ค ง ชค ช ค ค
ค ค ค ค ญญ ช ช ช
hvldh fh Dwhvwp h wri H suhw d xul udiilf L flgh w
dvh wxg Dssdfdwr ri hyhuledh d h

ค ง ค ช ช ญ ช ง ฐ ค ช

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี
**Corresponding author; E-mail address: ratthaphong.me@buu.ac.th*

ง

อุบัติการณ์ (Incident) ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่อาจทำให้ประสิทธิภาพของการจราจรลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น การจัดการและการฟื้นตัว (Resilience) ของสภาพการจราจรภายหลังการเกิดอุบัติการณ์จึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อรักษาความต่อเนื่องและลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาการนำช่องทางจราจรที่สามารถปรับเปลี่ยนทิศทาง (Reversible Lane) มาใช้เพิ่มความสามารถในการฟื้นตัวของระบบการจราจรเมื่อเกิดอุบัติการณ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและประเมินประสิทธิภาพการฟื้นตัวของการจราจรบนช่วงทางพิเศษฉลองรัชที่มีช่องทางจราจรปรับทิศทางได้ พร้อมเปรียบเทียบกับกลยุทธ์การจัดการอุบัติการณ์ในรูปแบบอื่น ๆ การวิจัยนี้ได้ใช้ซอฟต์แวร์ Aimsun Next ในการจำลองสถานการณ์ (Scenario) เพื่อกำหนดแนวทางการปิดช่องจราจรหลังเกิดอุบัติการณ์ และทดสอบการปรับใช้ช่องทางจราจร โดยจำลองทั้งหมด 4 Scenario ได้แก่ Scenario 1 ไม่มีการควบคุมใด ๆ เลย (Do not thing) Scenario 2 มีการควบคุมไม่ให้มีการขับรถบนไหล่ทาง Scenario 3 การเปิดใช้ช่องทางจราจรที่ปรับทิศทาง เมื่อเกิดเหตุการณ์ และ Scenario 4 การเปิดใช้ช่องทางจราจรที่ปรับทิศทางพร้อมกับมีมาตรการควบคุมการขับขี่บนไหล่ทาง การวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีการประเมินประสิทธิภาพจาก 2 ตัวชี้วัดหลัก คือ ความเร็วเฉลี่ย (Average Speed) และค่าพื้นที่ยุบตัว (Deficit Area) ของกราฟ ซึ่งสะท้อนถึงผลกระทบสะสมของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น ผลการศึกษาพบว่า การใช้ช่องทางจราจรที่ปรับทิศทาง (Scenario 3) ได้ช่วยให้การฟื้นตัวของการจราจรมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีค่าพื้นที่ยุบตัวต่ำที่สุดที่ 1108.50 km.hr/min เมื่อเทียบกับมาตรการอื่น ๆ ที่มีค่าพื้นที่ยุบตัวรองลงมาดังนี้ Scenario 4 (1,928.26) Scenario 1 (2,075.57) และ Scenario 2 (2,323.02) ตามลำดับ ซึ่งการใช้ช่องทางจราจรที่ปรับทิศทางแสดงให้เห็นถึงการลดผลกระทบจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการเพิ่มขีดความสามารถของระบบการจราจรในการฟื้นตัวภายหลังเกิดอุบัติเหตุ ทั้งนี้ ผลการศึกษาจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนากลยุทธ์การจัดการทางพิเศษ โดยการพิจารณาประยุกต์ใช้ช่องทางจราจรปรับทิศทางได้เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพในการจัดการอุบัติการณ์บนทางพิเศษ

คำสำคัญ: อุบัติการณ์ การฟื้นตัว ทางพิเศษ การจำลองสถานการณ์

Dewudfw

Incidents are considered significant factors that may substantially reduce traffic efficiency. Therefore, incident management and traffic resilience after occurrences are essential to maintain continuity and minimize potential impacts. This research focuses on studying the implementation of reversible lanes to enhance traffic system resilience during incidents, with the objective of evaluating the recovery efficiency of traffic on the Chalong Rat Expressway section featuring reversible lanes, while comparing it with other incident management strategies. This study employed Aimsun Next software to simulate scenarios to determine lane closure protocols following incidents and to test lane management approaches. A total of four scenarios were simulated: Scenario 1 - No intervention (Do nothing), Scenario 2 - Control measures preventing shoulder driving, Scenario 3 - Implementation of reversible lanes during incidents, and Scenario 4 - Implementation of reversible lanes with shoulder driving control measures. Data analysis in this research evaluated performance using two primary indicators: Average Speed and the Deficit Area of the graph, which reflects the cumulative impact of accidents. The findings revealed that the implementation of reversible lanes (Scenario 3) provided the

most efficient traffic recovery, with the lowest deficit area value of 1,108.50 km·hr/min compared to other measures, which had higher deficit areas as follows: Scenario 4 (1,928.26) Scenario 1 (2,075.57) and Scenario 2 (2,323.02) respectively. The utilization of reversible lanes demonstrated a significant reduction in incident impact, illustrating the potential to enhance the capacity of traffic systems to recover following accidents. These findings will contribute to the development of expressway management strategies by considering the application of reversible lanes to increase flexibility and efficiency in incident management on expressways.

Keywords incidents, resilience, expressway, simulation

41 ง งฐ

การจราจรติดขัดที่เกิดจากอุบัติเหตุเป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญของระบบขนส่ง โดยเฉพาะบนทางพิเศษ ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อรองรับการเดินทางความเร็วสูง แต่เมื่อต้องเผชิญกับเหตุขัดข้อง เช่น อุบัติเหตุหรือการซ่อมบำรุง การปิดช่องทางบางส่วนอาจส่งผลให้ปริมาณรถสะสมตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ลดประสิทธิภาพของระบบขนส่ง และก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจ [1] การพัฒนาแนวทางที่สามารถช่วยให้การจราจรกลับสู่สภาวะปกติได้อย่างรวดเร็ว จึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อลดผลกระทบจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น

ช่องทางปรับเปลี่ยนทิศทาง (Reversible Lanes) เป็นหนึ่งในมาตรการที่ได้รับการพิจารณาในหลายประเทศ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับโครงข่ายถนน โดยอนุญาตให้เปลี่ยนทิศทางของช่องจราจรในบางช่วงเวลา หรือเมื่อต้องการบรรเทาปัญหาการติดขัดจากเหตุการณ์ไม่คาดฝัน เช่น อุบัติเหตุ สิ่งของตกหล่น [2] แนวคิดนี้ถูกนำมาใช้ในเมืองใหญ่ที่มีปริมาณจราจรสูง เช่น ลอสแองเจลิส วอชิงตัน ดี.ซี. และสิงคโปร์ เพื่อจัดการการจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วน อย่างไรก็ตาม ในบริบทของประเทศไทย ยังไม่มีการศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับศักยภาพของช่องทางปรับเปลี่ยนทิศทางในการใช้เป็นมาตรการฉุกเฉินเพื่อบรรเทาผลกระทบของอุบัติเหตุบนทางพิเศษ

การศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของการใช้ช่องทางปรับเปลี่ยนทิศทางในการจัดการอุบัติเหตุบนทางพิเศษ โดยใช้แบบจำลองจำลองการจราจร (Traffic Simulation) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์เกี่ยวกับการใช้ Reversible Lanes ในบริบทของประเทศไทย การใช้แบบจำลองจะช่วยให้สามารถทดสอบสถานการณ์ต่างๆ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมาตรการได้อย่างเป็นระบบ [3]

แม้ว่าการใช้ช่องทางปรับเปลี่ยนทิศทางอาจช่วยเพิ่มศักยภาพของโครงข่ายถนน แต่ยังมีปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาคือ พฤติกรรมของผู้ใช้ถนนในประเทศไทย โดยเฉพาะการใช้ไหล่ทาง ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่พบได้บ่อยในสภาพการจราจรที่หนาแน่น ในขณะที่หลายประเทศกำหนดให้ไหล่ทางเป็นช่องทางฉุกเฉินสำหรับรถพยาบาลหรือรถตำรวจ แต่ในประเทศไทยกลับพบว่าผู้ขับขี่มักใช้ไหล่ทางเป็นช่องทางเสริมเพื่อหลีกเลี่ยงการจราจรติดขัด การอนุญาตหรือห้ามใช้ไหล่ทางเมื่อมีการนำช่องทางปรับเปลี่ยนทิศทางมาใช้จึงอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพโดยรวมของมาตรการที่นำเสนอ [4]

ถึงแม้จะมีงานวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับ Reversible Lanes และกลยุทธ์การจัดการจราจรในระดับสากล แต่ยังพบช่องว่างขององค์ความรู้ (Research Gap) ในบริบทของประเทศไทย งานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การใช้ Reversible Lanes เพื่อลดความแออัดในช่วงเวลาเร่งด่วน [2] (Li et al., 2023) แต่ยังขาดการศึกษาเกี่ยวกับการนำมาใช้เพื่อจัดการสถานการณ์อุบัติเหตุ นอกจากนี้ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ไหล่ทางในการจัดการจราจรส่วนใหญ่เป็นเพียงการศึกษาเชิงสถิติ [1] โดยยังไม่มีการวิเคราะห์เชิงปริมาณเกี่ยวกับผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบทางพิเศษเมื่อใช้ควบคู่กับช่องทางปรับเปลี่ยนทิศทาง

จากเหตุผลดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาผลกระทบของการใช้ช่องทางปรับเปลี่ยนทิศทางในการจัดการอุบัติเหตุบนทางพิเศษ และพิจารณาผลกระทบของการเปิดหรือปิดไหล่ทางร่วมกัน โดยจะดำเนินการศึกษาในรูปแบบของแบบจำลองจำลองการจราจร ผ่านซอฟต์แวร์ Aimsun Next ซึ่งช่วยให้สามารถจำลองสถานการณ์ที่แตกต่างกันและเปรียบเทียบผลลัพธ์ได้อย่างเป็นระบบ [3] การศึกษานี้คาดว่าจะสามารถสนับสนุนหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาแนวทางบริหารจราจรที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุบนทางพิเศษ นอกจากนี้ ยังช่วยให้เข้าใจถึงผลกระทบของพฤติกรรมผู้ใช้ถนนในประเทศไทย และนำไปสู่การกำหนดมาตรการที่สามารถเพิ่มความปลอดภัยและลดความสูญเสียทางเศรษฐกิจจากอุบัติเหตุจราจรได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

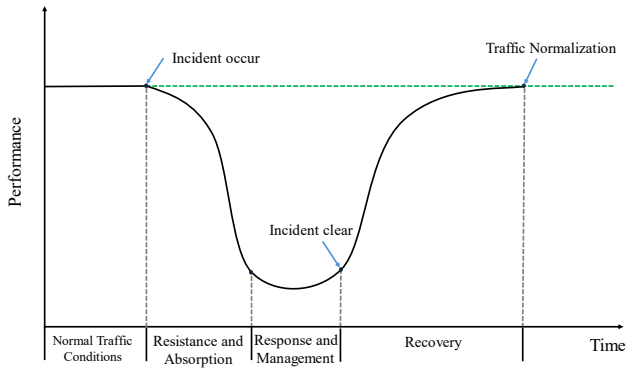
51 ค

2.1 ความยืดหยุ่น (Resilience)

ความยืดหยุ่น (Resilience) เป็นแนวคิดที่ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในการศึกษาระบบขนส่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ที่เครือข่ายถนนต้องเผชิญกับเหตุการณ์ที่อาจส่งผลกระทบต่อการไหลของจราจร เช่น อุบัติเหตุ การปิดช่องทางกะทันหัน สิ่งของตกหล่น หรือภัยพิบัติ [1] โดยที่เครือข่ายยังคงสามารถรองรับความต้องการเดินทางได้อย่างเหมาะสม [5] แนวคิดนี้ครอบคลุม 5 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ สภาวะการจราจรที่เป็นปกติ (Normal Traffic Conditions) การต้านทาน (Resistance) การดูดซับผลกระทบ (Absorption) การตอบสนอง (Response) และการฟื้นตัว (Recovery) แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งถูกนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการประเมินระดับความสามารถของระบบจราจรในการลดผลกระทบ และคืนสู่สภาวะปกติ หนึ่งในแนวทางสำคัญใน การศึกษาความยืดหยุ่นของระบบจราจรคือ Resilience Triangle Model นำเสนอวิธีวัดผลกระทบของเหตุการณ์ต่อสมรรถนะของเครือข่ายถนนโดยใช้ค่าความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ หรือค่าความสามารถในการรองรับปริมาณจราจร เป็นตัวชี้วัดหลัก เมื่อตรวจสอบการฟื้นตัวของระบบ จะพิจารณาทั้ง ระดับความเสียหายที่เกิดขึ้น (Disruption Impact) และระยะเวลาที่ใช้ในการฟื้นฟู (Recovery Time) [6]

