

## การตรวจจับอุบัติเหตุการแบบอัตโนมัติของระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ บนทางพิเศษฉลองรัช

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

ฐิติพงศ์ สุขเสริม<sup>1,\*</sup> ณัฐพงศ์ สุขกล่อม<sup>2</sup> ขาวญวฤทธิ์ หริพาย<sup>3</sup> และ ศิวัช ปัญญาชัยวัฒนากร<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup> กองวิจัยและนวัตกรรม ฝ่ายดิจิทัล 1 การทางพิเศษแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร

<sup>2</sup> กองบำรุงรักษาอุปกรณ์ ฝ่ายบำรุงรักษา การทางพิเศษแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร

<sup>3</sup> การกองบริหารธุรกิจดิจิทัล ฝ่ายดิจิทัล 1 การทางพิเศษแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร

\*Corresponding author; E-mail address: thitipong.so28@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนทางพิเศษส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในการจราจรและความปลอดภัยของผู้ใช้ทาง ระบบตรวจจับอุบัติเหตุการแบบอัตโนมัติ (Automatic Incident Detection: AID) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control System: ALC) จึงมีบทบาทสำคัญในการลดผลกระทบจากอุบัติเหตุและฟื้นฟูสภาพการจราจรให้กลับสู่ภาวะปกติ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบตรวจจับอุบัติเหตุการแบบอัตโนมัติ โดยเลือกใช้กรณีศึกษาอุบัติเหตุบนทางพิเศษฉลองรัช การทางพิเศษแห่งประเทศไทย การวิจัยประกอบด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุจากระบบตรวจจับและแหล่งข้อมูลอื่น ๆ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุ เช่น ลักษณะของอุบัติเหตุ สภาพการจราจร และข้อจำกัดทางเทคโนโลยี ผลการวิจัยชี้ให้เห็นถึงจุดแข็งและข้อจำกัดของระบบ AID งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อให้ข้อมูลเชิงลึกแก่ผู้พัฒนาระบบ นักวิจัย และผู้กำหนดนโยบาย ในการปรับปรุงระบบตรวจจับอุบัติเหตุการแบบอัตโนมัติเพื่อเพิ่มความปลอดภัยและลดผลกระทบจากอุบัติเหตุบนท้องถนนในอนาคต

คำสำคัญ: ระบบตรวจจับอุบัติเหตุการแบบอัตโนมัติ, ทางพิเศษ, ฉลองรัช, อัลกอริทึมตรวจจับอุบัติเหตุ

#### 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] โดยเฉพาะในกรุงเทพมหานครซึ่งมีปริมาณจราจรหนาแน่นและมักประสบปัญหาการจราจรติดขัดในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน

