ปัจจัยความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตราย กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต

Severity Factors of Road Crashes and Countermeasures of Hazardous Locations: Phuket Case Study

อาริฟ ศิริวัฒน์

Arif Siriwat

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering
Prince of Songkla University
2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ปัจจัยความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตราย กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต

Severity Factors of Road Crashes and Countermeasures of Hazardous Locations: Phuket Case Study

อาริฟ ศิริวัฒน์

Arif Siriwat

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering
Prince of Songkla University
2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ปัจจัยความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตราย กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต
ผู้เขียน นายอาริฟ ศิริวัฒน์
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธา เจนศิริศักดิ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล กรประเสริฐ)

.....กรรมการ
(ดร.อรกมล วังอภิสิทธิ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

.....
(ศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสาง)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ.....
(นายอาริฟ ศิริวัฒน์)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....
(นายอาริฟ ศิริวัฒน์)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ ปัจจัยความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตราย กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต

ผู้เขียน นายอาริฟ ศิริวัฒน์

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา (วิศวกรรมขนส่ง)

ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

อุบัติเหตุทางถนนเกิดจากปัจจัยหลัก 3 ด้าน ประกอบด้วย 1) ผู้ขับขี่ 2) ยานพาหนะ และ 3) ถนนและสภาพแวดล้อม อย่างไรก็ตาม ปัจจัยที่ส่งเสริมการแก้ไขบริเวณอันตรายให้มีความปลอดภัยในระยะเวลาอันสั้น คือ ถนนและสภาพแวดล้อม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้แนวทางถนนที่ปลอดภัย (Safer Roads) ตามวิถีแห่งระบบที่ปลอดภัย (Safe System Approach) ในการแก้ไขบริเวณอันตรายในจังหวัดภูเก็ตเป็นกรณีศึกษา เนื่องจากจังหวัดภูเก็ตมีอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนสูงเป็นอันดับต้น ๆ ของเมืองท่องเที่ยวในประเทศไทย การศึกษาแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการทบทวนมาตรการเพิ่มความปลอดภัยทางถนนโดยจำแนกตามรูปแบบการชน แล้วประยุกต์ใช้มาตรการที่ได้ทบทวนกับการแก้ไขปัญหาบริเวณอันตรายเชิงพื้นที่ (Area-based) ในจังหวัดภูเก็ต โดยพิจารณาจากค่าประมาณการมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นสูงสุด 5 บริเวณแรก ประกอบด้วย 1) บริเวณจุดกลับรถบนทางเลี่ยงเมืองสาย ทล.4024 กม. 2+300 ที่มีปัญหาการกลับรถตัดกระแสจราจรหลักซึ่งใช้ความเร็วสูง 2) ถนนพระภูเก็ตแก้ว ช่วง กม. 0+550 ถึง กม.0+650 ที่มีปัญหาการใช้ความเร็วบนถนนทางตรงที่ต่อด้วยทางโค้ง 3) บริเวณทางแยกควนยักษ์ ทล.4030 ตัดกับ ถนนนาคาสุด ซึ่งมีปัญหาทางแยกบริเวณทางลาดชัน 4) ทล.4029 กม. 0+350 ถึง กม.0+450 และ 5) ทล.4029 กม.1+450 ถึง กม.1+550 ซึ่งมีปัญหาทางโค้งย้อนกลับบนทางเขา ส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์หาปัจจัยทางถนนและสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนในเชิงระบบ (System-based) ของพื้นที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนที่เกิดขึ้นย้อนหลัง 3 ปี รวม 497 ครั้ง ในการพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยด้านถนน (การไม่มีอุปกรณ์เสริมความปลอดภัย ความลาดชันของถนน และถนนทางหลวง) และปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม (ผิวถนนเปียกและสภาพอากาศไม่สดใส) ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุ (จำนวนผู้ประสบเหตุและจำนวนยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง) อย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษาจากส่วนแรกจะเป็นแนวทางให้หน่วยงานในจังหวัดภูเก็ตนำไปปรับใช้เพื่อแก้ไขปัญหาบริเวณอันตรายดังกล่าว สำหรับผลการศึกษาในส่วนที่สองจะเป็นข้อมูลให้แก่หน่วยงานทาง เพื่อให้ความสำคัญกับปัจจัยที่มีนัยสำคัญข้างต้นต่อการออกแบบและกำหนดมาตรการป้องกันอุบัติเหตุทางถนน อย่างไรก็ตาม อาจมีปัจจัยอื่นด้านถนน ยานพาหนะ และผู้ขับขี่ ที่ควรศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต เพื่อนำไปสู่การกำหนดมาตรการป้องกันอุบัติเหตุทางถนนในเชิงรุกต่อไป

Thesis Title Severity Factors of Road Crashes and Countermeasures of Hazardous Locations: Phuket Case Study

Author Mr. Arif Siriwat

Major Program Civil Engineering (Transportation)

Academic Year 2019

Abstract

Road crashes occur from three main factors, which are 1) driver, 2) vehicle, and 3) road and environment. However, the factor that could treat hazardous locations effectively in a short period is the road and environment. The objective of this research is to apply a concept of safer roads, following a safe system approach, to treat the hazardous locations in Phuket as a case study. This is because the fatality rate in Phuket is in the top rank among tourist cities in Thailand. The study was divided into two parts. The first part reviewed several road safety measures classified by different crash types. Then, the measures were applied to correct the hazardous locations in the study area as an area-based approach. The top five hazardous locations, identified by the estimated economic losses from road crashes, consist of 1) the u-turn on the bypass road Hwy. 4024 km. 2+300 (u-turn vehicles crossing the main traffic stream), 2) the road section on Phra Phuket Kaew Rd. between km. 0+550 and km. 0+650 (a straight route followed by a reverse curve), 3) the Kuan Yak junction between Hwy. 4030 km. 16+100 and Na Ka Sud road (intersection at steep slope), 4) the Hwy. 4040 between km. 0+350 and km. 0+450 (a reverse curve on the mountainous area), and 5) the Hwy. 4040 between km. 1+450 and km. 1+550 (a reverse curve on the mountainous area). The second part of the study analyzed the road and environmental factors affecting the severity of crashes in the study area as a system-based approach. The crash data in the past three years (497 crashes) were used to develop the structural equation model (SEM). The results showed that the road factors (no safety device, slope, and highway) and environmental factors (wet road surface and unclear weather) significantly affect the crash severity (a number of casualties and vehicles). The results from the first part could be a guideline for local agencies to improve those hazardous locations. In addition, the results from the second part would be information for road agencies to take the significant factors in the process of road design and countermeasure implementation. However, other road-, vehicle-, and driver-related factors should also be considered in order to propose active countermeasures.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธา เจนศิริศักดิ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล กรประเสริฐ และ อาจารย์ ดร.อรกมล วังอภิสิทธิ์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัย ทำให้ผู้วิจัยมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น รวมถึงการตรวจสอบข้อบกพร่องที่เกิดจากความเอาใจใส่ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ ที่ท่านกรุณาอบรมสั่งสอนทั้งด้านวิชาการเป็นสำคัญและการใช้ชีวิตให้เป็นประโยชน์ต่อสังคม รวมถึงการช่วยเหลือในหลายด้านและสนับสนุนในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด และการให้โอกาสในการทำงานวิจัยต่าง ๆ ซึ่งทำให้เพิ่มพูนความรู้ ความสามารถของผู้วิจัยได้เป็นอย่างดี พร้อมทั้งเป็นต้นแบบในการทำงานที่ดีให้แก่ผู้วิจัยเสมอมา

ขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่สนับสนุนทุนก้นกุฏิคณะวิศวกรรมศาสตร์ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

ขอขอบพระคุณ สมาคมวิทยาการขนส่งแห่งเอเชีย (ATRANS) ที่อนุเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนสำหรับงานวิจัยนี้ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ตำรวจภูเก็ตทุกนายที่ให้ความสำคัญกับการรายงานข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนตลอดมา

ขอขอบพระคุณ พี่สุพิศ นนทะสร และพี่จิราพร ยวงใย นักวิชาการอุดมศึกษาประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่อำนวยความสะดวกในการจัดการเอกสารต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

ขอขอบคุณพี่ น้อง และผองเพื่อนปริญญาโท รวมทั้งเพื่อนสนิท มิตรสหายทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีแก่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ ครูอาจารย์ทั้งในอดีตและปัจจุบันที่ได้ให้การอบรม สั่งสอน ให้ความรู้ และเป็นแบบอย่างที่ดีแก่ผู้วิจัย ซึ่งส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถมาสู่อีกจุดสำเร็จหนึ่งของชีวิตได้

ท้ายที่สุดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา คุณปู่ และคุณย่า ที่มอบความรัก ความอบอุ่น อบรมสั่งสอนเลี้ยงดู ส่งเสริมการศึกษา ให้การช่วยเหลือด้านต่าง ๆ และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา ทำให้การศึกษาและทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

อาริฟ ศิริวัฒน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ .....(5)

กิตติกรรมประกาศ .....(7)

สารบัญ .....(8)

สารบัญรูป ..... (14)

สารบัญตาราง ..... (17)

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 3

1.3.1 พื้นที่ศึกษา 3

1.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการระบุตำแหน่งและข้อมูลอุบัติเหตุ 3

1.3.3 การวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4

บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 5

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขบริเวณอันตราย 5

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองด้านความปลอดภัยทางถนน..... 7

2.2.1 งานวิจัยด้านแบบจำลองความปลอดภัยทางถนนในต่างประเทศ..... 7

2.2.2 งานวิจัยด้านแบบจำลองความปลอดภัยทางถนนในประเทศไทย 9

2.3 วิถีแห่งระบบที่ปลอดภัย..... 15

2.4 การจัดการบริเวณอันตราย 19

2.4.1 นิยามของบริเวณอันตราย 19

2.4.2 กระบวนการแก้ไขบริเวณอันตราย 21

2.4.3 วิธีการบ่งชี้บริเวณอันตราย..... 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.4 การวิเคราะห์รายละเอียดของบริเวณอันตราย 30
2.4.5 การเสนอแนะมาตรการแก้ไขบริเวณอันตราย 33
2.4.6 การประเมินความคุ้มค่าสำหรับมาตรการแก้ไขบริเวณอันตราย 35
2.5 แนวทางการปรับปรุงความปลอดภัยบริเวณอันตราย 37
2.5.1 แนวทางการปรับปรุงทางแยก 37
2.5.2 มาตรการความปลอดภัยด้านป้ายจราจร 43
2.5.3 มาตรการความปลอดภัยด้านเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง 54
2.6 แบบจำลองสมการโครงสร้าง 63
2.6.1 องค์ประกอบของแบบจำลองสมการโครงสร้าง 63
2.6.2 การพิจารณาขนาดจำนวนตัวอย่าง 64
2.6.3 การวิเคราะห์ปัจจัยของแบบจำลองสมการโครงสร้าง 65
2.6.4 อิทธิพลของตัวแปรสังเกตได้ 65
2.6.5 การตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองสมการโครงสร้าง 66
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 67
3.1 กรอบการดำเนินงานวิจัย 67
3.2 การทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 69
3.3 การรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุทางถนน 69
3.4 การนำเสนอมาตรการปรับปรุงบริเวณอันตราย 69
3.5 การจัดการบริเวณอันตรายในพื้นที่ศึกษา 70
3.5.1 การบ่งชี้บริเวณอันตราย 70
3.5.2 การวิเคราะห์ปัญหาและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงบริเวณอันตราย 70
3.6 การวิเคราะห์สถานการณ์และปัจจัยที่ส่งผลต่ออุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษา 70
3.6.1 การวิเคราะห์ภาพรวมของอุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษา 71

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6.2 การพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง 71
3.7 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 74
บทที่ 4 ผลการศึกษาการจัดการบริเวณอันตราย 75
4.1 ผลการบ่งชี้ตำแหน่งบริเวณอันตรายในพื้นที่ศึกษา 75
4.2 ผลการศึกษาบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 77
4.2.1 ผลการสำรวจลักษณะทางกายภาพบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 77
4.2.2 ผลการศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 78
4.2.3 ผลการศึกษาปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 81
4.2.4 ผลการศึกษาความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 82
4.2.5 ผลการศึกษาปัญหาและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 83
4.2.6 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 86
4.3 ผลการศึกษาบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 89
4.3.1 ผลการสำรวจลักษณะทางกายภาพบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 89
4.3.2 ผลการศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 90
4.3.3 ผลการศึกษาปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 94
4.3.4 ผลการศึกษาความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 95
4.3.5 ผลการศึกษาปัญหาและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 96
4.3.6 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 99
4.4 ผลการศึกษาบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 102
4.4.1 ผลการสำรวจลักษณะทางกายภาพบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 102
4.4.2 ผลการศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 103
4.4.3 ผลการศึกษาปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 106
4.4.4 ผลการศึกษาความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 107

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4.5 ผลการศึกษาปัญหาและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 108
4.4.6 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 ... 111
4.5 ผลการศึกษาบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 115
4.5.1 ผลการสำรวจลักษณะทางกายภาพบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 115
4.5.2 ผลการศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 116
4.5.3 ผลการศึกษาปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 120
4.5.4 ผลการศึกษาความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 121
4.5.5 ผลการศึกษาปัญหาและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 122
4.5.6 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 ... 125
4.6 ผลการศึกษาบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 128
4.6.1 ผลการสำรวจลักษณะทางกายภาพบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 128
4.6.2 ผลการศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 129
4.6.3 ผลการศึกษาปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 133
4.6.4 ผลการศึกษาความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 134
4.6.5 ผลการศึกษาปัญหาและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 135
4.6.6 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 ... 138
บทที่ 5 ผลการศึกษาสถานการณ์และปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน..... 141
5.1 ผลการวิเคราะห์สถานการณ์ของอุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ต 141
5.1.1 ความรุนแรงของผู้ประสบเหตุ 141
5.1.2 ยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง 142
5.1.3 อุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์ 143
5.1.4 รูปแบบการชน 143
5.1.5 ลักษณะกายภาพและสภาพแวดล้อมของที่เกิดเหตุ 145