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความยืดหยุ่นของระบบจราจรสามารถแบ่งออกเป็นโครงสร้างทางกายภาพของถนน พฤติกรรมของผู้ขับขี่ และมาตรการบริหารจัดการจราจร ระบบที่มีทางเลือกในการเบี่ยงเบนการจราจรที่ดี เช่น ถนนคู่ขนานหรือทางเบี่ยง จะสามารถฟื้นตัวจากเหตุการณ์ขัดข้องได้เร็วกว่า [3] ในขณะเดียวกัน พฤติกรรมของผู้ขับขี่ เช่น ความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของเส้นทางหรือการปฏิบัติตามมาตรการจัดการจราจร ก็มีบทบาทสำคัญในการกำหนดระดับความยืดหยุ่นของระบบขนส่ง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องระบุว่า การปรับใช้มาตรการบริหารจัดการจราจร เช่น Reversible Lanes สามารถเพิ่มระดับความยืดหยุ่นของเครือข่ายถนนได้โดยช่วยลดผลกระทบจากเหตุการณ์ขัดข้อง และช่วยให้การจราจรสามารถกลับคืนสู่สภาพปกติได้เร็วขึ้น [2] อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของมาตรการนี้ยังขึ้นอยู่กับ ลักษณะของโครงข่ายถนน นโยบายการบริหารจัดการ และการตอบสนองของผู้ขับขี่ในพื้นที่นั้น ๆ



4 กระบวนการความยืดหยุ่นของระบบจราจร
ดัดแปลงจาก Borghetti et al. (2020) Bruneau et al. (2003)

2.2 ช่องทางปรับเปลี่ยนทิศทาง (Reversible Lanes)

ช่องทางปรับเปลี่ยนทิศทาง (Reversible Lanes) เป็นหนึ่งในมาตรการบริหารจัดการจราจรที่ถูกนำมาใช้ในหลายเมืองทั่วโลกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครือข่ายถนน โดยเฉพาะในช่วงที่มีปริมาณจราจรสูงหรือต้องรับมือกับเหตุการณ์ที่อาจส่งผลกระทบต่อความต่อเนื่องของการเดินทาง [4] แนวคิดของ Reversible Lanes คือการ อนุญาตให้สลับทิศทางของช่องจราจรบางช่องทางตามช่วงเวลาหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เพื่อลดความแออัดและเพิ่มความสามารถในการรองรับปริมาณจราจร แม้ว่าการใช้ Reversible Lanes ส่วนใหญ่จะถูกออกแบบมาเพื่อรองรับ ช่วงเวลาเร่งด่วน (Peak-Hour Traffic Management) แต่ก็สามารถนำมาใช้เพื่อ บรรเทาผลกระทบจากอุบัติเหตุที่ทำให้ต้องปิดช่องทางบางส่วน ได้เช่นกัน [2] ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุรุนแรงและจำเป็นต้องปิดช่องทางหนึ่งหรือหลายช่อง การปรับเปลี่ยนทิศทางของช่องทางบางส่วนสามารถช่วยให้การจราจรสามารถเคลื่อนตัวได้อย่างต่อเนื่อง ลดปริมาณรถติดสะสม และเพิ่มโอกาสที่หน่วยกู้ภัยจะสามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้เร็วขึ้น

งานวิจัยในหลายประเทศแสดงให้เห็นว่า การใช้ Reversible Lanes ในการจัดการอุบัติเหตุสามารถช่วยลดระยะเวลาการฟื้นตัวของจราจรได้ถึง 30-50% ในบางกรณี โดยเฉพาะเมื่อมีการควบคุมที่เหมาะสม เช่น การใช้สัญญาณไฟจราจรแบบปรับเปลี่ยนได้ (Dynamic Lane Control Signals) หรือป้ายแจ้งเตือนแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Variable Message Signs) เพื่อแจ้งให้ผู้ขับขี่ทราบล่วงหน้าเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของช่องจราจร [4]

อย่างไรก็ตาม การนำ Reversible Lanes มาใช้ในการจัดการอุบัติเหตุบนทางพิเศษยังเป็นประเด็นที่ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม โดยเฉพาะในบริบทของประเทศไทย ซึ่งยังไม่มีการใช้งานมาตรการนี้อย่างแพร่หลาย ปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณา ได้แก่ ความสามารถในการควบคุมการสลับทิศทางของช่องจราจร การรับรู้และพฤติกรรมของผู้ขับขี่ และผลกระทบด้านความปลอดภัย ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ Reversible Lanes ในการจัดการอุบัติเหตุบนทางพิเศษของประเทศไทย ผ่านการจำลองสถานการณ์ด้วยซอฟต์แวร์ Aimsun ซึ่งสามารถช่วยวิเคราะห์ ผลกระทบต่อความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ ระยะเวลาการฟื้นตัวของจราจร และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ช่องทางปรับเปลี่ยนทิศทาง การศึกษานี้จะช่วยเติมเต็มช่องว่างขององค์ความรู้ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายด้านจราจรในอนาคต

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Y. Lu et al. (2022) ประเมินความยืดหยุ่นของเครือข่ายถนนผ่านวิธีการจำลองสถานการณ์ โดยใช้แบบจำลองจราจรจุลภาค SUMO เพื่อสร้างเครือข่ายถนนเมืองอุดมคติขนาด 5×5 กิโลเมตร ประกอบด้วยถนนรอง ถนนหลัก และทางด่วน ซึ่งถูกออกแบบให้มีการกระจายการไหลเวียนของการจราจรที่เหมือนการเคลื่อนไหวในเมืองจริง การวิจัยนี้ได้พัฒนากรอบความยืดหยุ่นแบบ "6R" ที่ขยายจากทฤษฎีความยืดหยุ่น "4R" ดั้งเดิม (ความทนทาน ความซ้ำซ้อน ความรวดเร็ว การฟื้นตัว) โดยเพิ่ม "การลดลง" (ลดความเปราะบางต่อการหยุดชะงัก) และ "การเสริมแรง" (ปรับปรุงเสถียรภาพระยะยาว) วัดประสิทธิภาพโดยใช้ความเร็วเฉลี่ยของเครือข่ายเพื่อติดตามเวลาการฟื้นตัว ผลการวิจัยพบว่าถนนหลักมีความยืดหยุ่นที่แย่ที่สุดเนื่องจากมีการไหลเวียนของรถจำนวนมาก ในขณะที่ทางด่วนแสดงความยืดหยุ่นที่ดีที่สุดเพราะมีการเชื่อมต่อทางขึ้นลงที่ช่วยกระจายการจราจรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเมื่อเกิดอุบัติเหตุจะทำให้การจราจรติดขัดแพร่กระจายออกไปก่อนจะค่อยๆ จางหายไป ผลการศึกษาเสนอแนะให้จัดสรรทรัพยากรเพิ่มเติมให้กับถนนหลักซึ่งมีอัตราการฟื้นตัวที่แย่ที่สุด และนำเสนอแบบจำลองการประเมินความยืดหยุ่นที่ครอบคลุมซึ่งสามารถให้ข้อมูลเชิงลึกที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูลสำหรับการวางแผนนโยบายการขนส่งและโครงสร้างพื้นฐาน [1]