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 ระบบตรวจจับอุบัติเหตุที่ใช้อยู่เดิมบนทางพิเศษคลองรี ส่วนใหญ่ยังคงอาศัยเทคโนโลยี Video Content Analytic (VCA) ซึ่งใช้การประมวลผลภาพจากกล้องวงจรปิดเพื่อตรวจจับเหตุการณ์ผิดปกติ แม้ว่าวิธีการนี้จะสามารถตรวจจับเหตุการณ์ได้อย่างแม่นยำในสภาพที่ทัศนวิสัยชัดเจนและมีการเคลื่อนไหวที่เด่นชัด แต่กลับพบข้อจำกัดหลายประการ เช่น ความไวต่อสภาพแสงและสภาพอากาศ (เช่น ฝนตกหรือแสงจ้า) ปัญหาการบังทัศนวิสัยของกล้อง และข้อจำกัดในการตรวจจับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงที่การจราจรมีความหนาแน่นสูงหรือมีความเร็วต่ำ เช่น ในช่วงโมเมนต์เร่งด่วน ซึ่งทำให้การเปลี่ยนแปลงของภาพไม่ชัดเจนพอที่จะทำให้ระบบ VCA ตรวจจับเหตุการณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อจำกัดเหล่านี้ทำให้ระบบ VCA ไม่สามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์แบบเรียลไทม์ได้อย่างเพียงพอในบางสถานการณ์ ส่งผลต่อการแจ้งเตือนและการตอบสนองของเจ้าหน้าที่ที่อาจเกิดความล่าช้า จึงเป็นที่มาของการศึกษานี้ ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาอัลกอริทึมการตรวจจับอุบัติเหตุแบบอัตโนมัติ โดยใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์จราจร เช่น ความเร็วและความหนาแน่น เพื่อวิเคราะห์รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของสภาพจราจร และสามารถตรวจจับเหตุการณ์ได้แม้ในช่วงเวลาที่มีการจราจรหนาแน่นงานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาระบบการตรวจจับอุบัติเหตุแบบอัตโนมัติสำหรับทางพิเศษคลองรี โดยใช้ข้อมูลจากระบบตรวจวัดสภาพจราจรที่ติดตั้งในบริเวณ Upstream และ Downstream ของจุดที่เกิดอุบัติเหตุ วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยประกอบด้วย พัฒนาอัลกอริทึมสำหรับตรวจจับอุบัติเหตุแบบอัตโนมัติ โดยใช้ข้อมูลความหนาแน่นและความเร็วของการจราจร วิเคราะห์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของสภาพจราจรก่อน ระหว่าง และหลังการเกิดอุบัติเหตุ และศึกษาพฤติกรรมของผู้ใช้ทางในช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ

ผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้คือระบบตรวจจับอุบัติเหตุแบบอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบเดิมที่มีอยู่ และเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาระบบจัดการจราจรอัจฉริยะในอนาคต

## 2. ทบทวนวรรณกรรม

### 2.1 การตรวจจับอุบัติเหตุแบบอัตโนมัติ (Automatic Incident Detection)

การตรวจจับอุบัติเหตุแบบอัตโนมัติ (Automatic Incident Detection: AID) ได้รับความสนใจในการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ทศวรรษที่ 1970 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจจับอุบัติเหตุหรือเหตุการณ์ผิดปกติบนท้องถนนได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ [4] วิธีการ

ตรวจจับอุบัติเหตุสามารถแบ่งได้เป็นหลายประเภทตามเทคโนโลยีและชุดข้อมูลที่ใช้ ได้แก่

#### 2.1.1 วิธีการตรวจจับโดยใช้อัลกอริทึมเปรียบเทียบรูปแบบ (Pattern Recognition Algorithms)

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

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

## 2.2 การประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับอุบัติเหตุ

การประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจจับอุบัติเหตุมักใช้ตัวชี้วัดหลัก 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 รวมถึงทางพิเศษคลองรัช [16]

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

## 3. เปรียบวิธีวิจัย

### 3.1 พื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้ดำเนินการบนทางพิเศษคลองรัช ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ดำเนินการติดตั้งระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control System: ALC) ทางพิเศษคลองรัช ประกอบกับเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของการจราจรสูง และมักมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นบ่อยครั้ง ส่งผลให้เหมาะสมต่อการทดสอบระบบตรวจจับอุบัติเหตุแบบอัตโนมัติ

### 3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

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

### 3.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ ได้พัฒนาอัลกอริทึมการตรวจจับอุบัติเหตุโดยใช้แนวคิดจากกลุ่ม Pattern Recognition Algorithms ซึ่งอาศัยการเปรียบเทียบรูปแบบของค่าพารามิเตอร์จราจร เช่น ความหนาแน่นและความเร็วระหว่างบริเวณต้นน้ำและปลายน้ำของพื้นที่ที่เกิดเหตุ หากความแตกต่างของพารามิเตอร์ดังกล่าวเกินเกณฑ์ที่กำหนด ระบบจะพิจารณาว่า