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนในจังหวัดภูเก็ต ... 147
5.2.1 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแปร ... 147
5.2.2 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองสมการโครงสร้าง ... 151
5.2.3 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง ... 152
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ ... 155
6.1 สรุปผลการศึกษา ... 155
6.2 ข้อเสนอแนะ ... 157
6.2.1 ข้อเสนอแนะในการประยุกต์ใช้งานวิจัยนี้ ... 157
6.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต ... 158
บรรณานุกรม ... 159
ภาคผนวก ก ลักษณะการชน ... 167
ภาคผนวก ข มาตรการแก้ไขปัญหาบริเวณอันตราย ... 169
ภาคผนวก ข-1 มาตรการปรับปรุงความปลอดภัยบริเวณอันตรายจำแนกตามประเภทการชน ... 170
ภาคผนวก ข-2 ประสิทธิผลของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตราย ... 194
ภาคผนวก ค แบบสำรวจข้อมูลภาคสนาม ... 199
ภาคผนวก ค-1 แบบสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณอันตราย ... 200
ภาคผนวก ค-2 แบบสำรวจความเร็วเฉพาะจุดโดยใช้ผลต่างเวลา ... 201
ภาคผนวก ค-3 แบบสำรวจความเร็วเฉพาะจุดโดยใช้ปืนวัดความเร็ว ... 202
ภาคผนวก ง รายละเอียดผลการศึกษาข้อมูลภาคสนามของบริเวณอันตรายในพื้นที่ศึกษา ... 203
ภาคผนวก ง-1 ผลการศึกษาข้อมูลภาคสนามบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 ... 204
ภาคผนวก ง-2 ผลการศึกษาข้อมูลภาคสนามบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 ... 205
ภาคผนวก ง-3 ผลการศึกษาข้อมูลภาคสนามบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 ... 206

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ง-4 ผลการศึกษาข้อมูลภาคสนามบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 207

ภาคผนวก ง-5 ผลการศึกษาข้อมูลภาคสนามบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 208

ภาคผนวก จ บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ 209

ภาคผนวก จ-1 บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ 210

ประวัติผู้เขียน 227

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1-1 ตัวอย่างหน้ารายงานบริเวณอันตรายในจังหวัดภูเก็ตของ ATRAN Safety Map 4
รูปที่ 2-1 องค์ประกอบของวิถีแห่งระบบที่ปลอดภัย 16
รูปที่ 2-2 รูปแบบของวิถีแห่งระบบที่ปลอดภัย 17
รูปที่ 2-3 กระบวนการแก้ไขจุดอันตราย 22
รูปที่ 2-4 ภาพรวมการวิเคราะห์บริเวณอันตราย 30
รูปที่ 2-5 ตัวอย่างผังการชน 31
รูปที่ 2-6 ตัวอย่างมาตรการปรับปรุงกรณีชนท้าย 34
รูปที่ 2-7 ตัวอย่างค่าประสิทธิผลจำแนกตามประเภทการชนและราคาก่อสร้าง 36
รูปที่ 2-8 ตัวอย่างค่าประสิทธิผล 36
รูปที่ 2-9 การแก้ไขปรับแนวทางแยก 37
รูปที่ 2-10 ตัวอย่างก่อนการแก้ไขโดยการปรับแนวทางแยก 38
รูปที่ 2-11 ตัวอย่างหลังการแก้ไขโดยการปรับแนวทางแยก 38
รูปที่ 2-12 การปรับวางแนวถนนสายรองให้ใกล้เคียงมุม 90 องศา 39
รูปที่ 2-13 การแก้ไขปรับแนวทางแยกโดยแยกทางแยกออกจากกัน 40
รูปที่ 2-14 ตัวอย่างจุดตัดบริเวณทางแยกรูปตัว T 40
รูปที่ 2-15 การแก้ไขแบบเพิ่มช่องจราจรและเกาะแบ่งการจราจร 41
รูปที่ 2-16 แสดงส่วนประกอบการเดินรถบริเวณวงเวียน 41
รูปที่ 2-17 เส้นแบ่งทิศทางจราจรปกติ 54
รูปที่ 2-18 เส้นแบ่งทิศทางจราจรห้ามแซง 55
รูปที่ 2-19 เส้นแบ่งทิศทางจราจรห้ามแซงเฉพาะด้าน 55
รูปที่ 2-20 เส้นแบ่งช่องเดินรถปกติ 55
รูปที่ 2-21 เส้นห้ามเปลี่ยนช่องจราจร 56
รูปที่ 2-22 เส้นขอบทางด้านนอก 56
รูปที่ 2-23 เส้นขอบทางด้านใน 56
รูปที่ 2-24 เส้นแนวหยุด 57
รูปที่ 2-25 เส้นทางคนข้าม 58
รูปที่ 2-26 ข้อความบนพื้นทาง 59
รูปที่ 2-27 ลูกศรแสดงทิศทาง 59

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2-28 เครื่องหมายห้ามหยุดรถ 60
รูปที่ 2-29 เครื่องหมายขาวดำ 60
รูปที่ 2-30 เครื่องหมายแถบเฉียงสลับสี 61
รูปที่ 2-31 เครื่องหมายเป้าสะท้อนแสง 61
รูปที่ 2-32 มาตรฐานเครื่องหมายเป้าสะท้อนแสง 62
รูปที่ 2-33 ตัวอย่างองค์ประกอบของแบบจำลองสมการโครงสร้าง 63
รูปที่ 2-34 ตัวอย่างอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม 65
รูปที่ 3-1 กรอบการดำเนินงานวิจัย 68
รูปที่ 3-2 แผนผังการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง 71
รูปที่ 4-1 ตำแหน่งของบริเวณอันตราย 5 อันดับแรกในพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ต 76
รูปที่ 4-2 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 77
รูปที่ 4-3 แผนผังการชนบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 80
รูปที่ 4-4 ปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 81
รูปที่ 4-5 ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 82
รูปที่ 4-6 แนวทางการแก้ไขปัญหาความไม่ปลอดภัยบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 84
รูปที่ 4-7 ตัวอย่างหลังการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 85
รูปที่ 4-8 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 89
รูปที่ 4-9 แผนผังการชนบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 92
รูปที่ 4-10 ภาพถ่ายทางโค้งบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 93
รูปที่ 4-11 ปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 94
รูปที่ 4-12 ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของยานพาหนะบริเวณอันตรายที่ 2 95
รูปที่ 4-13 แนวทางการแก้ไขปัญหาความไม่ปลอดภัยบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 97
รูปที่ 4-14 ตัวอย่างหลังการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 98
รูปที่ 4-15 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 102
รูปที่ 4-16 แผนผังการชนบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 105
รูปที่ 4-17 ปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 106
รูปที่ 4-18 ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 107
รูปที่ 4-19 แนวทางการแก้ไขปัญหาความไม่ปลอดภัยบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 109

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4-20 ตัวอย่างหลังการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 110
รูปที่ 4-21 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 115
รูปที่ 4-22 แผนผังการชนบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 119
รูปที่ 4-23 ปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 120
รูปที่ 4-24 ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 121
รูปที่ 4-25 แนวทางการแก้ไขปัญหาความไม่ปลอดภัยบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 123
รูปที่ 4-26 ตัวอย่างหลังการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 124
รูปที่ 4-27 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 128
รูปที่ 4-28 แผนผังการชนบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 132
รูปที่ 4-29 ปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 133
รูปที่ 4-30 ความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 134
รูปที่ 4-31 แนวทางการแก้ไขปัญหาความไม่ปลอดภัยบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 136
รูปที่ 4-32 ตัวอย่างหลังการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 137
รูปที่ 5-1 สัดส่วนผู้ประสบเหตุจำแนกตามความรุนแรง 142
รูปที่ 5-2 รูปแบบการชนที่เกิดอุบัติเหตุ 10 อันดับแรก 144
รูปที่ 5-3 แบบจำลองสมการโครงสร้างเริ่มต้น (Model 1) 150
รูปที่ 5-4 แบบจำลองสมการโครงสร้างสุดท้าย (Model 4) 153
รูปที่ ก-1 สรุปลักษณะการชนรูปแบบต่าง ๆ 168
รูปที่ ง-1 ผลการศึกษาความเร็วบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 204
รูปที่ ง-2 ผลการศึกษาความเร็วบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 205
รูปที่ ง-3 ผลการศึกษาความเร็วบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 206
รูปที่ ง-4 ผลการศึกษาความเร็วบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 207
รูปที่ ง-5 ผลการศึกษาความเร็วบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 208

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 สรุปงานวิจัยที่พัฒนาแบบจำลองและศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางถนน 11
ตารางที่ 2-2 สรุปปัจจัยที่นำมาพัฒนาแบบจำลองความปลอดภัยทางถนน 14
ตารางที่ 2-3 ความแตกต่างระหว่างวิถีดั้งเดิมและวิถีแห่งระบบที่ปลอดภัย 18
ตารางที่ 2-4 นิยามของบริเวณอันตราย 19
ตารางที่ 2-5 ค่ากำหนดบริเวณทางแยกอันตราย 20
ตารางที่ 2-6 ค่ากำหนดบริเวณช่วงถนนอันตราย 20
ตารางที่ 2-7 ความยาวช่วงถนนในแต่ละประเทศ 20
ตารางที่ 2-8 TRISS Regression Weights 28
ตารางที่ 2-9 มูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ 29
ตารางที่ 2-10 ตัวอย่างสาเหตุการชนและวิธีการปรับปรุงจำแนกตามรูปแบบการชน 33
ตารางที่ 2-11 ตัวอย่างป้ายบังคับ 43
ตารางที่ 2-12 ตัวอย่างป้ายเตือน 47
ตารางที่ 2-13 ตัวอย่างป้ายแนะนำตามมาตรฐานกรมทางหลวง 51
ตารางที่ 2-14 ตัวอย่างป้ายแนะนำตามมาตรฐานกรมทางหลวงชนบท 51
ตารางที่ 2-15 ตัวอย่างขนาดป้ายจราจรตามกลุ่มประเภททางหลวง 52
ตารางที่ 2-16 ค่าสถิติที่นิยมใช้ตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองสมการโครงสร้าง 66
ตารางที่ 3-1 มูลค่าความสูญเสียจำแนกตามอาการผู้ประสบอุบัติเหตุทางถนน 70
ตารางที่ 3-2 ค่าสถิติทดสอบความสอดคล้องที่ใช้ในการศึกษานี้ 74
ตารางที่ 4-1 รายละเอียดโดยสรุปแต่ละบริเวณอันตราย 5 อันดับแรกในพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ต 75
ตารางที่ 4-2 รายละเอียดข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 79
ตารางที่ 4-3 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 83
ตารางที่ 4-4 ค่าประสิทธิผลของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 86
ตารางที่ 4-5 ผลประโยชน์จากอุบัติเหตุที่ลดลงบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 87
ตารางที่ 4-6 ค่าใช้จ่ายสำหรับมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 87
ตารางที่ 4-7 รายละเอียดข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 91
ตารางที่ 4-8 ปัญหาและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 96
ตารางที่ 4-9 ค่าประสิทธิผลของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 99

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4-10 ผลประโยชน์จากอุบัติเหตุที่ลดลงบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 100
ตารางที่ 4-11 ค่าใช้จ่ายสำหรับมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 100
ตารางที่ 4-12 รายละเอียดข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 104
ตารางที่ 4-13 ปัญหาและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 108
ตารางที่ 4-14 ค่าประสิทธิผลของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 111
ตารางที่ 4-15 ผลประโยชน์จากอุบัติเหตุที่ลดลงบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 112
ตารางที่ 4-16 ค่าใช้จ่ายสำหรับมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 112
ตารางที่ 4-17 รายละเอียดข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 117
ตารางที่ 4-18 ปัญหาและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 122
ตารางที่ 4-19 ค่าประสิทธิผลของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 125
ตารางที่ 4-20 ผลประโยชน์จากอุบัติเหตุที่ลดลงบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 126
ตารางที่ 4-21 ค่าใช้จ่ายสำหรับมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 126
ตารางที่ 4-22 รายละเอียดข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 130
ตารางที่ 4-23 ปัญหาและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 135
ตารางที่ 4-24 ค่าประสิทธิผลของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 138
ตารางที่ 4-25 ผลประโยชน์จากอุบัติเหตุที่ลดลงบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 139
ตารางที่ 4-26 ค่าใช้จ่ายสำหรับมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 139
ตารางที่ 5-1 ประเภทยานพาหนะที่ประสบอุบัติเหตุ 142
ตารางที่ 5-2 คู่กรณีการชนของรถจักรยานยนต์ 143
ตารางที่ 5-3 จำนวนอุบัติเหตุทางถนนจำแนกตามรูปแบบการชน 144
ตารางที่ 5-4 ลักษณะกายภาพและสภาพแวดล้อมของที่เกิดเหตุ 146
ตารางที่ 5-5 การกำหนดตัวแปรสังเกตได้สำหรับแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) 147
ตารางที่ 5-6 การตรวจสอบการแจกแจงปกติของตัวแปรสังเกตได้ 148
ตารางที่ 5-7 การตรวจสอบสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ภายนอกกับตัวแปรสังเกตได้ภายใน 149
ตารางที่ 5-8 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแบบจำลอง 151
ตารางที่ 5-9 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรสังเกตได้ 154
ตารางที่ ข-1 มาตรการปรับปรุงกรณีชนคนเดินเท้า 170

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ข-2 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบริเวณทางแยกจากทิศทางด้านข้าง 172
ตารางที่ ข-3 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบริเวณทางแยกจากทิศทางตรงข้าม 174
ตารางที่ ข-4 มาตรการปรับปรุงกรณีชนในทิศทางเดียวกัน 177
ตารางที่ ข-5 มาตรการปรับปรุงกรณีชนจากความบกพร่องของผู้ขับขี่ 179
ตารางที่ ข-6 มาตรการปรับปรุงกรณีชนจากการแซง 181
ตารางที่ ข-7 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบนทาง 184
ตารางที่ ข-8 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบนทางตรง 186
ตารางที่ ข-9 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบนทางโค้ง 188
ตารางที่ ข-10 มาตรการปรับปรุงกรณีอื่น 191
ตารางที่ ข-11 ร้อยละการลดลงของมาตรการปรับปรุง 194