Li et al. (2023) เสนอกลยุทธ์การกลับทิศทางช่องจราจรแบบพลวัต (DLRS) เพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดในเขตเมือง ซึ่งแตกต่างจากกลยุทธ์การกลับทิศทางช่องจราจรแบบคงที่ (SLRS) ที่ใช้ตารางเวลากำหนดไว้ล่วงหน้า โดย DLRS ปรับทิศทางของช่องจราจรตามสภาพการจราจรในเวลาจริง การศึกษานี้ใช้การจำลองเซลลูลาร์ออโตเมตันบนถนนเมืองสองทิศทางหกช่องทาง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบข้อมูลผู้เดินทางขั้นสูง (ATIS) และ

ระบบจัดการจราจรขั้นสูง (ATMS) ที่ให้ข้อมูลการจราจรเรียลไทม์ การกลับทิศทางช่องจราจรจะเกิดขึ้นเมื่อความหนาแน่นถึง 0.37 และกลับสู่ปกติเมื่อลดลงต่ำกว่า 0.22 แบบจำลองใช้เซลลูลาร์ออโตมาตา Nagel-Schreckenberg (NS) เพื่อประเมินการไหลของการจราจร ผลการศึกษาพบว่า DLRS เพิ่มประสิทธิภาพการจราจรได้ดีกว่า SLRS เนื่องจากตอบสนองทันทีต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพการจราจร และเพิ่มความจุของถนนอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการไม่มีการกลับทิศทางช่องจราจร (NLRS) โดย DLRS มีข้อดีคือใช้ประโยชน์จากโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่โดยไม่ต้องสร้างถนนใหม่ ลดการจราจรติดขัดผ่านการปรับในเวลาจริง และปรับปรุงการจัดการการขนส่งด้วยการบูรณาก ร เณ □ห

ทั้งการใช้ Reversible Lanes การควบคุมช่องทางจราจรแบบอัจฉริยะ และการจัดเส้นทางเบี่ยงที่มีประสิทธิภาพ การศึกษานี้จะช่วยเติมเต็มช่องว่างของงานวิจัยที่ยังขาดข้อมูลในบริบทของประเทศไทย และสามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาโครงข่ายจราจรที่มีความยืดหยุ่นสูงขึ้นเพื่อลดผลกระทบจากอุบัติเหตุในอนาคต

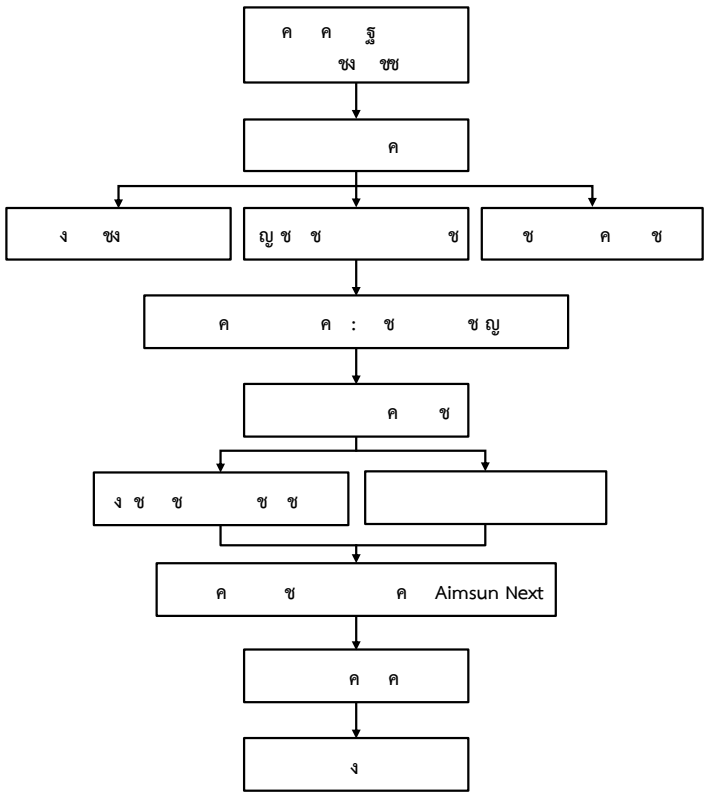
61 ช

การศึกษานี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ผลกระทบของการใช้ช่องทางปรับเปลี่ยนทิศทาง ในการจัดการอุบัติเหตุบนทางพิเศษของประเทศไทย โดยใช้แบบจำลองการจราจรเพื่อจำลองสถานการณ์ที่แตกต่างกันและประเมินประสิทธิภาพของมาตรการดังกล่าว ระเบียบวิธีวิจัยที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วยกรอบแนวคิดการดำเนินงาน พื้นที่ศึกษา และกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล

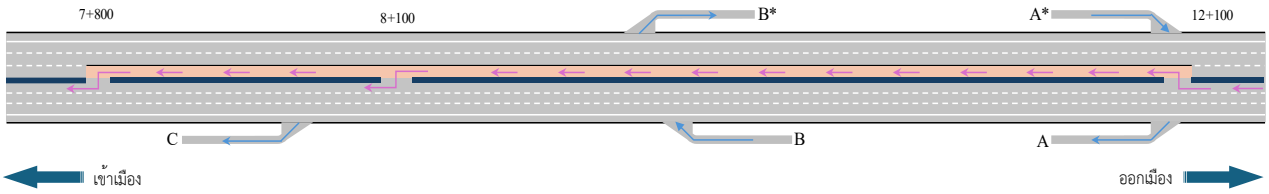
3.1 กรอบการดำเนินงาน

การศึกษานี้ได้รับการออกแบบให้ครอบคลุมแนวทางการจำลองและการวิเคราะห์ผลกระทบของ Reversible Lane โดยเริ่มจากการกำหนดปัญหาและเป้าหมายของการศึกษา ซึ่งมุ่งเน้นไปที่ปัญหาการจราจรติดขัดจากผลกระทบของอุบัติเหตุบนทางพิเศษ รวมถึงแนวทางในการเพิ่มความยืดหยุ่นของเครือข่ายถนนผ่านการใช้ Reversible Lanes และมาตรการบริหารจราจรเสริม แนวทางการศึกษานี้มีการกำหนดรูปแบบการทดลองโดยการเปรียบเทียบระหว่างสถานการณ์ที่ไม่มี Reversible Lanes และสถานการณ์ที่มีการใช้ช่องทางดังกล่าว จากนั้นทำการจำลองสถานการณ์อุบัติเหตุและวิเคราะห์ผลกระทบของการปิดช่องทางบางส่วน รวมถึงผลของการจัดการช่องทางปรับเปลี่ยนทิศทางและการควบคุมการใช้ไหล่ทางสุดท้าย ผลลัพธ์จากแบบจำลองจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของมาตรการต่าง ๆ ผลกระทบต่อความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ และความสามารถในการฟื้นตัวของจราจร กระบวนการดำเนินงานดังแสดงในรูปที่ 2