เกิดอุบัติเหตุการเกิดขึ้น โดยใช้สมการเกณฑ์ตรวจจับความหนาแน่นและความเร็วที่พัฒนาขึ้นจากข้อมูลจริงบนทางพิเศษคลองรัช

วิธีการนี้มีแนวทางคล้ายกับ California Algorithm ซึ่งเป็นอัลกอริทึมตรวจจับอุบัติเหตุแบบเปรียบเทียบรูปแบบ (pattern-matching) ที่พัฒนาโดย [5] โดยใช้การวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของตัวแปรจราจรระหว่างสถานีต้นน้ำและปลายน้ำ เพื่อระบุความผิดปกติที่อาจเกิดจากอุบัติเหตุบนทางพิเศษ

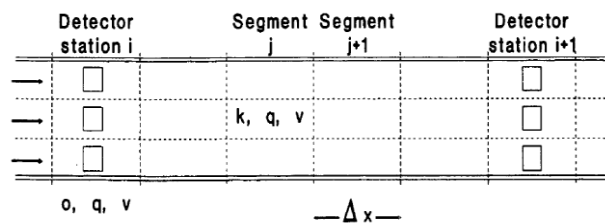
แนวทางดังกล่าวเหมาะสมกับบริบทของระบบบริหารจัดการช่องจราจรอัตโนมัติ (ALC) ที่มีการเก็บข้อมูลจราจรจากเซ็นเซอร์ในช่วงเวลาต่อเนื่อง และสามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการจราจรได้แบบเรียลไทม์

## 4. บทสรุป

### 4.1 การตรวจจับอุบัติเหตุแบบอัตโนมัติ

#### 4.1.1 พัฒนาอัลกอริทึมสำหรับการตรวจจับอุบัติเหตุแบบอัตโนมัติ

การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบ AID ในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูล Smoothed average occupancies และ Smoothed average speed จากเซ็นเซอร์ของระบบ ALC โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างต้นน้ำและปลายน้ำของบริเวณที่เกิดเหตุ 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

$$\frac{o_i(l,t)c - o_{i+1}(l,t)c}{\max \{o_i(l,t-M)_p, o_{i+1}(l,t-M)_p\}} \geq T_1 \quad (1)$$

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

$$\frac{[o_i(l,t)c - o_{i+1}(l,t)c] - [o_i(l,t-M)_p - o_{i+1}(l,t-M)_p]}{\max \{o_i(l,t-M)_p, o_{i+1}(l,t-M)_p\}} \geq T_2 \quad (2)$$

กำหนดให้  $o_i$  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 เกณฑ์การเกิดอุบัติเหตุการณ (incident detection threshold) โดยใช้ค่าจากการจำลองการเกิดอุบัติเหตุบริเวณที่ติดตั้งระบบ ALC มีค่าเท่ากับ 1 จากการใช้สมการดังกล่าวสามารถตรวจจับอุบัติเหตุได้ตรงรายละเอียดต่อไปนี้

4.1.2 เปรียบเทียบอุบัติการณ์ที่เกิดขึ้นจริงกับระบบที่ตรวจจับได้

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



รูปที่ 2 ภาพก่อนเกิดอุบัติเหตุการรชนเนื่องจากการหยุดรถกะทันหัน



รูปที่ 3 ภาพขณะเกิดอุบัติเหตุการรถชนเนื่องจากการหยุดรถกะทันหัน



รูปที่ 4 ภาพหลังเกิดอุบัติเหตุการฉกชนเนื่องจากการหยุดรถกะทันหัน

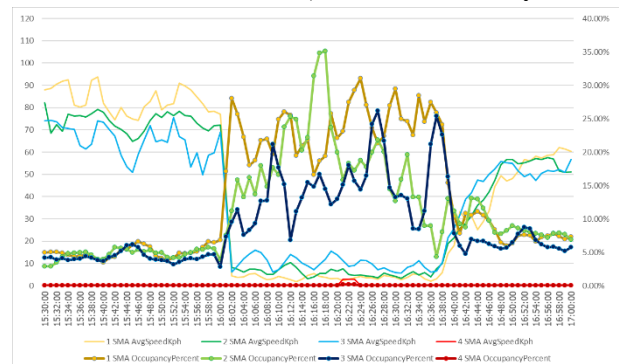
โดยฟังก์ชัน AID ของระบบ ALC ได้ตรวจจับอุบัติเหตุการไถในช่วงเวลา 16.03 น. ดังแสดงในรูปที่ 5

