion detection threshold) โดยใช้ค่าจากการจำลองการเกิดอุบัติเหตุบริเวณที่ติดตั้งระบบ ALC มีค่าเท่ากับ 1 T_2 คือ เกณฑ์การเกิดอุบัติการณ์ (incident detection threshold) โดยใช้ค่าจากการจำลองการเกิดอุบัติเหตุบริเวณที่ติดตั้งระบบ ALC มีค่าเท่ากับ 1 จากการใช้สมการดังกล่าวสามารถตรวจจับอุบัติการณ์ได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1.2 *เปรียบเทียบอุบัติการณ์ที่เกิดขึ้นจริงกับระบบที่ตรวจจับได้*

ในงานวิจัยได้ศึกษาอุบัติการณ์ที่เกิดขึ้นบริเวณที่ติดตั้งระบบ ALC โดยอุบัติการณ์ที่เกิดขึ้นคืออุบัติเหตุรถชนกันเนื่องจากเกิดการหยุดรถกะทันหัน บริเวณที่เกิดเหตุคือช่องจราจรขวา ตำแหน่งระหว่าง กม. 14+200 และ กม. 14+000 ทางพิเศษฉลองรัช ขณะเกิดอุบัติเหตุเป็นเวลาประมาณ 16.00 น. ดังแสดงในรูปที่ 2, 3 และ 4

รูปที่ 2 ภาพก่อนเกิดอุบัติการณ์รถชนเนื่องจากการหยุดรถกะทันหัน

รูปที่ 3 ภาพขณะเกิดอุบัติการณ์รถชนเนื่องจากการหยุดรถกะทันหัน

รูปที่ 4 ภาพหลังเกิดอุบัติการณ์รถชนเนื่องจากการหยุดรถกะทันหัน

โดยฟังก์ชั่น AID ของระบบ ALC ได้ตรวจจับอุบัติการณ์ได้ในช่วงเวลา 16.03 น. ดังแสดงในรูปที่

รูปที่ 7 แผนภูมิค่าเฉลี่ยแบบเรียบของความหนาแน่น (Smoothed moving average occupancies) และ ค่าเฉลี่ยแบบเรียบของความเร็ว (Smoothed moving average velocity) ของ กม. 14+200 (สถานีปลายน้ำ)

จากแผนภูมิในรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยแบบเรียบของความหนาแน่น (Smoothed moving average occupancies) ของ กม. 14+200 (สถานีปลายน้ำ) ในช่วงก่อนการเกิดอุบัติการณ์ของช่องจราจรขวา กลาง ซ้าย และไหล่ทาง จะมีค่าประมาณร้อยละ 7.22 ร้อยละ 5.02 ร้อยละ 3.77 และร้อยละ 3.02 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยแบบเรียบของความเร็ว (Smoothed moving average velocity) ของสถานีต้นน้ำในช่วงก่อนการเกิดอุบัติการณ์ของช่องจราจรขวา กลาง ซ้าย และไหล่ทาง จะมีค่าประมาณ 81.97 กิโลเมตรต่อชั่วโมง 74.86 กิโลเมตรต่อชั่วโมง 69.89 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และ 58.09 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

ต่อมาได้เกิดอุบัติการณ์รถชนในช่วงเวลา 16.00 น. จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยแบบเรียบของความหนาแน่นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่องจราจรขวา กลาง ซ้าย และไหล่ทาง มีค่าประมาณ ร้อยละ 6.83 ร้อยละ 8.45 ร้อยละ 1.02 และร้อยละ 0.13 ตามลำดับ ในส่วนของค่าเฉลี่ยแบบเรียบของความเร็วของช่องจราจรขวา กลาง ซ้าย และไหล่ทาง จะมีค่าประมาณ 0.06 กิโลเมตรต่อชั่วโมง 15.29 กิโลเมตรต่อชั่วโมง 25.76 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และ 25.35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จนกระทั่งเจ้าหน้าที่จัดการจราจรแล้วเสร็จในช่วงเวลา 16.36 น. สภาพจราจรจึงเข้าสู่สภาพปกติ

5. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่าระบบบริหารจัดการช่องจราจรอัตโนมัติ (ALC) บนทางพิเศษฉลองรัชมีประสิทธิภาพในการตรวจจับอุบัติการณ์ได้อย่างแม่นยำ โดยสามารถแจ้งเตือนเหตุการณ์ได้ภายในระยะเวลาประมาณ 3 นาทีหลังจากเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้สำหรับระบบที่ไม่ใช้ภาพจากกล้องโดยตรง อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเชิงลึกพบว่ายังมีประเด็นสำคัญที่ควรนำมาวิพากษ์และพัฒนาเพิ่มเติม ดังนี้:

ประการแรก ความเร็วที่เพิ่มขึ้นบริเวณ downstream หลังเกิดอุบัติการณ์อาจเกิดจากการเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่เลือกเปลี่ยนช่องทางเพื่อหลีกเลี่ยงจุดเกิดเหตุ ซึ่งทำให้ช่องทางปลายน้ำที่ไม่ได้รับผลกระทบโดยตรงมีความเร็วเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนช่องทางดังกล่าวอาจก่อให้เกิดความปั่นป่วนของกระแสการจราจรในระยะสั้น และในบางกรณีอาจนำไปสู่การเกิดเหตุการณ์ซ้ำซ้อน (secondary incident) ได้ หากไม่มีมาตรการควบคุมหรือแจ้งเตือนที่เหมาะสม

ประการที่สอง แม้ระบบจะสามารถตรวจจับเหตุการณ์ได้ภายในไม่กี่นาที แต่ในบางกรณีที่ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ไม่สมบูรณ์ เช่น เซ็นเซอร์ชำรุด หรือความคลาดเคลื่อนของข้อมูล อาจทำให้ระบบไม่สามารถตรวจจับเหตุการณ์ได้ ล ระp6 ณ แล ก

ตลอดจนลักษณะของการติดตั้งเซ็นเซอร์ที่สามารถครอบคลุมสภาพการจราจรได้อย่างสมบูรณ์

แนวทางการเชื่อมต่อระบบกับกลไกการแจ้งเตือนของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย (EXAT) เช่น การเชื่อมโยงกับป้ายแสดงข้อความเปลี่ยนแปลงได้ (Variable Message Signs: VMS) เพื่อแจ้งเตือนผู้ใช้ทางได้แบบเรียลไทม์ ซึ่งจะช่วยลดโอกาสเกิดเหตุการณ์ซ้ำซ้อนและปรับปรุงการบริหารจราจรในระหว่างเหตุการณ์

การจัดทำแนวทางปฏิบัติ (guidelines) สำหรับการนำระบบไปปรับใช้ในพื้นที่อื่น ๆ โดยอาจรวมถึงค่าพารามิเตอร์แนะนำที่ควรใช้ในการปรับเทียบ (calibration) เช่น ค่า threshold สำหรับการตรวจจับที่เหมาะสมกับสภาพการจราจรแต่ละพื้นที่ ซึ่งจะช่วยให้สามารถขยายผลการใช้งานระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับประเทศ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณการทางพิเศษแห่งประเทศไทย (EXAT) เจ้าหน้าที่และผู้บริหารทุกท่านที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัย รวมถึง รศ.ดร. อำพล การุณสุนทวงษ์ ผู้เชี่ยวชาญที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] E. Parkany and C. Xie, "A complete review of incident detection algorithms & their deployment: what works and what doesn't," New England Transportation Consortium, NETCR37, 2005. [Online]. Available: https://www.ctcase.org/reports/NETC37_report.pdf

[2] การทางพิเศษแห่งประเทศไทย, "ข้อมูลทางพิเศษฉลองรัช," 2023. [Online]. Available: https://www.exat.co.th/expressway/chalong-rat-expressway

[3] H. Dia and G. Rose, "Development and evaluation of neural network freeway incident detection models using field data," Transportation Research Part C: Emerging Technologies, vol. 5, no. 5, pp. 313-331, 1997. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/S0968-090X(97)00022-9