การศึกษานี้ประยุกต์ใช้แบบจำลองจราจรระดับจุลภาคผ่านซอฟต์แวร์ Aimsun Next ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มจำลองการจราจรที่มีความยืดหยุ่นสูง รองรับการจำลองหลายระดับความละเอียด (multi-resolution) ทั้งระดับมหภาค (Macroscopic) กึ่งจุลภาค (Mesoscopic) และจุลภาค (Microscopic) สามารถจำลองตั้งแต่พฤติกรรมของยานพาหนะแต่ละคันจนถึงการวิเคราะห์เครือข่ายจราจรขนาดใหญ่ในระดับภูมิภาค ข้อมูลทั้งหมดสามารถถูกจัดเก็บและประมวลผลในโครงสร้างข้อมูลเดียวกัน การศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลปริมาณการจราจร (Traffic Volume) จากระบบ Aimsun Live ของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ในช่วงเวลาปกติ (Off-Peak) เพื่อให้แบบจำลองมีความแม่นยำสูงสุด จึงมีการกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสม แบบจำลองนี้ใช้อัลกอริธึมการขับขี่ตามกันของรถ (Car-following) และการเปลี่ยนช่องจราจร (Lane-changing) โดยมีการปรับค่าพารามิเตอร์สำคัญให้สอดคล้องกับบริบทของทางพิเศษประเทศไทย สำหรับประเภทของยานพาหนะ (Vehicle Types) ได้จำกัดเฉพาะรถยนต์และรถบรรทุกขนาดเล็ก โดยตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ความเร็ว ความกว้าง และความยาวให้ตรงกับขนาดจริง มีการกำหนดค่าความเร็วที่เหมาะสมทั้งบนช่องทางปกติไหล่ทาง รวมถึงความกว้างของช่องจราจรตามการวัดจากแผนที่จริง การจำลองที่มีความละเอียดสูงนี้ช่วยให้การวิเคราะห์การขับขี่และปฏิสัมพันธ์ระหว่างยานพาหนะมีความแม่นยำ สามารถประเมินผลกระทบจากเหตุการณ์หรือการเปลี่ยนแปลงในระบบจราจรได้สอดคล้องกับสถานการณ์จริง อย่างไรก็ตาม ซอฟต์แวร์ Aimsun Next ยังมีข้อจำกัดในการจำลองสถานการณ์ เนื่องจากไม่มีฟังก์ชันรองรับช่องทางสลับทิศทาง (Reversible Lane) โดยตรง จึงจำเป็นต้องพัฒนาการจำลองช่องทางดังกล่าวด้วยวิธีการประยุกต์ โดยสร้างประเภทถนนแยกและกำหนดเงื่อนไขการเปิด-ปิดช่องทางจราจรให้สอดคล้องกับการดำเนินงานจริง