[illegible]

รูปที่ 5 ภาพการตรวจจับอุบัติเหตุการันแบบอัตโนมัติของระบบ ALC

#### 4.2 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของสภาพจราจรและพฤติกรรมของผู้ใช้ทาง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ช่วงก่อนเกิดเหตุการณ์ ความเร็วและความหนาแน่นอยู่ในระดับปกติ เมื่อเกิดอุบัติเหตุ ความเร็วลดลงและความหนาแน่นเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนบริเวณต้นน้ำ ในขณะที่ปลายน้ำจะมีความเร็วสูงขึ้นและความหนาแน่นลดลงอย่างรวดเร็ว พฤติกรรมผู้ใช้งานในช่วงที่เกิดเหตุการณ์มีแนวโน้มเปลี่ยนช่องทางอย่างกะทันหัน และลดความเร็วอย่างรวดเร็วเพื่อหลีกเลี่ยงการชนหรือเหตุการณ์ซ้ำซ้อน ดังแสดงในรูปที่ 6 และ 7

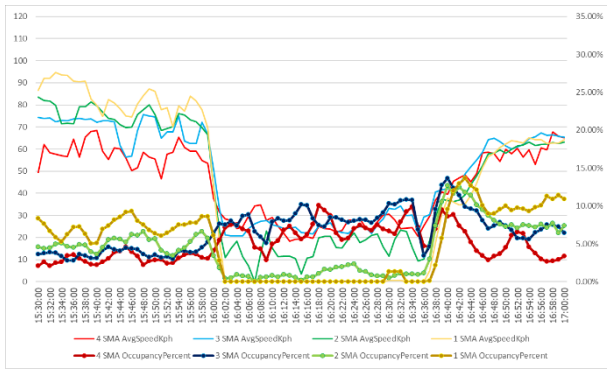


**รูปที่ 6** แผนภูมิค่าเฉลี่ยแบบเรียบของความหนาแน่น (Smoothed moving average occupancies) และ ค่าเฉลี่ยแบบเรียบของความเร็ว (Smoothed moving average velocity) ของ กม. 14+000 (สถานีต้นน้ำ)

จากแผนภูมิในรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยแบบเรียบของความหนาแน่น (Smoothed moving average occupancies) ของ กม. 14+000 (สถานีต้นน้ำ) ในช่วงก่อนการเกิดอุบัติเหตุการชนของช่องจราจรขวา กลาง ซ้าย และไหล่ทาง จะมีค่าใกล้เคียงกันที่ประมาณร้อยละ 4 ในแต่ละช่องจราจร และค่าเฉลี่ยแบบเรียบของความเร็ว (Smoothed moving average velocity) ของสถานีต้นน้ำในช่วงก่อนการเกิดอุบัติเหตุการชนของช่องจราจรขวา กลาง ซ้าย และไหล่ทาง จะมีค่าประมาณ 83.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง 73.83 กิโลเมตรต่อชั่วโมง 64.96 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และ 0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