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

อุบัติเหตุทางถนนยังคงเป็นปัญหาสำคัญระดับประเทศ ที่หลายประเทศทั่วโลกเผชิญมาเป็นเวลานาน เป็นสาเหตุหลักของการสูญเสียทรัพยากรมนุษย์คิดเป็นมูลค่ามหาศาลกว่า 1.35 ล้านรายต่อปี และยังเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อความสูญเสียทางเศรษฐกิจโดยเฉลี่ยกว่าร้อยละ 3 ของผลิตภัณฑ์มวลรวม (GDP) (World Health Organization หรือ WHO ,2020) ดังนั้น อุบัติเหตุทางถนนจึงเป็นเรื่องที่ควรให้ความสำคัญ และมีความจำเป็นเร่งด่วนในการดำเนินการเพื่อหาทางแก้ไขและป้องกันอย่างมีประสิทธิผล

ประเทศไทยซึ่งเป็นสมาชิกขององค์การสหประชาชาติ (United Nations หรือ UN) ได้มีการลงนามระหว่างประเทศสมาชิกเพื่อลดอุบัติเหตุทางถนน โดยกำหนดให้ ปี พ.ศ. 2554 ถึงปี พ.ศ. 2563 เป็นทศวรรษแห่งความปลอดภัยทางถนน (WHO, 2011) ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อลดอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนในประเทศไทยให้มีอัตราการเสียชีวิตต่ำกว่า 10 คนต่อแสนประชากร (กรมการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2554) และอีกเป้าหมาย คือ การพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals หรือ SDGs) ตามกรอบทิศทางการพัฒนาของโลก (United Nations Thailand, 2015) โดยเป้าหมายข้อที่ 3.6 มีจุดประสงค์เพื่อลดจำนวนการตายและบาดเจ็บจากอุบัติเหตุทางถนนทั่วโลกลงครึ่งหนึ่ง ภายในปี พ.ศ. 2573 (องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น, 2558) แต่จากรายงานความปลอดภัยทางถนนขององค์การอนามัยโลกฉบับปี พ.ศ. 2562 กลับพบว่า ประเทศไทยยังคงมีอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนสูงถึง 32.7 คนต่อแสนประชากร เป็นอันดับ 1 ของอาเซียนหรืออันดับ 9 ของโลก (WHO, 2018) ซึ่งอัตราการเสียชีวิตยังห่างจากเป้าหมายที่วางไว้มาก หากการวางแผนป้องกันและแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุทางถนนที่เป็นอยู่ยังขาดประสิทธิภาพและไม่ตรงประเด็น อัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนของประเทศไทยอาจไม่สามารถลดลงได้หรืออาจเพิ่มสูงขึ้นตามแนวโน้มการใช้ยานพาหนะส่วนบุคคลที่มากขึ้น (กรมการขนส่งทางบก, 2563)

การป้องกันและแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุทางถนนสามารถทำได้ทั้งแนวทางเชิงรุก (Proactive Approach) ที่เป็นการป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดอุบัติเหตุ เน้นการปรับปรุงถนนให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น โดยการคาดการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ เช่น การตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน (Road Safety Audit) และแนวทางเชิงรับ (Reactive Approach) ที่เป็นการแก้ไของค์ประกอบที่เกี่ยวข้องจากข้อมูลสถิติอุบัติเหตุทางถนนที่เคยเกิดขึ้น ซึ่งนำข้อมูลสถิติเหล่านั้นไปวิเคราะห์เพื่อเสนอมาตรการป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุในลักษณะเดิมซ้ำ เช่น การแก้ไขบริเวณอันตราย (Black Spot

Treatment) ซึ่งบริเวณอันตรายอาจเป็นช่วงถนนหรือทางแยกที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้งหรือมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดอุบัติเหตุ (กรมทางหลวงชนบท, 2562)

การจัดการความปลอดภัยทางถนนที่ดีควรอยู่บนหลักของวิถีแห่งระบบที่ปลอดภัย (Safe System Approach) ซึ่งประกอบด้วย 4 ด้าน คือ 1) ผู้ใช้ทางที่ปลอดภัย (Safe people) 2) ยานพาหนะที่ปลอดภัย (Safe vehicles) 3) ถนนที่ปลอดภัย (Safe roads) และ 4) ความเร็วที่ปลอดภัย (Safe speeds) (OECD, 2008) โดยด้านที่สามารถจัดการความปลอดภัยได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ ถนนที่ปลอดภัย ถนนที่ปลอดภัยต้องได้รับการออกแบบให้สามารถรองรับและลดความรุนแรงของอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้น ตลอดจนบริเวณอันตรายก็ต้องได้รับการแก้ไขให้มีความปลอดภัย ตามกรอบแนวคิดของวิถีแห่งระบบที่ปลอดภัย ซึ่งนับเป็นแนวคิดใหม่ของการจัดการความปลอดภัยทางถนนที่พิจารณาถึงการจัดการให้เกิดความปลอดภัยของทั้งระบบ หากเกิดอุบัติเหตุก็ถือเป็นความผิดพลาดของทั้งระบบ และมุ่งเน้นการลดจำนวนการเสียชีวิตและลดความรุนแรงของอาการผู้ประสบเหตุ ซึ่งแตกต่างจากแนวคิดเก่าที่มุ่งเน้นการลดจำนวนการเกิดอุบัติเหตุและพิจารณาว่าความผิดพลาดมักเกิดจากพฤติกรรมของผู้ขับขี่เป็นหลัก ดังนั้น หลักแนวคิดของวิถีแห่งระบบที่ปลอดภัยจึงถือได้ว่าเป็นการปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ในการจัดการความปลอดภัยทางถนน การจัดการการขนส่งทางถนน การออกแบบถนน และการจัดการจราจร (กรมทางหลวงชนบท, 2562)

อุบัติเหตุทางถนนแม้เป็นเหตุการณ์แบบสุ่ม แต่สำหรับบริเวณอันตรายที่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นซ้ำ ๆ ย่อมแสดงว่ามีความความบกพร่องหรือเสื่อมสภาพของปัจจัยถนนและสภาพแวดล้อม ผู้ใช้ทาง และยานพาหนะ จนนำไปสู่การชนที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ ที่เดิมอยู่บ่อยครั้ง ที่อาจมาจากปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งหรือหลายปัจจัยรวมกัน ดังนั้น หากทราบปัจจัยที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้งและปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน การจัดการกับปัจจัยดังกล่าว จึงเป็นการจัดการที่มีประสิทธิภาพและสามารถขยายผลได้ในหลายพื้นที่ที่มีลักษณะคล้ายกัน ซึ่งวิธีการหนึ่งในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนทำได้โดยการพัฒนาแบบจำลองทางสถิติด้านความปลอดภัยทางถนน (Eboli และ Mazzulla, 2007)

จากที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อวิเคราะห์ปัญหาและเสนอแนวทางการปรับปรุงความปลอดภัยทางถนนของบริเวณอันตรายเชิงพื้นที่ อีกทั้งวิเคราะห์หาปัจจัยเชิงระบบที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนด้วยแบบจำลองทางสถิติ โดยพิจารณาบนหลักการถนนที่ปลอดภัยตามวิถีแห่งระบบที่ปลอดภัย และเลือกจังหวัดภูเก็ตเป็นกรณีศึกษา เนื่องจากจังหวัดภูเก็ตมีอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนน 44.02 ต่อแสนประชากร (กรมควบคุมโรค, 2020) ซึ่งสูงเป็นอันดับต้น ๆ ของเมืองท่องเที่ยวในประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 3 ประการหลัก ประกอบด้วย

1) เพื่อทบทวนทฤษฎีมาตรการและแนวทางปฏิบัติของการปรับปรุงความปลอดภัยด้านถนนบริเวณอันตราย
2) เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงความปลอดภัยด้านถนนบริเวณอันตรายเชิงพื้นที่ของกรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต โดยใช้กระบวนการการจัดการบริเวณอันตราย
3) เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยทางถนนที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนเชิงระบบของพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ต โดยการพัฒนาแบบจำลองทางสถิติ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้กำหนดขอบเขตการศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.3.1 พื้นที่ศึกษา

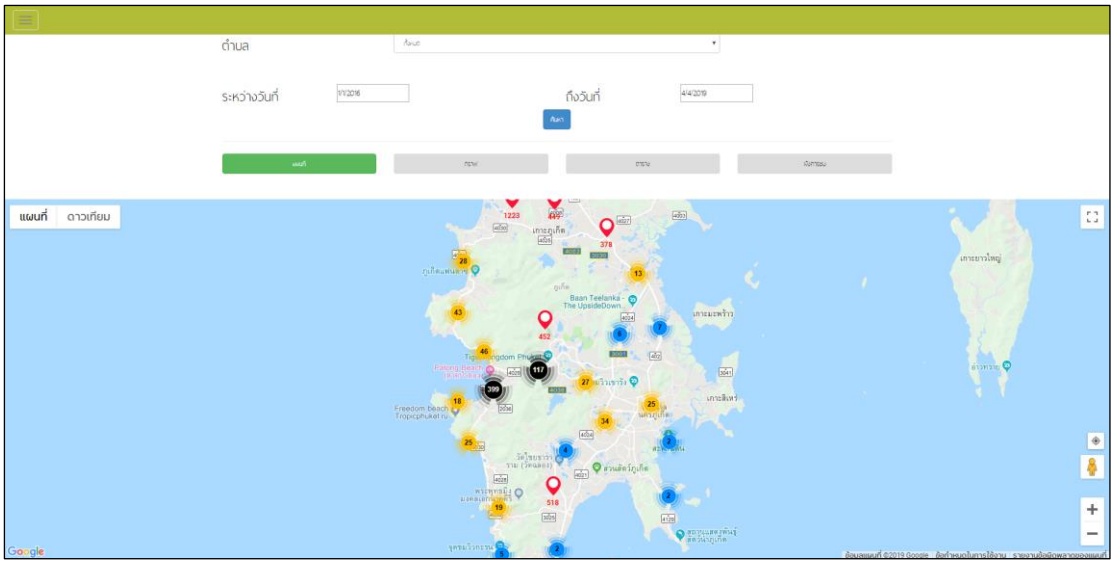
งานวิจัยนี้ได้กำหนดให้จังหวัดภูเก็ตเป็นพื้นที่กรณีศึกษา จึงศึกษาเฉพาะข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนที่เกิดขึ้นในจังหวัดภูเก็ตเท่านั้น

1.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการระบุตำแหน่งและข้อมูลอุบัติเหตุ

การศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้แอปพลิเคชัน ATRANS Safety Map ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการบันทึกตำแหน่งและรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนอย่างละเอียด (สมาคมวิจัยวิทยาการขนส่งแห่งเอเชีย หรือ ATRANS, 2563) ซึ่งเหมาะกับงานวิจัยนี้ที่ต้องการทราบตำแหน่งบริเวณอันตราย อีกทั้งต้องการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น ดังนั้น ข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนที่นำมาใช้ในการศึกษานี้ใช้เพียงข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนที่รายงานโดยเจ้าหน้าที่ตำรวจในพื้นที่จังหวัดภูเก็ตและบันทึกลงในฐานข้อมูลของ ATRANS Safety Map ระหว่าง 1 มกราคม พ.ศ. 2560 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2562 เท่านั้น โดยมีตัวอย่างหน้ารายงานบริเวณอันตรายของแอปพลิเคชันดังแสดงในรูปที่ 1-1

1.3.3 การวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน

การศึกษานี้ได้วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน โดยการพัฒนาแบบจำลองทางสถิติ ซึ่งได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model หรือ SEM) และสร้างตัวแปรแฝงด้วยการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis หรือ CFA) ตามแนวทางการศึกษาในอดีตของ Eboli และ Mazzulla (2007)



ที่มา: www.atrans-safety.com/safetymap/index.html

รูปที่ 1-1 ตัวอย่างหน้ารายงานบริเวณอันตรายในจังหวัดภูเก็ตของ ATRAN Safety Map

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษานี้ ประกอบด้วย 2 ด้าน มีดังนี้

1) ประโยชน์ทางด้านวิชาการ

- ได้ทราบถึงแนวทางและมาตรการปรับปรุงความปลอดภัยด้านถนนบริเวณอันตราย

2) ประโยชน์ทางด้านการปฏิบัติ

- ได้ทราบปัญหาและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงบริเวณอันตรายในเชิงพื้นที่ 5 อันดับแรกของพื้นที่ศึกษาได้อย่างมีประสิทธิผล เพื่อเป็นแนวทางให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำไปปรับใช้กับบริเวณอันตรายดังกล่าว
- ได้ทราบปัจจัยด้านถนนที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนของพื้นที่ศึกษาในเชิงระบบเพื่อเป็นข้อมูลให้หน่วยงานทางให้ความสำคัญกับปัจจัยดังกล่าวต่อการออกแบบและกำหนดมาตรการป้องกันอุบัติเหตุทางถนน

บทที่ 2
งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและทบทวนทั้งงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 ส่วน ประกอบด้วย งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขบริเวณอันตราย งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองด้านความปลอดภัยทางถนน วิถีแห่งระบบที่ปลอดภัย ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการการแก้ไขบริเวณอันตราย แนวทางการปรับปรุงความปลอดภัยบริเวณอันตราย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขบริเวณอันตราย

ทวี (2550) ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการหาจุดอันตรายบนทางพิเศษ โดยใช้การหาจุดอันตรายด้วยวิธีอัตราการเกิดอุบัติเหตุ (Accident Rate Method) ในการจัดลำดับของจุดอันตรายบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษฉลองรัช (ทางด่วนสายรามอินทรา - อาจณรงค์) และใช้ข้อมูลอุบัติเหตุและปริมาณจราจรและลักษณะทางกายภาพถนน จากการวิเคราะห์ ผู้วิจัยสรุปว่าอุบัติเหตุส่วนใหญ่มักจะเกิดบริเวณทาง โค้ง ทางแยกต่างระดับที่มีรัศมีแคบ และมีความลาดชัน