5 กระบวนการดำเนินงาน



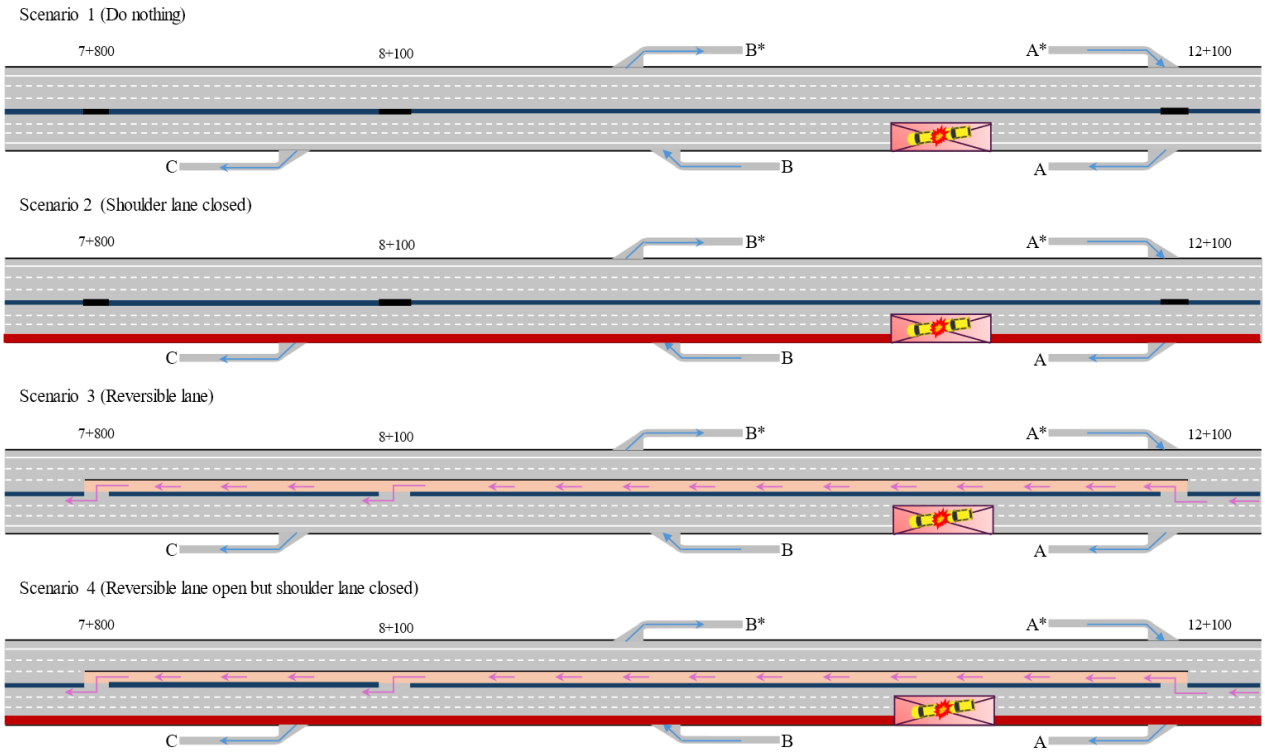
6 โครงสร้างพื้นฐาน

3.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาคือทางพิเศษฉลองรัช ซึ่งเป็นโครงข่ายถนนที่มีลักษณะทางกายภาพเฉพาะ ดังนี้มีช่องจราจร 3 ช่อง 2 ทิศทางช่องทางปรับเปลี่ยนทิศทาง ช่วงกิโลเมตรที่ 7+800 ถึง 12+100 บนโครงข่ายถนนมีจุดขึ้น Aและลงทางพิเศษฉลองรัช สำหรับเบี่ยงเส้นทาง ดังนี้ ทางลงจุด A ขาเข้าเมือง มุ่งสู่ถนนลาดพร้าว ทางขึ้นจุด A* ขาออกเมืองด่านลาดพร้าว ทางขึ้นจุด B ขาเข้าเมืองด่านประชาอุทิศ ทางลงจุด B* ทางลงสู่ถนนประดิษฐ์มนูธรรม และทางลงจุด C ขาเข้าเมือง มุ่งสู่ถนนพระราม 9 ข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ศึกษาจะนำไปตั้งค่า ประเภทของถนน (Road Type) ความกว้างถนน และความกว้างไหล่ทาง และกำหนดความเร็วที่เหมาะสมกับประเภทถนน ตามโครงสร้างพื้นฐานของทางพิเศษฉลองรัช ดังแสดงในรูปที่ 3

3.3 การจำลองสถาณการณ์

การจำลองสถานการณ์ (Scenario) ทั้งหมด 4 กรณี เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบจากเหตุการณ์ไม่ปกติที่เกิดขึ้นบนทางพิเศษภายใต้มาตรการต่าง ๆ ในช่วงเวลาที่ปกติ (Off - Peak) ระหว่างเวลา 10:00 น. ถึง 12:00 น. สถานการณ์ที่จำลองประกอบด้วย Scenario 1 ไม่มีการควบคุมเส้นทางและไม่ควบคุมการใช้ไหล่ทาง Scenario 2 มีการควบคุมไม่ให้มีการขับรถบนไหล่ทาง Scenario 3 การเปิดใช้ Reversible lane เมื่อเกิดเหตุการณ์ และ Scenario 4 การเปิดใช้ Reversible lane พร้อมกับมีมาตรการควบคุมการขับขี่บนไหล่ทาง ในกรณีที่มีการปิดไหล่ทาง เจ้าหน้าที่จะทำการติดตั้งกรวยจราจรตลอดแนวไหล่ทาง พร้อมทั้งใช้ป้ายควบคุมการจราจรที่



การจำลองสถาณการณ์

ติดตั้งอยู่บนทางพิเศษฉลองรัช ซึ่งจะแสดงรูปกากบาทสีแดงเพื่อแจ้งเตือนผู้ใช้ทางถึงการปิดช่องทางดังกล่าว การจำลองกำหนดให้เกิดอุบัติเหตุ ณ เวลาที่ 10:30 ระยะเวลาการเคลียร์เหตุการณ์ 30 นาที จุดเกิดเหตุอยู่ที่กิโลเมตรที่ 10+400 ซึ่งอยู่ในช่วงเส้นทางที่ไม่มีทางเชื่อมเข้าออก (Ramp) ปิดกันช่องทาง 3 ช่อง (รวมไหล่ทาง) และเหลือช่องที่สามารถใช้ได้เพียงหนึ่งช่องทาง (ช่องทางด่านในสุด) การเปิดใช้ Reversible lane สำหรับ Scenario 3 และ Scenario 4 จะเปิดใช้หลังจากเกิดเหตุการณ์ 10 นาที (10:40) ดังแสดงในรูปที่ 4

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 ตัวชี้วัดในการวิเคราะห์

การศึกษานี้ใช้ตัวชี้วัดสำคัญ 2 ปัจจัย เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการฟื้นตัวจากอุบัติเหตุ ซึ่งวัดจากระยะเวลาตั้งแต่เกิดอุบัติเหตุจนกระทั่งสภาพการจราจรกลับสู่ระดับปกติ

1) ความเร็วเฉลี่ย (Average Speed) ความเร็วเฉลี่ยใช้วัดประสิทธิภาพของระบบจราจรในการเดินทาง โดยแสดงความเร็วเฉลี่ยรวมของยานพาหนะ

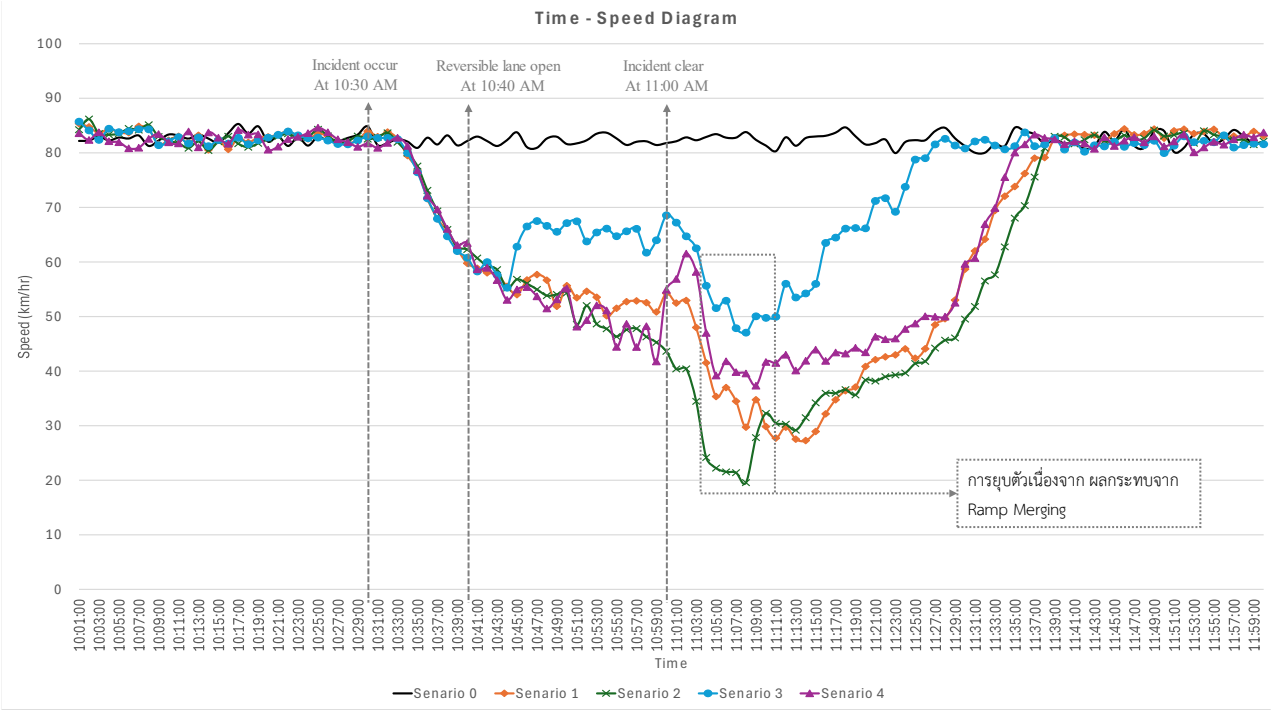
2) ค่าพื้นที่ยุบตัว (Deficit Area) เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญในการประเมินผลกระทบสะสมของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับระบบการจราจร โดยพิจารณาจากปริมาณ “การสูญเสียความเร็ว” ตลอดระยะเวลาที่มีผลกระทบ