ต่อมาได้เกิดอุบัติเหตุการร่อนในช่วงเวลา 16.00 น. จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยแบบเรียบของความหนาแน่นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่องจราจรขวา กลาง ซ้าย และไหล่ทาง มีค่าประมาณ ร้อยละ 23.68 ร้อยละ 19.66 ร้อยละ 14.69 และร้อยละ 0 ตามลำดับ ในส่วนของค่าเฉลี่ยแบบเรียบของความเร็ของช่องจราจรขวา กลาง ซ้าย และไหล่ทาง จะมีค่าประมาณ 3.66 กิโลเมตรต่อชั่วโมง 5.68 กิโลเมตรต่อชั่วโมง 10.04 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และ 0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จนกระทั่งเจ้าหน้าที่จัดการจราจรแล้วเสร็จในช่วงเวลา 16.36 น. สภาพจราจรจึงเข้าสู่สภาพปกติ





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) ในช่วงก่อนการเกิดอุบัติเหตุการชนของจากรถขาว กลาง ซ้าย และไหล่ทาง จะมีค่าประมาณร้อยละ 7.22 ร้อยละ 5.02 ร้อยละ 3.77 และร้อยละ 3.02 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยแบบเรียบของความเร็ว (Smoothed moving average velocity) ของสถานีต้นน้ำในช่วงก่อนการเกิดอุบัติเหตุการชนของจากรถขาว กลาง ซ้าย และไหล่ทาง จะมีค่าประมาณ 81.97 กิโลเมตรต่อชั่วโมง 74.86 กิโลเมตรต่อชั่วโมง 69.89 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และ 58.09 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

ต่อมาได้เกิดอุบัติเหตุรถชนในช่วงเวลา 16.00 น. จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยแบบเรียบของความหนาแน่นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่องจราจรขาว กลาง ซ้าย และไหล่ทาง มีค่าประมาณ ร้อยละ 6.83 ร้อยละ 8.45 ร้อยละ 1.02 และร้อยละ 0.13 ตามลำดับ ในส่วนของค่าเฉลี่ยแบบเรียบของความเร็วของช่องจราจรขาว 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) บนทางพิเศษคลองรัชมีประสิทธิภาพในการตรวจจับอุบัติเหตุได้อย่างแม่นยำ โดยสามารถแจ้งเตือนเหตุการณ์ได้ภายในระยะเวลาประมาณ 3 นาทีหลังจากเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้สำหรับระบบที่ไม่ใช้ภาพจากกล้องโดยตรง อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเชิงลึกพบว่ายังมีประเด็นสำคัญที่ควรนำมาพิจารณาและพัฒนาเพิ่มเติม ดังนี้:

ประการแรก ความเร็วที่เพิ่มขึ้นบริเวณ downstream หลังเกิดอุบัติเหตุอาจเกิดจากการเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่เลือกเปลี่ยนช่องทางเพื่อหลีกเลี่ยงจุดเกิดเหตุ ซึ่งทำให้ช่องทางปลายน้ำที่ไม่ได้รับผลกระทบโดยตรงมีความเร็วเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนช่องทางดังกล่าวอาจก่อให้เกิดความปั่นป่วนของกระแสการจราจรในระยะสั้น และในบางกรณี

อาจนำไปสู่การเกิดเหตุการณ์ซ้ำซ้อน (secondary incident) ได้ หากไม่มีมาตรการควบคุมหรือแจ้งเตือนที่เหมาะสม

ประการที่สอง แม้ระบบจะสามารถตรวจจับเหตุการณ์ได้ภายในไม่กี่นาที แต่ในบางกรณีที่ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ไม่สมบูรณ์ เช่น เซ็นเซอร์ชำรุด หรือความคลาดเคลื่อนของข้อมูล อาจทำให้ระบบไม่สามารถตรวจจับเหตุการณ์ได้ทันที ส่งผลให้เกิดการแจ้งเตือนล่าช้า หรือในกรณีที่ร้ายแรงกว่านั้นคือระบบไม่สามารถตรวจจับเหตุการณ์ได้เลย (false negative) ซึ่งอาจทำให้เกิดผลกระทบที่รุนแรงมากขึ้น เช่น การชนซ้ำซ้อน หรือการติดขัดของการจราจรเป็นเวลานาน