วัฒนวงค์ ชิษณุ และชยพล (2550) ได้ศึกษาหาจุดอันตรายบนถนนรามอินทราและถนนแจ้งวัฒนะ โดยใช้วิธีอัตราการเกิดอุบัติเหตุวิกฤต (Critical Crash Rate Method) ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลอุบัติเหตุและปริมาณจราจร ปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2547 ผู้วิจัยได้ศึกษาโดยแบ่งช่วงถนนทุก ๆ 100 เมตร หลังจากการวิเคราะห์แล้วผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาเปรียบเทียบเพื่อจัดลำดับความสำคัญ โดยคำนวณหาค่าอัตราส่วนระหว่าง Crash Rate และ Critical Crash Rate (Dangerous Factor หรือ DF) ซึ่งจุดใดที่มีค่า DF มากกว่า 1.0 จะถูกจัดให้เป็นจุดอันตราย

วิศว์ และสันติภาพ (2553) ได้ศึกษาทางต่างระดับเชื่อมต่อถนนนครอินทร์กับถนนกาญจนาภิเษกด้านตะวันตก โดยใช้ดัชนีชี้วัดความปลอดภัยทางถนน (Road Safety Index หรือ RSI) ของกรมทางหลวงชนบท พบว่า ค่าดัชนีชี้วัดมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ ซึ่งถือว่าบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณอันตรายมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ และได้เสนอแนวทางการปรับปรุงแบ่งเป็น 4 ส่วนหลัก คือ 1) ติดตั้งป้ายเตือนทางโค้งอันตราย 2) ติดตั้งป้ายเตือนลดความเร็ว ทาสี 60 กม./ชม. บนพื้นทาง ติดตั้งป้ายเตือนลดความเร็วแบบแขวน และติดตั้งป้ายจำกัดความเร็ว 3) ปรับปรุงแนวทางโค้งให้มองเห็นชัดเจน และ 4) การเพิ่มความฝืด (Skid resistant) ของผิวทาง

วุฒิพงษ์ และประสิทธิ์ (2554) ได้เสนอการบ่งชี้จุดอันตรายบนถนนทางหลวงในประเทศไทย ด้วยวิธีอัตราการเกิดอุบัติเหตุวิกฤต (Critical Crash Rate Method) โดยพัฒนาโปรแกรมที่ใช้งานบนโปรแกรม ArcGIS 9.2 เพื่อนำมาวิเคราะห์หาจุดอันตรายบนทางหลวงในประเทศไทย ซึ่งผลการศึกษาสามารถจัดลำดับจุดอันตราย 5 อันดับแรก และประเภททางหลวงที่มีระดับความเสี่ยงตามค่า Critical Crash Rate 5 อันดับ

ศิริธงชัย (2558) ได้ใช้วิธีความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุ (Accident Frequency Method) ร่วมกับวิธีความรุนแรงของอุบัติเหตุ (Accident Severity Method) ในการบ่งชี้บริเวณอันตรายทั้ง 11 ตำแหน่ง จากการลงพื้นที่สำรวจและศึกษาบริเวณอันตรายทั้งหมด สามารถพิจารณาประเด็นปัญหาออกเป็น 8 กลุ่ม ประกอบด้วย แนวทางและรูปตัดของถนน ลักษณะทั่วไปของทางแยก การระบายน้ำ ป้ายจราจร เครื่องหมายจราจรและเครื่องหมายนำทาง สภาพอันตรายข้างทาง พื้นถนน และไฟฟ้าแสงสว่าง จึงได้ให้ข้อเสนอแนะแก่หน่วยงานที่รับผิดชอบตามประเด็นปัญหา ดังนี้ ติดตั้งป้ายเตือนความเร็วและติดตั้งเส้นชะลอความเร็ว เพื่อเตือนผู้ขับขี่ให้ลดความเร็ว ทำความสะอาดช่องระบายน้ำ กำจัดวัชพืชที่อุดตันทางน้ำ ปรับปรุงป้ายจราจรให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน ปรับปรุงเส้นแบ่งช่องจราจรให้ชัดเจน ติดตั้งราวกันอันตรายแบบเหล็กปิดบริเวณช่องของท่อลอดระบายน้ำ ซ่อมแซมผิวทางที่ชำรุดพร้อมทั้งปรับผิวทางให้เรียบ และซ่อมแซมไฟฟ้าส่องสว่างให้อยู่ในสภาพดีพร้อมใช้งาน

Dhruvit และ Pranay (2016) ได้บ่งชี้จุดอันตรายบนถนนทางหลวงหมายเลข 5 ช่วง Halol-Godhra ในประเทศอินเดีย 10 อันดับ โดยใช้วิธี Quantum of road crash และ Weight age value จากนั้นยกตัวอย่างการวิเคราะห์บริเวณอันตรายอันดับแรก โดยการศึกษาจากข้อมูลการจราจรและข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนโดยเฉพาะแผนผังการชน (Collision Diagram) ซึ่งผลการศึกษาได้เสนอแนวทางป้องกันและปรับปรุงบริเวณอันตรายดังกล่าว

งานวิจัยที่ผ่านมามีการใช้วิธีการบ่งชี้บริเวณอันตรายที่แตกต่างกันไปตามความเหมาะสมของข้อมูลอุบัติเหตุหรือข้อมูลปริมาณการจราจรที่มี ส่วนการวิเคราะห์บริเวณอันตรายเพื่อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงนั้น มีทั้งการวิเคราะห์โดยประยุกต์ใช้แผนผังการชนจากข้อมูลอุบัติเหตุและไม่ใช้ข้อมูลอุบัติเหตุ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์โดยใช้ประสบการณ์ของผู้ประเมินหรือวิศวกรเป็นหลัก ซึ่งในการศึกษานี้ต้องการนำเสนอแนวทางในการวิเคราะห์และเสนอแนะมาตรการปรับปรุงความปลอดภัยด้านถนนโดยจำแนกตามลักษณะการชนเป็นหลัก

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองด้านความปลอดภัยทางถนน

2.2.1 งานวิจัยด้านแบบจำลองความปลอดภัยทางถนนในต่างประเทศ

Salifu (2004) ได้ศึกษาอุบัติเหตุบริเวณทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจรในเขตเมือง โดยศึกษาจากทางแยก 5 ทางแยก ที่มีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนี้ (1) ทางแยกรูปตัว T ที่มีช่องจราจรทั้งบนถนนสายหลักและสายรอง 1 ช่อง (2) ทางแยกรูปตัว T ที่มีช่องจราจรบนถนนสายหลัก 2 ช่อง และสายรอง 1 ช่อง (3) ทางแยกรูปตัว X ที่มีช่องจราจรทั้งบนถนนสายหลักและสายรอง 2 ช่องจราจร (4) ทางแยกรูปตัว X ที่มีช่องจราจรบนถนนสายหลัก 2 ช่อง และสายรอง 1 ช่อง โดยใช้แบบจำลองเชิงเส้นโดยนัยทั่วไป (Generalized Linear Models) ในการวิเคราะห์ ซึ่งมีปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย มี/ไม่มีทางม้าลาย มี/ไม่มีเกาะกลางบนถนนสายรอง มี/ไม่มีแสงไฟบนถนน มี/ไม่มีการเลี้ยวซ้ายไปถนนสายหลัก มี/ไม่มีเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางของถนนสายรอง มี/ไม่มีเกาะกลางบนถนนสายหลัก และจำนวนช่องจราจรบนถนนสายหลัก

Hong (2005) ได้ศึกษาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุบนถนนทางหลวงในเขตเมือง โดยได้จำแนกถนน ดังนี้ ถนนสองช่องจราจร ถนนมากกว่าสองช่องจราจรที่มีเกาะกลางและไม่มีเกาะกลาง โดยการศึกษานี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูล 3 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2001 ถึง ปี ค.ศ. 2003 ส่วนปัจจัยที่ใช้ในการศึกษานี้ ประกอบด้วย ปริมาณการจราจร มี/ไม่มีเกาะกลางถนน จำนวนช่องจราจร จำนวนทางแยก จำนวนทางเชื่อม และจำนวนสัญญาณไฟของคนเดินเท้า ส่วนการวิเคราะห์ใช้แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Model) ซึ่งผลการศึกษา พบว่า จำนวนทางแยกและจำนวนสัญญาณไฟของคนเดินเท้าเป็นปัจจัยที่มีผลต่อแบบจำลองให้ค่าไปในทิศทางเดียวกับความเป็นจริงและยังให้ค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริง

Reurings และ Janssen (2007) ได้ศึกษาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุบนช่วงถนนทั้งในเขตเมืองและนอกเมือง การศึกษานี้ใช้ปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ ความยาวของถนน จำนวนเนินชะลอความเร็ว จำนวนทางเชื่อม ประเภทยานพาหนะที่อนุญาต สิ่งอำนวยความสะดวกแก่รถจักรยานและรถจักรยานยนต์ พื้นผิวของถนน พื้นที่สำหรับจอดรถ และประเภทของเครื่องหมายจราจรบนขอบถนน โดยการวิเคราะห์ใช้ทั้งแบบจำลองการถดถอยพัวซอง (Poisson Regression Model) และแบบจำลองการถดถอยทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Regression Model) เพื่อนำผลการศึกษาจากทั้ง 2 แบบจำลองมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งผลการศึกษา พบว่า แบบจำลองทั้ง 2 แบบให้ผลการวิเคราะห์อุบัติเหตุในเขตเมืองมีค่าจำนวนคาดการณ์อุบัติเหตุใกล้เคียงกัน ส่วนการวิเคราะห์อุบัติเหตุเขตนอกเมืองมีผลการวิเคราะห์ใกล้เคียงเช่นเดียวกัน แต่แบบจำลองการถดถอยทวินามเชิงลบให้ค่าจำนวนคาดการณ์อุบัติเหตุมากกว่าแบบจำลองการถดถอยพัวซองเล็กน้อย

Mustakim และ Fujita (2011) ได้ศึกษาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุบนช่วงถนนนอกเขตเมืองและได้เก็บรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุตลอด 4 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2004 ถึง ปี ค.ศ. 2007 โดยมีพื้นที่ศึกษาเป็นระยะทาง 32 กิโลเมตรและได้แบ่งช่วงถนนออกเป็นช่วงละ 1 กิโลเมตร จากนั้นได้ประยุกต์ใช้แบบจำการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Model) มาวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี จำนวนทางเชื่อม สัญญาณไฟจราจร ค่าน้ำหนักอุบัติเหตุ ความเร็วจำกัด ช่องว่างระหว่างยานพาหนะ จำนวนรถจักรยานยนต์ และจำนวนรถยนต์ ซึ่งผลการศึกษา พบว่า แบบจำลองมีความเหมาะสมกับตัวแปรอิสระหรือปัจจัยที่นำมาศึกษาเป็นอย่างมาก

Rahman (2012) ได้ศึกษาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุบริเวณทางแยกในเมืองดาการ์ ประเทศบังกลาเทศ โดยการศึกษานี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุ 5 ปีย้อนหลัง จากบริเวณทางแยกทั้งหมด 25 แยก ส่วนการวิเคราะห์ใช้แบบจำลองทั้งแบบวิธีเอ็มพิริคัล (Empirical Bayesian Method) แบบจำลองพัวซอง (Poisson’s Model) และแบบจำลองการแจกแจงทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Model) ส่วนปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ ประกอบด้วย ความกว้างช่องจราจรและจำนวนจุดตัดของบริเวณทางแยก ซึ่งผลปรากฏว่า แบบจำลองพัวซอง (Poisson’s Model) เป็นแบบจำลองที่ให้ค่าแม่นยำที่สุด

Eboli และ Mazzulla (2015) ได้ศึกษาอุบัติเหตุที่เกิดในปี ค.ศ.2003 ของจังหวัดโคเซนซา ประเทศอิตาลี มีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 1,880 ข้อมูล นำมาวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model) และได้กำหนดตัวแปรที่ต้องการศึกษา ดังนี้ ลักษณะของจุดเกิดเหตุ ประเภทของถนน เครื่องหมายจราจร การเดินรถทางเดียวหรือไม่ สภาพอากาศ สภาพผิวทาง ช่วงอายุของผู้ขับขี่ เพศของผู้ขับขี่ อายุของใบขับขี่ การคาดเข็มขัดนิรภัย และมีอาการมึนเมาขณะขับขี่หรือไม่

Jadaan, Alkhaledi และ Najjar (2016) ได้พัฒนาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุทั้งประเทศโดยใช้ทั้งแบบจำลองโครงข่ายประสาทประดิษฐ์ (Artificial Neural Network, ANN) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Model) การศึกษานี้ได้รวบรวมข้อมูลตลอด 25 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 ถึง ปี ค.ศ. 2015 โดยมีตัวแปรอิสระหรือปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ ดังนี้ จำนวนยานพาหนะที่ถูกต้อง (Registered Vehicles) ความยาวของถนนลาดยาง (Length of Paved Road) ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) รายได้มวลรวมประชาชาติ (GNI) จำนวนประชากร (Number of Population) จำนวนผู้ที่อาศัย (Number of Arrived) และจำนวนผู้ลี้ภัย (Number of Refugees) ซึ่งผลการศึกษา พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทประดิษฐ์ (ANN)

2.2.2 งานวิจัยด้านแบบจำลองความปลอดภัยทางถนนในประเทศไทย

ปฏิวัติ (2550) ได้ศึกษาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุบนช่วงถนนสองช่องจราจร โดยการศึกษานี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุระหว่าง ปี พ.ศ. 2547 ถึง พ.ศ. 2549 รวม 3 ปี เพื่อศึกษาหาตัวแปรตาม 3 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ และจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต โดยตัวแปรอิสระหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนอุบัติเหตุประกอบด้วย ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี ร้อยละของรถใหญ่ (รถบรรทุก) ความกว้างช่องจราจร ความกว้างไหล่ทาง ความเร็วออกแบบ องศาโค้งราบ ร้อยละทางลาดชัน ร้อยละของเขตแซง จำนวนทางเชื่อม และจำนวนทางแยก ส่วนการวิเคราะห์ใช้แบบจำลองการถดถอยพัวซอง (Poisson's Regression Model)