3.5 วิธีการวิเคราะห์ผลลัพธ์

ผลลัพธ์จากแบบจำลองบนโปรแกรม Aimsun Next จะถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้การเปรียบเทียบเชิงสถิติ (Statistical Comparison) โดยใช้พื้นที่ยุบตัวของกราฟเปรียบเทียบความสามารถในการฟื้นตัวจากเหตุการณ์ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการจำลองสถานการณ์ที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์นี้จะช่วยให้สามารสรุปว่ามาตรการใดที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด ทั้งนี้ความถูกต้องของแบบจำลองได้รับการตรวจสอบโดยการปรับเทียบกับข้อมูลจากเซนเซอร์และกล้องของการทางพิเศษ ซึ่งผลการเปรียบเทียบแสดงค่าความเร็วการจราจรในสภาวะปกตินั้นที่มีความใกล้เคียงกัน

1 ค ค

จากรูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เวลากับความเร็ว (Time-Speed Diagram) และตารางข้อมูลที่แสดงความเร็วของยานพาหนะในช่วงเวลาตั้งแต่ 10:00 ถึง 12:00 น. พบว่าในช่วงเริ่มต้นของการจำลอง (ตั้งแต่เวลา 10:00 ถึงประมาณ 10:30 น.) ความเร็วของทุก Scenario มีค่าค่อนข้างคงที่และอยู่ใกล้เคียงกับค่าความเร็วอ้างอิง ซึ่งอยู่ในช่วง 80–85 km/h โดยไม่มีความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างแต่ละกรณีในช่วงเวลาดังกล่าว ในส่วนของ Scenario 0 ซึ่งทำหน้าที่เป็น baseline หรือ กรณีควบคุม นั้น ความเร็วค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงเวลาโดยไม่มีการลดลงอย่างชัดเจน สะท้อนถึงสถานการณ์ที่ไม่มีเหตุการณ์ใด ๆ เข้ามารบกวนระบบการจราจร ซึ่งเป็นเกณฑ์สำคัญที่ใช้เปรียบเทียบกับ Scenario อื่น ๆ เมื่อเวลาผ่านไปหลังจากช่วง 10:30 น. ระบบการจราจรในแต่ละ Scenario เริ่มแสดงผลกระทบจากเหตุการณ์ที่จำลองไว้ Scenario 1 มีลักษณะเฉพาะคือแม้จะมีช่วงที่ความเร็วลดลงเช่นเดียวกับกรณีอื่น แต่ระดับการลดลงของ



8 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเร็ว

ความเร็วอยู่ในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับ Scenario 2 และ 4 ที่มีการควบคุมการจราจรบนไหล่ทาง จากกรณีที่พฤติกรรมของผู้ขับขี่เมื่อเกิดจราจรติดขัดจะมีการขับขี่บนไหล่ทาง และยังแสดงรูปแบบการฟื้นตัวที่ราบรื่นกว่า Scenario 2 แต่ไม่ดีเท่ากับ Scenario 3 และ 4 โดยความเร็วกลับมาอยู่ในระดับปกติก่อนช่วง 11:40 น. ใน Scenario 2 และ Scenario 4 ซึ่งแสดงอาการลดความเร็วอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องจากการควบคุมการขับขี่ไหล่ทาง ความเร็วในทั้งสองกรณีต่ำลงเรื่อย ๆ จนถึงจุดต่ำสุดในช่วงเวลาประมาณ 11:00–11:10 น. โดย Scenario 2 มีค่าความเร็วต่ำสุดใกล้เคียงกับ 20 km/h และใช้เวลาฟื้นตัวค่อนข้างนานจนถึงช่วงหลัง 11:40 น. ในขณะที่ Scenario 4 แม้ความเร็วจะลดลงมากเช่นกัน แต่มีการฟื้นตัวเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับ Scenario 1 และ Scenario 2 ในทางกลับกัน Scenario 3 มีลักษณะที่แตกต่างออกไปอย่างเห็นได้ชัด โดยแม้จะมีช่วงที่ความเร็วลดลงบ้างในช่วง 10:35–11:10 น. แต่ความรุนแรงของการลดลงต่ำกว่ากรณีอื่น ความเร็วไม่เคยลดลงถึงระดับวิกฤติเท่ากับ Scenario 1 2 หรือ 4 และมีแนวโน้มฟื้นตัวกลับมาใกล้ระดับปกติอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ประมาณ 11:10 น. หลังจากเหตุการณ์อุบัติเหตุได้รับการเคลียร์แล้ว ความเร็วเฉลี่ยของการจราจรบริเวณจุดเกิดเหตุยังคงต่ำกว่าปกติในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งอาจดูขัดแย้งกับหลักทฤษฎีเบื้องต้น เนื่องจากโดยทั่วไปเมื่อไม่มีอุปสรรคแล้ว การจราจรควรกลับสู่ภาวะปกติได้ทันที อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ร่วมกับโครงสร้างโครงข่ายในพื้นที่ พบว่าบริเวณดังกล่าวมีทางเชื่อม (Ramp) จากด่านเก็บค่าผ่านทางที่เข้าสู่ทางหลัก ในช่วงที่เกิดอุบัติเหตุ รถจากทางเชื่อมเหล่านี้ถูกกักไว้ชั่วคราว และเมื่อสถานการณ์ถูกเคลียร์ ระบบจราจรได้ปล่อยรถจำนวนมากออกมาพร้อมกัน ส่งผลให้เกิดการรวมตัวของยานพาหนะจากหลายทิศทางเข้าสู่ทางหลักในเวลาเดียวกัน รถจากทางเชื่อมจำเป็นต้องอาศัยการชะลอความเร็วเพื่อให้เกิดการผสานจังหวะในการเข้าทางหลัก (Merging effect) โดยเฉพาะในช่วงที่ความจุของช่องจราจรยังไม่สามารถรองรับได้เต็มที่ ด้วยเหตุนี้ ความเร็วเฉลี่ยในพื้นที่ใกล้เคียงจึงลดต่ำลงอีกครั้งหลังเหตุการณ์สิ้นสุด และทำให้กราฟแสดงความเร็วในช่วงดังกล่าวเกิดการยุบตัวลงอย่างชัดเจนตามที่ปรากฏในแผนภาพ ปรากฏการณ์ที่ความเร็วลดลงหลังการเคลียร์อุบัติเหตุนั้น เป็นผลมาจากกระบวนการปรับสมดุลของระบบจราจร ซึ่งต้องใช้เวลาในการกระจายปริมาณรถที่สะสมไว้ให้เข้าสู่ภาวะการไหลปกติอีกครั้ง

จากรูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่ยุบตัวของแต่ละ Scenario ให้ภาพที่ชัดเจนเกี่ยวกับประสิทธิภาพของมาตรการต่าง ๆ ที่นำมาใช้ Scenario 1 ซึ่งไม่ดำเนินการใด ๆ แสดงค่าพื้นที่ยุบตัว แสดงถึงการปล่อยให้ระบบปรับตัวเองโดยไม่ควบคุม อาจนำไปสู่การสูญเสียต่อเนื่องในระยะยาว ทั้งในเชิงเวลา พลังงาน และประสิทธิภาพการจราจร Scenario 2 ที่ใช้เฉพาะการควบคุมไหล่ทาง แสดงค่าพื้นที่ยุบตัวที่สูงกว่า Scenario 1 แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของมาตรการนี้ ถึงแม้จะช่วยควบคุมพฤติกรรมผู้ขับขี่ไหล่ทางได้ แต่กลับมีการฟื้นตัวที่ต่ำที่สุดหากเทียบทุกมาตรการ Scenario 3 ซึ่งใช้เฉพาะ Reversible Lane ให้ค่าพื้นที่ยุบตัวต่ำที่สุดในบรรดาทุกกรณีที่มีเหตุการณ์ สะท้อนว่าการเพิ่มช่องทางเดินรถกลับทิศในช่วงวิกฤติช่วยลดการสูญเสียความเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด และทำให้ระบบฟื้นตัวเร็วที่สุด Scenario 4 ซึ่งเป็นการใช้มาตรการแบบผสมผสานระหว่าง Reversible Lane และ Shoulder Control กลับมีค่าพื้นที่ยุบตัวสูงกว่า Scenario 3 เล็กน้อย สะท้อนถึงความท้าทายในการบูรณาการหลายมาตรการในภาคปฏิบัติ ซึ่งอาจเกิดความล่าช้าในการสื่อสาร การบังคับใช้ หรือความไม่แน่นอนของพฤติกรรมผู้ใช้ทาง โดยรวมแล้ว การเปรียบเทียบ

พื้นที่ยุบตัวเป็นหลักฐานสำคัญที่ช่วยให้เห็นภาพรวมของประสิทธิภาพมาตรการในมิติของ ผลกระทบสะสม ซึ่งอาจไม่ปรากฏชัดจากค่าความเร็วเฉลี่ยหรือความล่าช้าในช่วงใดช่วงหนึ่ง แต่เมื่อดูในภาพรวมตลอดช่วงเวลาทั้งหมด พบว่า Scenario 3 เป็นแนวทางที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุดในกรณีศึกษานี้ การไม่เข้าแทรกแซงหรือควบคุมสถานการณ์ตัทควบคุมสถานกา

เปรียบเทียบค่าพื้นที่ยุบตัวของกราฟ

81

การศึกษาครั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อประเมินประสิทธิภาพของมาตรการจัดการจราจรภายใต้สถานการณ์ที่เกิดเหตุการณ์รบกวน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปรียบเทียบแนวทางต่าง ๆ ที่สามารถนำมาใช้เพื่อบรรเทาผลกระทบจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นบนเส้นทางจราจรหลัก การจำลองสถานการณ์จราจรดำเนินการผ่านซอฟต์แวร์ Aimsun Next โดยกำหนดสถานการณ์ทั้งหมด 4 รูปแบบ ได้แก่ สถานการณ์ปกติที่ไม่มีเหตุการณ์รบกวน (Scenario 0) การปล่อยให้เกิดเหตุการณ์โดยไม่มีการจัดการใด ๆ (Scenario 1) การควบคุมการใช้งานไหล่ทาง (Scenario 2) การใช้ Reversible Lane (Scenario 3) และการใช้ Reversible Lane ร่วมกับการควบคุมไหล่ทาง (Scenario 4)

ผลการจำลองพบว่าแต่ละมาตรการมีผลลัพธ์ต่อประสิทธิภาพของระบบจราจรที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยพิจารณาจากตัวชี้วัดหลัก ได้แก่ ความเร็วเฉลี่ย และพื้นที่ยุบตัว ซึ่งเป็นตัวแทนของผลกระทบสะสมจากเหตุการณ์ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่า Scenario 3 หรือการใช้ Reversible Lane เพียงอย่างเดียว ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในภาพรวม ทั้งในด้านความเร็วเฉลี่ยที่สูงที่สุดในกลุ่มที่มีเหตุการณ์ และพื้นที่ยุบตัวซึ่งเป็นตัวชี้วัดผลกระทบสะสมต่ำที่สุดเช่นกัน แสดงให้เห็นว่า Reversible Lane เป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพสูงในการเพิ่มขีดความสามารถของระบบ และช่วยให้การจราจรฟื้นตัวได้อย่างรวดเร็วเมื่อเกิดเหตุการณ์ ในขณะที่ Scenario 1 ซึ่งไม่มีการดำเนินมาตรการใด ๆ แสดงผลลัพธ์ที่ก่อให้เกิด ระบบจราจรเกิดการติดขัดอย่างต่อเนื่อง ความเร็วเฉลี่ยลดลง ความล่าช้าเพิ่มขึ้นสูง และมีจำนวนรถสะสมในระบบเป็นจำนวนมาก สะท้อนให้เห็นถึงผลกระทบของ

Metric," *International Journal of Civil Engineering*, vol. 22, no. 4, pp. 505–522, 2024.

[7] E. Balal, G. Valdez, J. Miramontes, and R. L. Cheu, "Comparative evaluation of measures for urban highway network resilience due to traffic incidents," *Int. J. Transp. Sci. Technol.*, vol. 8, no. 3, pp. 304–317, 2019.