นอกจากนี้ ยังควรเปรียบเทียบกับระบบแบบเดิม เช่น ระบบ Video Content Analytic (VCA) ที่อิงการประมวลผลภาพจากกล้องวงจรปิด ซึ่งมีข้อดีด้านการให้ภาพจริงของเหตุการณ์ แต่มีข้อจำกัดเรื่องทัศนวิสัย สภาพอากาศ และความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของภาพในช่วงที่การจราจรหนาแน่น ในขณะที่ระบบที่พัฒนาจากข้อมูลเชิงตัวเลขของเซ็นเซอร์ (เช่น ความเร็วและความหนาแน่น) มีข้อได้เปรียบในเรื่องการวิเคราะห์แบบต่อเนื่องและไม่ขึ้นอยู่กับภาพ ทำให้สามารถตรวจจับได้ในช่วงเวลาที่ภาพกล้องไม่สามารถให้ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม ระบบ AID ที่พัฒนายังมีข้อจำกัดในกรณีที่เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นไม่ส่งผลต่อค่าความเร็วหรือความหนาแน่นของจราจรอย่างชัดเจน เช่น รถเสียที่ไหล่ทาง หรือการเฉี่ยวชนเล็กน้อย ซึ่งอาจไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในตัวแปรหลักเพียงพอที่จะตรวจจับได้ในเชิงอัลกอริทึม จึงเป็นความท้าทายสำคัญในการพัฒนาอัลกอริทึมในอนาคตให้สามารถรองรับสถานการณ์ลักษณะนี้ได้

โดยสรุป ระบบตรวจจับอุบัติเหตุอัตโนมัติจากข้อมูลเซ็นเซอร์มีศักยภาพในการเสริมระบบเดิมและสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพฤติกรรมของผู้ใช้ทางได้ดีในสภาพแวดล้อมการจราจรจริง แต่ยังคงต้องพัฒนาต่อไปในด้านความแม่นยำและความยืดหยุ่นต่อสถานการณ์เฉพาะ

## 6. ข้อจำกัด

แม้งานวิจัยนี้จะให้ผลเบื้องต้นที่น่าสนใจ แต่ยังมีข้อจำกัด คือ กรณีศึกษาที่ใช้มีเพียงหนึ่งเหตุการณ์ (ที่ กม. 14+000) อยู่ในระดับการทดสอบเบื้องต้น (Preliminary Test) และไม่ได้แสดงค่าประสิทธิภาพของระบบในรูปแบบเชิงปริมาณ เช่น อัตราการตรวจจับ (Detection Rate), อัตราการแจ้งเตือนเท็จ (False Alarm Rate) และระยะเวลาเฉลี่ยในการตรวจจับเหตุการณ์ (Mean Time to Detect: MTDD) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดมาตรฐานที่ใช้ในงานวิจัยด้าน AID เนื่องจากยังมีกรณีศึกษาที่น้อยเกินไป

## 7. การศึกษาในอนาคต

เพื่อให้ระบบตรวจจับอุบัติเหตุแบบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรดำเนินการศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นต่อไปนี้:

เงื่อนไขทางกายภาพที่จำเป็นต่อการติดตั้งระบบ เช่น ควรกำหนดจำนวนช่องจราจรขั้นต่ำ ความยาวของช่วงถนน (segment) ที่เหมาะสม

ตลอดจนลักษณะของการติดตั้งเซ็นเซอร์ที่สามารถครอบคลุมสภาพการจราจรได้อย่างสมบูรณ์

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

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

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณการทางพิเศษแห่งประเทศไทย (EXAT) เจ้าหน้าที่และผู้บริหารทุกท่านที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัย รวมถึง รศ.ดร. อำพล การณสุนทวงษ์ 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/NETCR37\\_report.pdf](https://www.ctcase.org/reports/NETCR37_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](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\(13\)](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](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](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](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](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. Koompaiojn, "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>