สุทธิชัย (2553) ได้ศึกษาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุบนทางหลวงพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางหลวงพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) โดยการศึกษานี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุ 5 ปี ระว่างปี พ.ศ. 2548 ถึง พ.ศ. 2552 เพื่อศึกษาหาตัวแปรตาม 5 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต จำนวนรายผู้เสียชีวิต และจำนวนรายผู้บาดเจ็บ โดยตัวแปรอิสระหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนการเกิดอุบัติเหตุ ประกอบด้วย ความกว้างช่องจราจร ความกว้างไหล่ทาง องศาโค้งราบ ร้อยละสะสมของทางลาดขึ้น ร้อยละสะสมของทางลาดลง จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร เป็น/ไม่เป็นช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ เป็น/ไม่เป็นช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางแยกต่างระดับ เป็น/ไม่เป็นช่วงกิโลเมตรหลังจากทางแยกต่างระดับ เป็น/ไม่เป็นช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก เป็น/ไม่เป็นช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก และปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี ส่วนการวิเคราะห์ส่วนการวิเคราะห์ใช้แบบจำลองการถดถอยทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Model)

เมษา (2555) ได้ศึกษาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชัน โดยการศึกษานี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุย้อนหลัง 6 ปี เพื่อศึกษาแบบจำลองและปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนผู้บาดเจ็บ และจำนวนผู้เสียชีวิต โดยตัวแปรอิสระหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนการเกิดอุบัติเหตุ ได้แก่ ปริมาณจราจร ลักษณะทางกายภาพของถนน ปัจจัยทางด้านกายภาพของถนน และปัจจัยด้านความลาดชันของช่วงถนนก่อนและหลังเกิดอุบัติเหตุ โดยใช้แบบจำลองการถดถอยพัวซอง (Poisson's Regression Model) แล้วทดสอบการกระจายของตัวแปรตอบสนอง (Overdispersion Test) ซึ่งพบว่า ตัวแปรตอบสนองมีการกระจายที่สูง (Overdispersion Effect) จึงส่งผลให้ข้อมูลอุบัติเหตุชุดนี้ไม่เหมาะสมกับการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองการถดถอยพัวซอง ดังนั้นจึงใช้แบบจำลองการถดถอยทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Regression Model) ซึ่งให้ค่าแบบจำลองได้แม่นยำกว่าวิธีวิเคราะห์แบบแรก

ชลัท (2557) ได้ศึกษาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุสำหรับทางหลวงที่มีการให้บริการจุดพักรถ โดยการศึกษานี้มีพื้นที่ศึกษาเป็นช่วงถนนระยะทาง 16 กิโลเมตรทั้งจากต้นทางและปลายทางของศูนย์บริการทางหลวง (จุดพักรถ) ทั้ง 4 แห่ง ซึ่งได้เก็บรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุตลอด 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ถึง ปี พ.ศ. 2555 ส่วนปัจจัยที่นำมาศึกษา ประกอบด้วย ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี (AADT) ร้อยละของปริมาณรถขนาดใหญ่ ปริมาณรถขนาดเล็กที่ใช้บริการจุดพักรถ ปริมาณรถขนาดใหญ่ที่ใช้บริการจุดพักรถ ปริมาณรถทุกประเภทที่ใช้บริการจุดพักรถ มี/ไม่มีการให้บริการจุดพักรถ และความกว้างเฉลี่ยของถนน โดยการวิเคราะห์จะใช้ทั้งแบบจำลองการถดถอยพัวซอง (Poisson Regression Model) และแบบจำลองการถดถอยทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Regression Model) ซึ่งผลการวิเคราะห์ พบว่า แบบจำลองการถดถอยพัวซองไม่มีความเหมาะสมกับชุดข้อมูล คือ เกิดการกระจายของตัวแปรมาก (Overdispersion) ดังนั้นจึงเลือกใช้แบบจำลองการถดถอยทวินามเชิงลบ

เกษม สมชาย และวิศณุ (2557) ได้ศึกษาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุบนถนนทางหลวงในประเทศไทย โดยอาศัยข้อมูลจากฐานข้อมูลสถิติอุบัติเหตุในรอบ 3 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 จนถึง ปี พ.ศ. 2556 บนทางหลวงสายทางทั้งประเทศของกรมทางหลวง ประกอบกับฐานข้อมูลด้านการจราจรและลักษณะทางกายภาพถนนของแต่ละช่วงสายทาง การศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้ทั้งแบบจำลองการถดถอยพัวซอง (Poisson Regression Model) และแบบจำลองการถดถอยทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Regression Model) เพื่อคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้น ซึ่งผลการศึกษา พบว่า แบบจำลองการถดถอยทวินามเชิงลบมีความเหมาะสมและถูกต้องกว่าแบบจำลองการถดถอยพัวซอง โดยตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ประกอบด้วย ความยาวช่วงสายทาง ปริมาณจราจร จำนวนช่องจราจร สายทางที่มีสะพานข้าม และลักษณะสายทางที่เป็นแนวราบ แนวดิ่ง ทางแยก และทางเชื่อม

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองด้านความปลอดภัยทางถนนข้างต้น สามารถสรุปปัจจัยและแบบจำลองทางสถิติที่ศึกษาได้ดังตารางที่ 2-1 ส่วนตารางที่ 2-2 เป็นการสรุปปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 2-1 สรุปงานวิจัยที่พัฒนาแบบจำลองและศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางถนน

ผู้วิจัย/เรื่องที่ศึกษา	ปัจจัยที่พิจารณาในแบบจำลอง	แบบจำลองที่ใช้
Salifu (2004) ศึกษาอุบัติเหตุบริเวณทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจรในเขตเมือง	- การมี/ไม่มีทางม้าลาย - การมี/ไม่มีเกาะกลางบนถนนสายรอง - การมี/ไม่มีแสงไฟบนถนน - การมี/ไม่มีการเลี้ยวซ้ายไปถนนสายหลัก - การมี/ไม่มีเส้นจราจรบนถนนสายรอง - การมี/ไม่มีMedian on major road - การจำนวนช่องจราจรบนถนนสายหลัก	- แบบจำลองเชิงเส้นโดยนัยทั่วไป (Generalized Linear Models)
Hong (2005) ศึกษาอุบัติเหตุในเขตเมืองโดยแบ่งตามประเภทของถนน	- ปริมาณการจราจร - การมี/ไม่มีเกาะกลางถนน - จำนวนช่องจราจร - จำนวนทางแยก - จำนวนทางเชื่อม - จำนวนสัญญาณไฟของคนเดินเท้า	- แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Model)
Reurings และ Janssen (2007) ศึกษาอุบัติเหตุบนช่วงถนนในเขตเมืองและนอกเมือง	- ความยาวของถนน - จำนวนเนินชะลอความความเร็ว - จำนวนทางเชื่อม - สิ่งอำนวยความสะดวกแก่รถจักรยานและรถจักรยานยนต์ - พื้นผิวของถนน - พื้นที่สำหรับจอดรถ	- แบบจำลองการถดถอยพัวซอง (Poisson Regression Model) - แบบจำลองการแจกแจงทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Model)
Mustakim และ Fujita (2011) ศึกษาอุบัติเหตุบนช่วงถนนนอกเมือง	- ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (AADT) - จำนวนทางเชื่อม - สัญญาณไฟจราจร - ค่าน้ำหนักอุบัติเหตุ - ความเร็วจำกัด - ช่องว่างระหว่างยานพาหนะ - จำนวนรถจักรยาน - จำนวนรถจักรยานยนต์	- แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Model)
Rahman (2012) ศึกษาอุบัติเหตุบริเวณทางแยกในเขตเมือง	- ความกว้างช่องจราจร - จำนวนจุดตัดของทางแยก	- วิธีเอ็มพิริคัล (Empirical Bayesian Method) - แบบจำลองการถดถอยพัวซอง (Poisson Regression Model) - แบบจำลองการแจกแจงทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Model)

ตารางที่ 2-1 สรุปการศึกษาแบบจำลองและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางถนน (ต่อ)

ผู้วิจัย/เรื่องที่ศึกษา	ปัจจัยที่พิจารณาในแบบจำลอง	แบบจำลองที่ใช้
Eboli และ Mazzulla (2015)	- ลักษณะของจุดเกิดเหตุ - ประเภทของถนน - เครื่องหมายจราจร - การเดินรถทางเดียวหรือไม่ - สภาพอากาศ - สภาพผิวทาง - ช่วงอายุของผู้ขับขี่ - เพศของผู้ขับขี่ - อายุของใบขับขี่ - การคาดเข็มขัดนิรภัย - การมี/ไม่มีอาการมึนเมา	- แบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model)
Jadaan, Alkhaledi และ Najjar (2016) ศึกษาอุบัติเหตุทั้งประเทศ	- จำนวนยานพาหนะที่จดทะเบียน - ความยาวของถนนลาดยาง - ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) - รายได้มวลรวมประชาชาติ (GNI) - จำนวนประชากร - จำนวนผู้อยู่อาศัยในพื้นที่ - จำนวนผู้ลี้ภัย	- แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network Model) - แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Model)
ปฏิวัติ (2550) ศึกษาอุบัติเหตุบนถนนสองช่องจราจรในเขตเมือง	- ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี (AADT) - ปริมาณการใช้รถ - ร้อยละของรถหนัก - ความกว้างช่องจราจร - ความกว้างไหล่ทาง - ความเร็วออกแบบ - องศาโค้งราบ - ร้อยละทางลาดชัน - ร้อยละของเขตห้ามแซง - จำนวนทางเชื่อม - จำนวนทางแยก	- แบบจำลองการถดถอยพัวซอง (Poisson Regression Model)
สุทธิชัย (2553) ศึกษาอุบัติเหตุบนทางด่วน	- ความกว้างช่องจราจร - ความกว้างไหล่ทาง - องศาโค้งราบ - ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวขึ้น - ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวลง - จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร - การเป็น/ไม่เป็นช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ - การเป็น/ไม่เป็นช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางแยกต่างระดับ - การเป็น/ไม่เป็นช่วงกิโลเมตรหลังจากทางแยกต่างระดับ	- แบบจำลองการถดถอยทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Regression Model)

ตารางที่ 2-1 สรุปการศึกษาแบบจำลองและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางถนน (ต่อ)

ผู้วิจัย/เรื่องที่ศึกษา	ปัจจัยที่พิจารณาในแบบจำลอง	แบบจำลองที่ใช้
	- เป็น/ไม่เป็นช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก - เป็น/ไม่เป็นช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก - ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (AADT)	
เมษา (2555) ศึกษาอุบัติเหตุบนช่วงถนนที่ลาดชัน	- ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี (AADT) - สัดส่วนรถหนัก - ความเร็วออกแบบสูงสุด - รัศมีโค้งราบต่ำสุด - จำนวนช่องจราจร - จำนวนโค้งราบต่อกิโลเมตร - จำนวนโค้งดิ่งต่อกิโลเมตร - ความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนน - ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน - ระยะเปลี่ยนแปลงแนวทางดิ่ง - ความลาดชันก่อนหน้าช่วงถนน 100 ม. ถึง 500 ม. - ความลาดชันหลังช่วงถนน 100 ม. ถึง 500 ม.	- แบบจำลองการถดถอยพัวซอง (Poisson Regression Model) - แบบจำลองการถดถอยทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Regression Model)
ชลัท (2557) ศึกษาอุบัติเหตุบนถนนทางหลวงที่มีการให้บริการจุดพักรถ	- ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี (AADT) - ร้อยละของปริมาณรถขนาดใหญ่ - ปริมาณรถขนาดเล็กที่ใช้บริการจุดพักรถ - ปริมาณรถขนาดใหญ่ที่ใช้บริการจุดพักรถ - ปริมาณรถทุกประเภทที่ใช้บริการจุดพักรถ - มี/ไม่มีการให้บริการจุดพักรถ - ความกว้างเฉลี่ยของถนน	- แบบจำลองการถดถอยพัวซอง (Poisson Regression Model) - แบบจำลองการถดถอยทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Regression Model)
เกษม (2557) ศึกษาอุบัติเหตุบนถนนทางหลวง	- ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี (AADT) - จำนวนช่องจราจร - ปริมาณรถบรรทุก (1 <2,500 คันต่อวัน /0 อื่น ๆ) - ลักษณะสายทางที่เป็นแนวราบ (1 โค้ง/0 ตรง) - ลักษณะสายทางที่เป็นแนวดิ่ง (1 ลาดชัน/0 ราบ) - ลักษณะสายทางที่เป็นทางแยก (1 ทางแยก/0 ไม่) - ลักษณะสายทางที่เป็นทางเชื่อม (1 ทางเชื่อม/0 ไม่) - สายทางที่มีสะพานข้าม (1 มี/0 ไม่มี)	- แบบจำลองการถดถอยพัวซอง (Poisson Regression Model) - แบบจำลองการถดถอยทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Regression Model)

ที่มา: สรุปโดยผู้วิจัย

งานวิจัยที่ผ่านมามีวิธีการพัฒนาแบบจำลองที่แตกต่างกันไปตามความเหมาะสมของข้อมูลที่นำมาศึกษา อย่างไรก็ตามปัจจัยที่มีนัยสำคัญสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) ปัจจัยด้านถนน 2) ปัจจัยด้านข้อมูลการจราจร และ 3) ปัจจัยด้านข้อมูลผู้ขับขี่ ซึ่งในการศึกษานี้ต้องการศึกษาเฉพาะด้านถนนเป็นหลักตามแนวทางถนนที่ปลอดภัย ภายใต้วิถีแห่งระบบที่ปลอดภัย (Safe System Approach) ซึ่งรายละเอียดกล่าวในหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 2-2 สรุปปัจจัยที่นำมาพัฒนาแบบจำลองความปลอดภัยทางถนน