[4] J. Wang, X. Li, and S. Su, "An incident detection method for urban expressway based on wireless sensor networks," Journal of Convergence Information Technology, vol. 8 , no. 5, pp. 184-191, 2013. [Online]. Available: https://doi.org/10.4156/jcit.vol8.issue5.22

[5] H. J. Payne and S. C. Tignor, "Freeway incident-detection algorithms based on decision trees with states," Transportation Research Record, no. 682, pp. 30-37, 1978. [Online]. Available: http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1978/682/682-006.pdf

[6] B. N. Persaud, F. L. Hall, and L. M. Hall, "Congestion identification aspects of the McMaster incident detection algorithm," Transportation Research Record, no. 1287, pp. 167-175, 1990. [Online]. Available: http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1990/1287/1287-020.pdf

[7] Y. J. Stephanedes and A. P. Chassiakos, "Application of filtering techniques for incident detection," Journal of Transportation Engineering, vol. 119, no. 1, pp. 13-26, 1993. [Online]. Available: https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(1993)119:1(13)

[8] C. L. Dudek, C. J. Messer, and N. B. Nuckles, "Incident detection on urban freeway," Transportation Research Record, no. 495, pp. 12-24, 1974. [Online]. Available: http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1974/495/495-002.pdf

[9] K. Zhang and M. A. P. Taylor, "Effective arterial road incident detection: A Bayesian network based algorithm," Transportation Research Part C: Emerging Technologies, vol. 14, no. 6, pp. 403-417, 2006. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.trc.2006.08.002

[10] S. G. Ritchie and R. L. Cheu, "Simulation of freeway incident detection using artificial neural networks," Transportation Research Part C: Emerging Technologies, vol. 1, no. 3, pp. 203-217, 1993. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/0968-090X(93)90003-2

[11] B. Abdulhai and S. G. Ritchie, "Enhancing the universality and transferability of freeway incident detection using a Bayesian-based neural network," Transportation Research Part C: Emerging Technologies, vol. 7, no. 5, pp. 261-280, 1999. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/S0968-090X(99)00022-4

[12] F. Yuan and R. L. Cheu, "Incident detection using support vector machines," Transportation Research Part C: Emerging Technologies, vol. 11, no. 3-4, pp. 309-328, 2003. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/S0968-090X(03)00020-2

[13] W. Wang, J. Guo, H. Fang, and X. Zhao, "A deep learning approach for freeway incident detection," Transportation Research Part C: Emerging Technologies, vol. 72, pp. 333-349, 2016. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.04.017

[14] B. M. Williams and A. Guin, "Traffic management center use of incident detection algorithms: Findings of a nationwide survey," IEEE Transactions on Intelligent

Transportation Systems, vol. 8, no. 2, pp. 351-358, 2007. [Online]. Available: https://doi.org/10.1109/TITS.2007.894193

[15] T. Yokota, R. J. Weiland, and M. Yamazaki, "ITS system architectures for developing countries," in Highway Capacity Manual Workshop, TRB Annual Meeting, 2004, pp. 11-15. [Online]. Available: http://siteresources.worldbank.org/EXTROADSHIGHWAYS/Resources/ITS_System_Architecture.pdf

[16] การทางพิเศษแห่งประเทศไทย, "ระบบจัดการจราจรอัจฉริยะบนทางพิเศษ," 2022. [Online]. Available: https://www.exat.co.th/its-information

[17] W. Sriborrirux, P. Kaewtrakulpong, and S. Koompairojn, "Impact assessment of intelligent transportation system implementation on Bangkok expressway system," Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, vol. 7, pp. 1426-1441,

[18] A. Laosunthara and W. Wongthatsanekorn, "A study of automatic incident detection system for Thailand's expressways," *International Journal of Advancements in Computing Technology*, vol. 5, no. 12, pp. 201–210, 2013. [Online]. Available: https://doi.org/10.4156/ijact.vol5.issue12.23