ปัจจัย		Salifu (2004)	Hong *et al.* (2005)	Reurings *et al.* (2007)	Mustakim *et al.* (2011)	Rahman (2012)	Eboli *et al.* (2015)	Jadaan *et al.* (2016)	ปฏิวัติ (2550)	สุทธิชัย (2553)	เมษา (2555)	ชัชท (2557)	เกษม (2557)
ก) ช่องจราจร/ไหล่ทาง	ก.1 จำนวนช่องจราจร	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	✓
	ก.2 ความกว้างช่องจราจร	-	-	-	-	✓	-	-	✓	✓	-	✓	-
	ก.3 ความกว้างไหล่ทาง	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	-	-	-
ข) ทางแยก/ทางเชื่อม	ข.1 จำนวนทางแยก	-	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	-	-	-	✓
	ข.2 จำนวนทางเชื่อม	-	✓	✓	✓	-	-	-	✓	✓	-	-	✓
	ข.3 ทางแยกต่างระดับ	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-
	ข.4 สัญญาณไฟจราจร	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-
ค) ข้อมูลจราจร	ค.1 ปริมาณรถเฉลี่ยต่อวัน	-	✓	-	✓	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓
	ค.2 ปริมาณรถจำแนกประเภท	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	✓	✓
	ค.3 ความเร็ว	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	✓	-	-
ง) ลักษณะกายภาพ	ง.1 ประเภทของถนน	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-
	ง.2 ความยาวของถนน	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	-	-
	ง.3 เกาะกลาง	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ง.4 แนวทางราบ/ดิ่ง	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓		✓
จ) อุปกรณ์เสริมความปลอดภัย	จ.1 ไฟฟ้าแสงสว่าง	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	จ.2 ป้ายจราจร	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	จ.3 เครื่องหมายจราจร/นำทาง	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-
	จ.4 ทางข้ามสำหรับคนเดินเท้า	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	จ.5 สัญญาณไฟสำหรับคนเดินเท้า	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	จ.6 อุปกรณ์สำหรับรถจักรยานยนต์	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	จ.7 อุปกรณ์สำหรับรถจักรยาน	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ฉ) ผิวทาง	ฉ.1 สภาพผิวถนน	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	-
ช)ข้อมูลผู้ขับขี่	ช.1 อายุ/เพศ	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-
	ช.2 มีอาการเมา	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-
ซ) อื่น ๆ	ซ.1 พื้นที่สำหรับจอดรถ	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ซ.2 บริการจุดพักรถ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	ซ.3 ร้อยละเขตห้ามแซง	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-

หมายเหตุ ✓ ที่มีการพิจารณา - ที่ไม่มีการพิจารณา

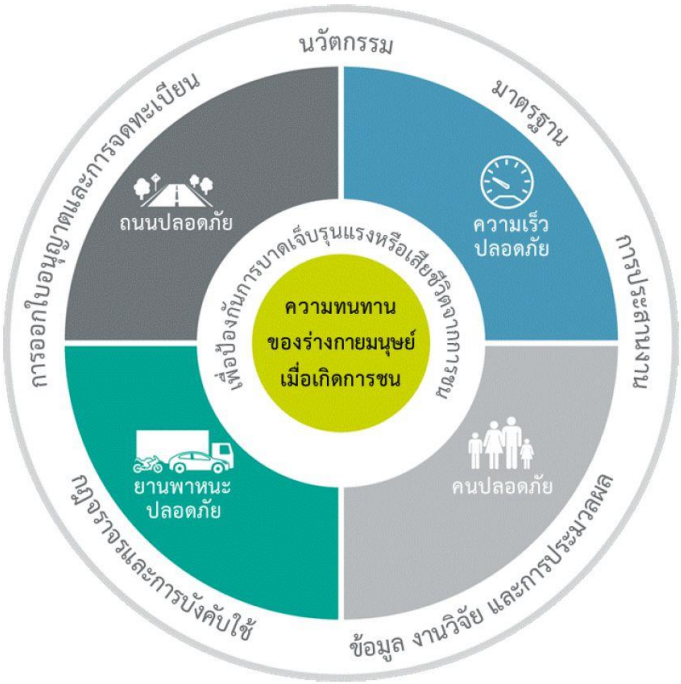
ที่มา: สรุปโดยผู้วิจัย

2.3 วิถีแห่งระบบที่ปลอดภัย

วิถีแห่งระบบที่ปลอดภัย (Safe System Approach) เป็นการจัดการหรือออกแบบของระบบถนน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแรงจากการชนกระทำกับร่างกายของมนุษย์ และพยายามลดแรงจากการชนนั้นอยู่ในระดับที่มนุษย์ทนทานได้ โดยการจัดการกับความเร็ว น้ำหนัก และมุมของการชน เพื่อลดความรุนแรงของการบาดเจ็บอันเกิดจากอุบัติเหตุการชน (กรมทางหลวงชนบท, 2562) อีกทั้งยังเป็นหลักการสำคัญในการกำหนดแนวทางและทิศทางของนโยบายด้านความปลอดภัยทางถนน รวมถึงกรอบแนวทางสำหรับทศวรรษแห่งความปลอดภัยทางถนนที่ยึดหลักการดังกล่าว (กรมการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2554)

ระบบที่ปลอดภัย (Safe System) สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 2-1 ซึ่งกล่าวถึงองค์ประกอบหลัก 4 องค์ประกอบ (กรมทางหลวงชนบท, 2562) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ถนนและบริเวณข้างทางที่ปลอดภัย (Safe Road and Roadside) มุ่งเน้นมาตรการปรับปรุงโครงสร้างถนน เพื่อลดโอกาสการชนและลดความรุนแรงในการบาดเจ็บหากเกิดการชนได้
2) ความเร็วที่ปลอดภัย (Safe Speed) มุ่งเน้นการจัดการความเร็วในการเดินทางให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย ผ่านการให้ความรู้ กำหนดความเร็วจำกัดให้สอดคล้องกับสภาพถนน สร้างความมั่นใจว่าขีดจำกัดความเร็วตามกฎหมายและมีการบังคับใช้กฎหมายควบคุมความเร็ว
3) ยานพาหนะที่ปลอดภัย (Safe Vehicle) มุ่งเน้นมาตรการเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ยานพาหนะ เช่น ส่งเสริมนวัตกรรมความปลอดภัยในยวดยานที่ช่วยลดความเสี่ยงในการชนและลดความรุนแรงในการบาดเจ็บ การให้ข้อมูล สร้างความเข้าใจกับผู้ใช้ยานพาหนะให้เลือกซื้อเลือกใช้รถที่มีความปลอดภัย เป็นต้น
4) การใช้รถใช้ถนนของผู้ขับขี่ที่ปลอดภัย (Safe Road Use) มุ่งเน้นมาตรการความปลอดภัยที่เกี่ยวกับพฤติกรรมผู้ใช้รถใช้ถนน เช่น การประชาสัมพันธ์ ให้ความรู้ หรือบังคับใช้กฎหมาย เพื่อสร้างความตระหนักถึงสมรรถนะในการขับขี่ กฎระเบียบข้อบังคับ ความคาดหวังและพฤติกรรมการขับขี่ที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมจริงบนถนน รวมถึงการสร้างความเข้าใจในทุกภาคส่วนถึงความรับผิดชอบต่อความปลอดภัยทางถนนร่วมกัน

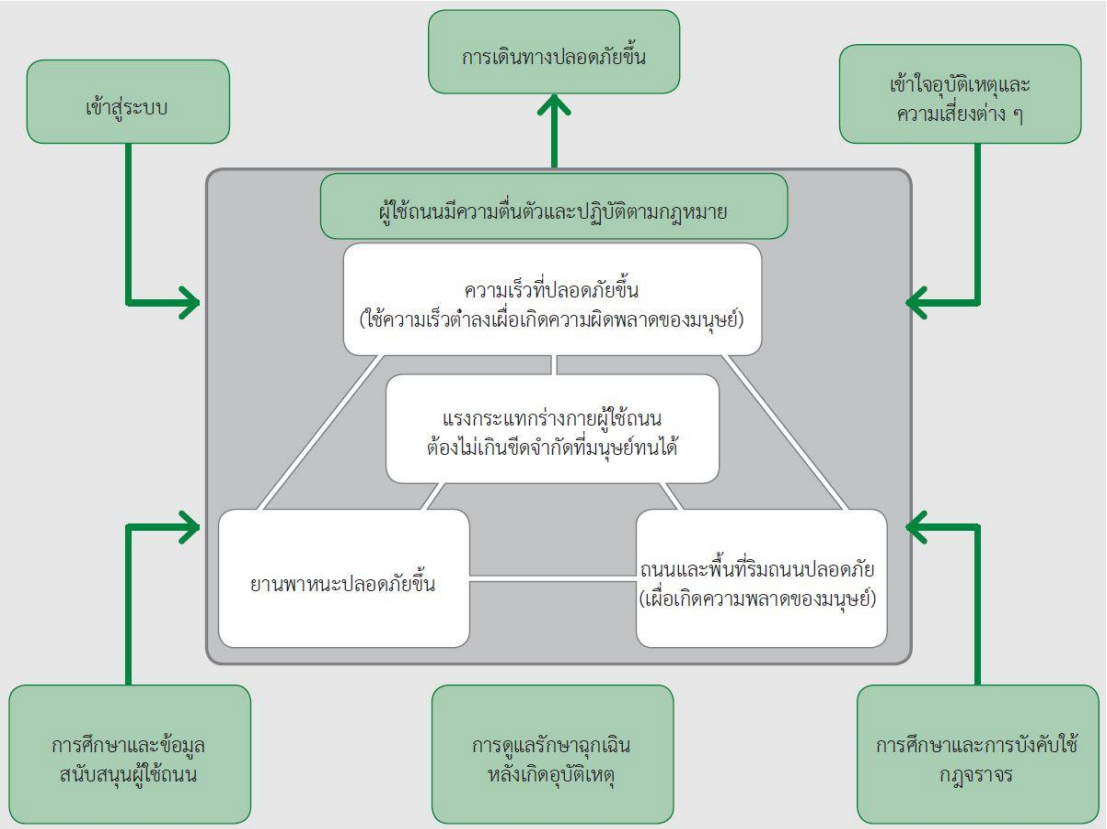


ที่มา: กรมทางหลวงชนบท (2562)

รูปที่ 2-1 องค์ประกอบของวิถีแห่งระบบที่ปลอดภัย

วิถีแห่งระบบที่ปลอดภัยได้เปลี่ยนแนวคิดด้านความปลอดภัยทางถนนจากการให้ความสำคัญกับการลดจำนวนอุบัติเหตุมาเป็นการลดอาการบาดเจ็บสาหัสและการเสียชีวิต โดยคำนึงถึงหลักการสำคัญดังแสดงแผนภาพในรูปที่ 2-2 สามารถสรุป (กรมทางหลวงชนบท, 2562) ดังนี้

- ข้อจำกัดในสมรรถภาพมนุษย์ มนุษย์อาจมีความผิดพลาด และมนุษย์มักมีนิสัยชอบเสี่ยง ดังนั้นระบบถนนที่ปลอดภัยต้องรองรับความผิดพลาดของมนุษย์
- ความทนทานของร่างกาย ร่างกายมนุษย์บอบบาง สามารถทนต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนได้จำกัดก่อนได้รับบาดเจ็บสาหัสหรือเสียชีวิต ดังนั้น ถนนที่ปลอดภัยต้องสามารถควบคุมพลังงานให้อยู่ในเกณฑ์ที่ร่างกายมนุษย์รับได้
- ความรับผิดชอบร่วมกัน (Shared Responsibility) ทุกภาคส่วนมีหน้าที่ต้องรับผิดชอบต่อความปลอดภัยบนถนนร่วมกัน เช่น ผู้ใช้ถนนต้องปฏิบัติตามกฎจราจรอย่างเคร่งครัด เลือกใช้ยานพาหนะที่ปลอดภัย เอื้อเฟื้อต่อผู้ร่วมทาง ในขณะที่ผู้ดูแลระบบต้องรับผิดชอบหน้าที่ในการวางแผน ออกแบบควบคุมและดำเนินการระบบให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้เช่นกัน
- ระบบถนนที่ให้อภัยผู้ใช้ (Forgiving Road System) เมื่อความผิดพลาดและการชนมีโอกาสเกิดขึ้นดังนั้น ถนนและอุปกรณ์ต้องรองรับความผิดพลาดและการชนที่เกิดขึ้น เพื่อป้องกันการบาดเจ็บสาหัสและเสียชีวิตจากการชน



ที่มา: WHO (2017) อ้างอิงใน องค์การอนามัยโลก (2560)

รูปที่ 2-2 รูปแบบของวิถีแห่งระบบที่ปลอดภัย

วิถีแห่งระบบที่ปลอดภัย (Safe System Approach) ที่ใช้ในปัจจุบันมีความแตกต่างจากวิถีการจัดการความปลอดภัยที่ใช้ในอดีตที่ผ่านมา ดังสรุปในตารางที่ 2-3

ในการดำเนินงานวิจัยนี้ได้ยึดแนวทางของวิถีแห่งระบบที่ปลอดภัย โดยนำมาประยุกต์ใช้กับมาตรการเพิ่มความปลอดภัยทางถนนเพื่อแก้ไขบริเวณอันตรายให้เกิดถนนที่ปลอดภัย (Safe roads) ซึ่งเป็นการแก้ไขในเชิงพื้นที่ (รายละเอียดอธิบายไว้ในบทที่ 4) ส่วนการแก้ในเชิงระบบจะใช้การพัฒนาแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน (รายละเอียดอธิบายไว้ในบทที่ 5)

ตารางที่ 2-3 ความแตกต่างระหว่างวิถีดั้งเดิมและวิถีแห่งระบบที่ปลอดภัย

ประเด็น	วิถีดั้งเดิม	วิถีแห่งระบบที่ปลอดภัย
การมองปัญหา	อุบัติเหตุ	การตายและการบาดเจ็บสาหัส
สาเหตุของปัญหา	ส่วนใหญ่มองเป็นความผิดพลาดจากผู้ขับขี่ ผู้ขับขี่ที่ไม่มีประสิทธิภาพ การใช้ความเร็วเกินกำหนด เมาแล้วขับ ขับขี่ประมาท พฤติกรรมเสี่ยง	ความผิดพลาดของทั้งระบบ
ผู้รับผิดชอบ	ผู้ใช้รถใช้ถนนแต่ละคน	ผู้ออกแบบและดำเนินการในระบบ ซึ่งวิถีแห่งระบบที่ปลอดภัยพึงตระหนักถึงความรับผิดชอบร่วมกัน
แนวทางการวางแผน	แนวทางที่เพิ่มขึ้นที่จะลดปัญหากับปัญหาอุบัติเหตุที่เหลืออยู่	แนวทางเกี่ยวกับระบบที่จะสร้างระบบถนนที่ปลอดภัยและลดความอันตราย
เป้าหมาย	ลดจำนวนผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บสาหัสตามเป้าที่ตั้งไว้	มุ่งไม่ให้เกิดการตายและบาดเจ็บสาหัส (Vision Zero)
สิ่งที่ต้องแลกเปลี่ยน	เน้นความสมดุลระหว่างการเคลื่อนที่ (Mobility) และความปลอดภัย (Safety)	เน้นการเคลื่อนตัวที่ปลอดภัยที่สุด (Safe Mobility)
ความพยายามในการทำงานร่วมกัน	หาแนวทางดำเนินการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุตามองค์ประกอบสาเหตุของอุบัติเหตุ (ถนน/ความเร็ว/ยานพาหนะ/ผู้ขับขี่) อย่างเป็นอิสระแยกออกจากกัน	หาแนวทางการดำเนินการแก้ไขปัญหาของทุกองค์ประกอบร่วมกัน (ถนน/ความเร็ว/ยานพาหนะ/ผู้ขับขี่) เพื่อชดเชยความผิดพลาดของกันและกัน
การแสดงออกทางวัฒนธรรม	วิถีดั้งเดิมเน้นการหลีกเลี่ยงและลดความเสี่ยงในการถูกดำเนินคดีทางกฎหมาย	วิถีแห่งระบบถนนที่ปลอดภัยเน้นการประเมินความเสี่ยง
แนวทางปรับปรุงแก้ไขทางถนน	เน้นการออกแบบตรงตามแบบมาตรฐาน	เน้นแนวทางแก้ไขที่ลดความรุนแรงหรือความสูญเสียที่เกิดขึ้น
แนวทางการดำเนินการ	เน้นการแก้ไขจุดเสี่ยงอันตราย	เน้นการแก้ไขจุดเสี่ยงและมาตรการปรับปรุงโครงข่ายหรือสายทางถนนในเชิงรุก การเปลี่ยนระบบ
มาตรการเพิ่ม	เน้นการให้ความรู้แก่ผู้ใช้ทางและการปฏิบัติตามกฎจราจร	เน้นสร้างถนนและสภาพแวดล้อมที่ให้อภัยแก่ผู้ใช้ทาง (Forgiving Road Environment)
เครื่องมือที่ใช้	ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุ ความเข้าใจเกี่ยวกับมูลเหตุของการอุบัติเหตุ และโอกาสการเกิดอุบัติเหตุ ปรับปรุงโครงข่ายถนนเพื่อรถยนต์	การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากองค์ประกอบการออกแบบโครงข่ายพร้อมทั้งข้อมูลสถิติอุบัติเหตุ ความเข้าใจเกี่ยวกับผลของการชนปรับปรุงโครงข่ายเพื่อผู้ใช้รถใช้ถนนทุกประเภท

ที่มา: กรมทางหลวงชนบท (2562)

2.4 การจัดการบริเวณอันตราย

การศึกษานี้ยึดหลักตามแนวทางถนนที่ปลอดภัย ภายใต้วิถีแห่งระบบที่ปลอดภัย (Safe System Approach) มาประยุกต์ใช้กับการจัดการบริเวณอันตราย (Black Spot Management) ซึ่งในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงนิยามของจุดอันตราย กระบวนการแก้ไขบริเวณอันตราย วิธีที่ใช้ในการบ่งชี้บริเวณอันตราย การวิเคราะห์รายละเอียดของบริเวณอันตราย การเสนอแนะมาตรการแก้ไขบริเวณอันตราย และการประเมินความคุ้มค่าของมาตรการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 นิยามของบริเวณอันตราย

บริเวณหรือจุดอันตราย (Black Spot) มีนิยามไว้มากมาย และในแต่ละประเทศก็มีนิยามของบริเวณอันตรายที่แตกต่างกันไป ดังสรุปในตารางที่ 2-4

ได้มีการศึกษาและสรุปค่าวิกฤตเพื่อกำหนดบริเวณอันตรายตามจำนวนที่เกิดอุบัติเหตุ โดยการจำแนกตามลักษณะบริเวณ โดยกำหนดให้บริเวณทางแยกมีค่าวิกฤต ดังแสดงในตารางที่ 2-5 ส่วนบริเวณที่ไม่ใช่ทางแยกมีค่าวิกฤต ดังแสดงในตารางที่ 2-6 หากในแต่ละบริเวณมีจำนวนอุบัติเหตุเกินกว่าค่าวิกฤตที่กำหนดจะจัดเป็นบริเวณอันตราย อย่างไรก็ตาม บริเวณทางแยก บริเวณทางโค้ง บริเวณสะพาน สามารถกำหนดบริเวณอันตรายได้ชัดเจนโดยพิจารณาจากลักษณะกายภาพและเกณฑ์ค่ากำหนดบริเวณอันตราย ดังที่นำเสนอในตารางที่ 2-5 และตารางที่ 2-6 ส่วนบริเวณช่วงถนนทางตรงได้มีผู้ศึกษาและแนะนำความยาวของการแบ่งช่วงถนน ดังตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-4 นิยามของบริเวณอันตราย

ประเทศ	นิยามของบริเวณอันตราย
เยอรมนี	ช่วงถนนยาว 300 เมตร ที่มีอุบัติเหตุมากกว่า 8 ครั้ง โดยเป็นอุบัติเหตุประเภทเดียวกันมากกว่า 3 ครั้ง
สหราชอาณาจักร	ช่วงถนนยาว 300 เมตร มีจำนวนอุบัติเหตุมากกว่า 12 ครั้ง ในรอบ 3 ปี
โปรตุเกส	ช่วงถนนยาว 200 เมตร ที่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นมากกว่า 5 ครั้ง
นอร์เวย์	ช่วงถนนยาว 100 เมตร มีอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บหรือเสียชีวิตมากกว่า 4 ราย
เบลเยียม	เกณฑ์เบื้องต้นคัดเลือกเฉพาะบริเวณที่มีอุบัติเหตุมากกว่า 3 ครั้ง ใน 3 ปี
ออสเตรเลีย (Austroad, 1997)	บริเวณที่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นซ้ำที่ตำแหน่งเดิมบ่อยครั้ง โดยอาจเป็นทางแยก ทางตรง ทางโค้ง หรือสะพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามบริเวณที่มีแนวโน้มหรือมีโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุสูง (โดยไม่มีประวัติการเกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง) ก็อาจพิจารณาเป็นบริเวณอันตรายได้
ไทย (สนข., 2548)	บริเวณบนโครงข่ายถนนที่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นบ่อยครั้ง ซึ่งเป็นจุดที่ควรได้รับการปรับปรุงแก้ไข เนื่องจากการที่อุบัติเหตุเกิดขึ้นที่จุดเดียวกันหลายๆ ครั้ง และหากมีลักษณะการเกิดที่คล้ายกัน มีความเป็นไปได้ ที่จะมีสาเหตุหนึ่งจากความบกพร่องของถนนและสภาพแวดล้อม

ที่มา: European Union Road Federation (2002) อ้างอิงใน สนข. (2551)

ตารางที่ 2-5 ค่ากำหนดบริเวณทางแยกอันตราย

บริเวณทางแยก	ค่ากำหนดบริเวณทางแยกอันตราย
สามแยก	เกิดอุบัติเหตุมากกว่า 5 ครั้ง
สี่แยก	เกิดอุบัติเหตุมากกว่า 6 ครั้ง
ห้าแยก	เกิดอุบัติเหตุมากกว่า 4 ครั้ง
ทางแยกอื่น ๆ	เกิดอุบัติเหตุมากกว่า 5 ครั้ง

หมายเหตุ: บริเวณทางแยกครอบคลุมถึงระยะ 100 เมตร ของทุกขาของทางแยก

ที่มา: สำนักอำนวยความปลอดภัย (2546) อ้างอิงใน สนข. (2551)

ตารางที่ 2-6 ค่ากำหนดบริเวณช่วงถนนอันตราย

บริเวณ	ค่ากำหนดบริเวณอันตราย
ทางตรง	เกิดอุบัติเหตุมากกว่า 4 ครั้ง
ทางโค้ง	เกิดอุบัติเหตุมากกว่า 3 ครั้ง
สะพาน	เกิดอุบัติเหตุมากกว่า 4 ครั้ง

หมายเหตุ: บริเวณทางโค้งครอบคลุมถึงระยะก่อนเข้าโค้งและออกจากโค้ง 50 เมตร

ที่มา: สำนักอำนวยความปลอดภัย (2546) อ้างอิงใน สนข. (2551)

ตารางที่ 2-7 ความยาวช่วงถนนในแต่ละประเทศ

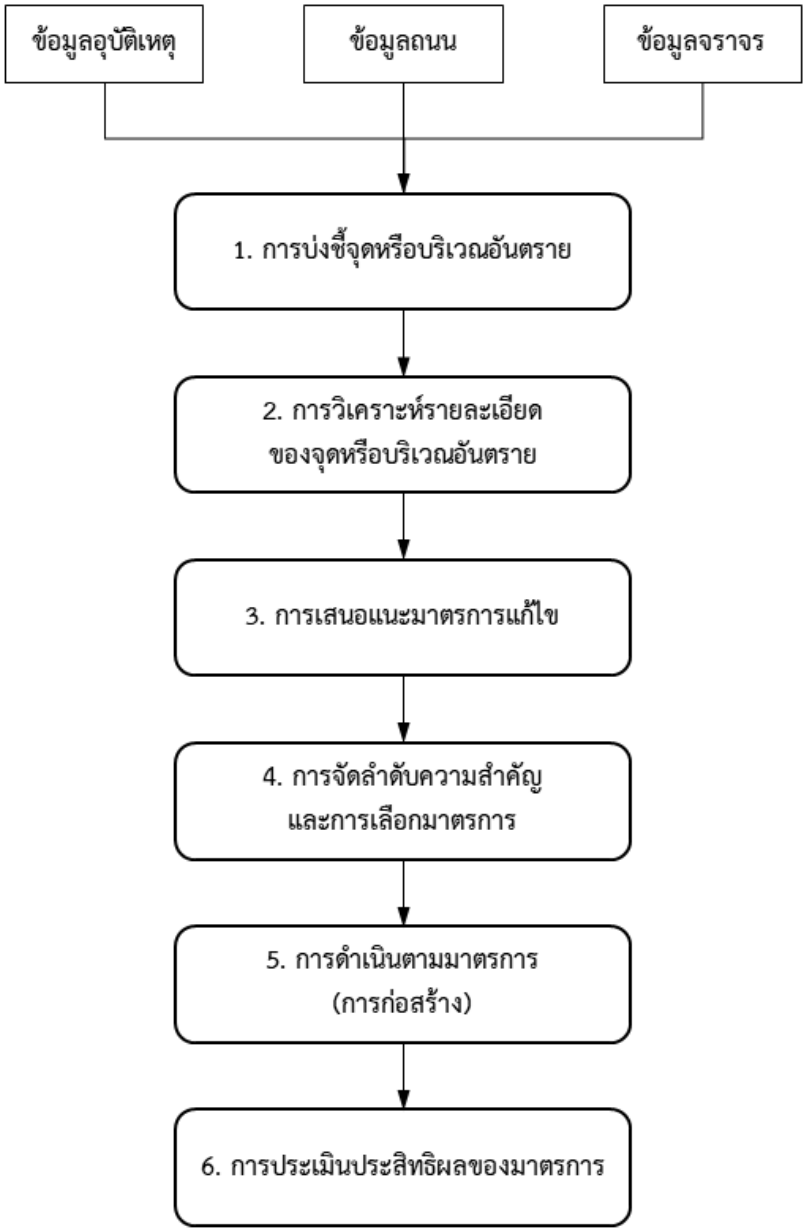
ประเทศ	ลักษณะถนน	ความยาว (กม.)	อ้างอิง
ออสเตรเลีย	-	ระหว่าง: 1-10	Ogden (1996)
แคนาดา	ถนนนอกเมือง	ค่าเฉลี่ย: 8	Persaud (1990)
เดนมาร์ก	ถนนสายหลักนอกเมือง	ระหว่าง: 2-10	Sorensen (2006, 2006a)
เดนมาร์ก	ถนนทางหลวง	ระหว่าง: 27-107	Mertner *et al*. (2006)
เดนมาร์ก	ถนนสายหลัก	ระหว่าง: 1-2	Thorson (1970)
ฟินแลนด์	ถนนสายหลัก	ระหว่าง: 20-50	European Commission (2003)
ฝรั่งเศส	ถนนสายหลักนอกเมือง	ระหว่าง: 10-60	Setra (2003)
เยอรมัน	ถนนสายหลักในเมือง/นอกเมือง	ระหว่าง: 0.5-10	GRTRA (2003)
นอร์เวย์	ถนนทางหลวง	ระหว่าง: 0.5-11	Ragnoy และ Elvik (2003)
สกอตแลนด์	ทั้งหมด	มากกว่า: 8.5	McGuigan (1982)
สวีเดน	ถนนสายหลัก	ระหว่าง: 10-50	European Commission (2003)
สหรัฐอเมริกา	ถนนสายรองนอกเมือง	ระหว่าง: 1-8	Hummer *et al.* (2003)
สหรัฐอเมริกา	-	ระหว่าง: 1.6-8	Kononov (2002)
สหรัฐอเมริกา	ถนนสายหลักในเมือง/นอกเมือง	5	Leur และ Sayed (2002)

ที่มา: Sorensen, 2007

2.4.2 กระบวนการแก้ไขบริเวณอันตราย

กระบวนการการแก้ไขบริเวณอันตรายอันตราย ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน (สนข. ,2551) ดังแสดงในรูปที่ 2-3 โดยมีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้

1) การบ่งชี้จุดหรือบริเวณอันตรายเป็นขั้นตอนในการหาจุดหรือบริเวณที่เป็นอันตรายบนโครงข่ายถนน ซึ่งจะอาศัยจากข้อมูลอุบัติเหตุ ข้อมูลถนน และข้อมูลจราจรในการนำมาวิเคราะห์เพื่อหาจุดหรือบริเวณอันตราย
2) การวิเคราะห์รายละเอียดของจุดหรือบริเวณอันตรายเป็นขั้นตอนในการศึกษาถึงปัญหาและปัจจัยที่อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุโดยอย่างละเอียด ทั้งจากข้อมูลอุบัติเหตุหรือการลงพื้นที่เพื่อสำรวจตรวจสอบ
3) การเสนอแนะมาตรการแก้ไขจะต้องมีการวิเคราะห์อย่างเป็นระเบียบตามวิธี จึงจะทำให้การแก้ไขได้อย่างเหมาะสมในแต่ละบริเวณ เพื่อที่มาตรการแก้ไขจะสามารถแก้ไขได้ตรงปัญหา
4) การจัดลำดับความสำคัญและการเลือกมาตรการจะเป็นการเลือกมาตรการที่ดีที่สุดในการแก้ไขจุดอันตราย โดยขึ้นอยู่กับผลกระทบและงบการลงทุน
5) การดำเนินการปรับปรุงหรือก่อสร้างตามมาตรการการแก้ไขที่ได้เลือกไว้ ให้สามารถดำเนินไปได้อย่างสมบูรณ์ตามแผนการ
6) การประเมินประสิทธิผลของมาตรการเป็นขั้นตอนสุดท้ายและสำคัญอย่างมาก ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อประเมินผลลัพธ์ที่แท้จริง ทั้งผลกระทบและค่าใช้จ่าย



ที่มา: การตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขจุดอันตรายบนถนน (2547) อ้างอิงใน สนข. (2551)

รูปที่ 2-3 กระบวนการแก้ไขจุดอันตราย

2.4.3 วิธีการบ่งชี้บริเวณอันตราย

การบ่งชี้บริเวณอันตรายหรือจุดอันตราย เพื่อให้ทราบถึงตำแหน่งบริเวณอันตราย มีวิธีการที่นิยมใช้กันหลายวิธี ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ (พิชัย ธานีรณานนท์, 2554) ดังนี้

- **วิธีเชิงตัวเลข** เป็นวิธีเบื้องต้นสำหรับกำหนดว่าบริเวณใดเป็นจุดอันตราย โดยอาศัยการเปรียบเทียบจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น กับจำนวนที่ได้กำหนดขึ้นในระดับท้องถิ่นหรือระดับประเทศ การใช้แผนที่แสดงตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุ อาจจำแนกตามอาการของผู้ประสบเหตุ โดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมในรอบ 1 หรือ 2 ปี เป็นวิธีเชิงตัวเลขแบบหนึ่งที่ใช้กันทั่วไป

- **วิธีเชิงสถิติ** เป็นวิธีที่มีความซับซ้อนมากกว่าวิธีเชิงตัวเลข และอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็น ในการกำหนดบริเวณที่มีระดับความเสี่ยงต่อผู้ใช้ถนนสูงกว่าระดับความเสี่ยงปกติอย่างมีนัยสำคัญ วิธีการนี้เปรียบเทียบจำนวนอุบัติเหตุทางถนนในแต่ละบริเวณเข้าด้วยกัน หรือเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของระบบ โดยคำนึงถึงความแตกต่างของโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ และการแปรเปลี่ยนในลักษณะที่ไม่แน่นอน

วิธีที่ใช้ในการบ่งชี้บริเวณอันตรายมีหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมนำมาใช้จัดลำดับบริเวณอันตรายเพื่อทำการปรับปรุง (สนข., 2551) มีรายละเอียดอธิบายดังต่อไปนี้

(1) วิธีความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุ (Accident Frequency Method)

ถูกใช้ในการค้นหาจุดอันตรายบริเวณทางร่วมทางแยกหรือช่วงถนน โดยพิจารณาจากจำนวนการเกิดอุบัติเหตุซ้ำ ๆ ณ บริเวณเดิม บริเวณทางแยกหรือช่วงถนนใดมีสถิติของการเกิดอุบัติเหตุสูงบริเวณนั้นเป็นจุดอันตราย (Utainarumol, 1999 อ้างอิงใน สนข., 2551)

(2) วิธีอัตราการเกิดอุบัติเหตุ (Accident Rate Method)

ใช้จำนวนความถี่ของการเกิด อุบัติเหตุ ณ บริเวณที่พิจารณาหารด้วยจำนวนยานพาหนะที่ผ่านบริเวณนั้นในเวลา 1 ปี เพื่อหาอัตราของอุบัติเหตุต่อยานพาหนะล้านคัน-กิโลเมตร (โดยทั่วไปกำหนดความยาวของแต่ละช่วงถนนไม่เกิน 0.48 กิโลเมตร)

การคำนวณอัตราการเกิดอุบัติเหตุของช่วงถนนและทางแยก สามารถใช้สมการที่ถูกพัฒนาโดย Tennessee Department of Transportation (Utainarumol, 1999 อ้างอิงใน สนข., 2551) ดังแสดงในสมการที่ 2-1 และสมการที่ 2-2

กรณีช่วงถนน

$$R = \frac{A \times 10^{8}}{365 \times T \times V \times L} \qquad (2\text{-}1)$$

โดยที่

R คือ อัตราการเกิดอุบัติเหตุบนช่วงถนน (อุบัติเหตุต่อยานพาหนะล้านคัน-กิโลเมตร)

A คือ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่พิจารณา (ครั้ง)

T คือ ช่วงเวลาที่พิจารณา (ปี)

V คือ ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันทั้งปี (AADT) ที่ผ่านช่วงถนนในช่วงเวลาที่พิจารณา

L คือ ช่วงความยาวของถนนที่พิจารณา (กิโลเมตร)

กรณีทางแยก

$$R = \frac{A \times 10^{8}}{365 \times T \times V} \qquad (2\text{-}2)$$

โดยที่

R คือ อัตราการเกิดอุบัติเหตุบริเวณทางแยก (อุบัติเหตุต่อยานพาหนะล้านคน)

A คือ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่พิจารณา (ครั้ง)

T คือ ช่วงเวลาที่พิจารณา (ปี)

V คือ ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันทั้งปี (AADT) ที่ผ่านทางแยกในช่วงเวลาที่พิจารณา

วิธีนี้จะบอกศักยภาพในการเกิดอุบัติเหตุบนช่วงถนนแต่ละช่วงหรือบริเวณทางแยกที่มีปริมาณการจราจรและความยาวแตกต่างกันแต่มีจำนวนครั้งในการเกิดอุบัติเหตุเท่ากันได้ โดยบ่งชี้ว่าช่วงถนนหรือบริเวณทางแยกใดมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุมากกว่าจะมีความอันตรายสูงกว่า

(3) วิธีควบคุมอัตราคุณภาพ (Rate Quality Control Method)

วิธีควบคุมอัตราคุณภาพจะไม่คำนวณเฉพาะอัตราการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละบริเวณเท่านั้น แต่จะทดสอบค่าทางสถิติ หากอัตราการเกิดอุบัติเหตุ ณ บริเวณใดบริเวณหนึ่งมีค่านัยสำคัญทางสถิติสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายกันบริเวณนั้นเป็นจุดอันตราย การทดสอบทางสถิติจะอยู่บนสมมติฐานที่ว่าการเกิดอุบัติเหตุมีการกระจายตัวแบบ Poisson โดยสมการที่ 2-3 ใช้ในการคำนวณหาค่า Rate Quality Control (Utainarumol, 1999 อ้างอิงใน สนข., 2551)

$$R_c = R_a + K\left(\frac{R_a}{1.609 \times E}\right)^{0.5} + \frac{1}{(3.218 \times E)} \qquad (2\text{-}3)$$

โดยที่

R_c คือ อัตราการเกิดอุบัติเหตุวิกฤตบนช่วงถนน หรือทางแยก (อุบัติเหตุต่อยานพาหนะล้านคัน-กิโลเมตร)

R_a คือ อัตราการเกิดอุบัติเหตุเฉลี่ยของช่วงถนนหรือทางแยกทั้งหมดที่มีคุณลักษณะ

E คือ จำนวนยานพาหนะบนช่วงถนนหรือทางแยกในช่วงเวลาที่พิจารณา (ยานพาหนะล้านคัน-กิโลเมตร)

K คือ ค่าความน่าจะเป็น ตามการกระจายตัวแบบ Poisson (กำหนดให้ ความน่าจะเป็นที่ร้อยละ 99 จะมี K มีเท่ากับ 2.327

หมายเหตุ ในการหาค่า E สามารถคำนวณหาโดยจำแนกออกเป็นช่วงถนนและช่วงแยก ดังสมการที่ 2-4 จนถึงสมการที่ 2-6

กรณีช่วงถนน

$$E = \frac{365 \times T \times AADT \times L}{100 \times 1{,}000{,}000} \qquad (2\text{-}4)$$

กรณีทางแยก

- **สำหรับสี่แยก**

$$E = 2 \times \sqrt{\frac{(V_1 + V_3)}{2} + \frac{(V_2 + V_4)}{2}} \qquad (2\text{-}5)$$

○ **สำหรับสามแยก**

$$E = 2 \times \sqrt{\frac{(V_1 + V_3 - V_2)}{2} \times V_2} \qquad (2\text{-}6)$$

โดยที่

V_1 และ V_3 คือ ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน (AADT) ที่เข้าสู่ทางแยกของถนนสายหลัก

V_2 และ V_4 คือ ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน (AADT) ที่เข้าสู่แยกของถนนสายรอง

หมายเหตุ ในกรณีที่มีถนนมีเกาะกลางในสมการที่ 2-5 และสมการที่ 2-6 ให้ใช้ $\sqrt{2}$ แทนค่า 2 (พิชัย ธานีรณานนท์, 2542)

โดยค่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุวิกฤต (R_C) จะคำนวณหาในแต่ละบริเวณและนำมาเทียบกับอัตราการเกิดอุบัติเหตุจริง (R) ถ้าอัตราการเกิดอุบัติเหตุจริงมีค่ามากกว่าค่าอัตราวิกฤตแสดงว่าบริเวณนั้นเป็นจุดอันตรายดังนั้นการจัดลำดับความสำคัญของจุดอันตรายสามารถหาได้จากตัวแปรอันตราย (Danger Factor, DF) ดังสมการที่ 2-7

$$DF = \frac{R}{R_c} \qquad (2\text{-}7)$$

(4) วิธีความรุนแรงของอุบัติเหตุ (Accident Severity Method)

เป็นวิธีที่พิจารณาจำนวนครั้งที่เกิดของอุบัติเหตุ และประเภทของอุบัติเหตุที่มีผู้ได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิต วิธีนี้มีการให้น้ำหนักกับประเภทอุบัติเหตุ เพื่อบ่งบอกความรุนแรงของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้ง โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2-8 (สมพล สูงทองจริยา, 2543 อ้างอิงใน สนข., 2551)

$$SI = \frac{(aF + bI + cN)}{(a + b + c)} \qquad (2\text{-}8)$$

โดยที่

SI คือ ดัชนีความรุนแรง

F คือ จำนวนผู้เสียชีวิต (คน)

I คือ จำนวนผู้บาดเจ็บ (คน)

N คือ จำนวนอุบัติเหตุ (ครั้ง)

a, b, c คือ ค่าคงที่ในการให้น้ำหนักแล้วแต่การศึกษา (กำหนดให้ a=4, b=3, c=2)

(5) วิธีผสม (Combination Method)

เป็นวิธีที่รวมเอาวิธีที่กล่าวมาข้างต้น มาร่วมพิจารณาระบุจุดอันตรายเพื่อที่จะทำให้สามารถมีเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจเลือกบริเวณอันตรายได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจะถูกจัดลำดับความสำคัญใหม่โดยใช้ค่าดัชนีอันตราย (Hazardous Index, HI) ดังสมการที่ 2-9 (Utainarumol, 1999 อ้างอิงใน สนข., 2551)

$$HI = \frac{(F\ Rank + R\ Rank + S\ Rank + Q\ Rank)}{4} \qquad (2\text{-}9)$$

โดยที่

HI คือ ดัชนีอันตราย (Hazardous Index)

F_Rank คือ ลำดับความอันตรายจากวิธี Accident Frequency

R_Rank คือ ลำดับความอันตรายจากวิธี Accident Rate

S_Rank คือ ลำดับความอันตรายจากวิธี Accident Severity

Q_Rank คือ ลำดับความอันตรายจากวิธี Rate Quality Control

(6) วิธีดัชนีอันตราย (Hazardous Index Method)

วิธีดัชนีอันตราย โดยนำโอกาสรอดชีวิตเข้ามาร่วมในการพิจารณาด้วย การระบุจุดอันตรายโดยวิธีนี้ทำได้โดย การเปรียบเทียบค่าอัตราดัชนีอันตรายในจุดที่พิจารณา (HIR_i) กับค่าอัตราการดัชนีอันตรายวิกฤตของจุดที่พิจารณา (HIR_{ic}) หาค่า HIR_i มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า HIR_{ic} จะถือว่าเป็นจุดอันตราย แต่ถ้ามีค่าน้อยกว่าจะถือว่าไม่ใช่จุดอันตราย (Ruengson, 2002 อ้างอิงใน สนข., 2551) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2-10

$$HIR_i = \frac{HI_i}{V_i} \qquad (2\text{-}10)$$

โดยที่

HIR_i คือ อัตราดัชนีอันตราย (Hazardous Index Rate) ในตำแหน่ง i ที่พิจารณา

HI_i คือ ดัชนีอันตราย (Hazardous Index) ในตำแหน่ง i ที่พิจารณา

V_i คือ ปัจจัยที่เป็นโอกาส (Exposure) ทำให้เกิดอุบัติเหตุของตำแหน่งที่พิจารณา

ทั้งนี้ค่า HI_i สามารถคำนวณได้โดยใช้ข้อมูลโอกาสการรอดชีวิตดังสมการที่ 2-11

$$HI_i = \left(\frac{N_i}{N^m}\right)\sum_{j=1}^{j=j}(1-PS_{ij}) \quad (2\text{-}11)$$

โดยที่

HI_i คือ ดัชนีอันตราย (Hazardous Index) ในตำแหน่ง i ที่พิจารณา

N_i คือ จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดในตำแหน่ง i ที่พิจารณา

N^m คือ จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดที่เกิดขึ้นในพื้นที่ m ซึ่งครอบคลุมตำแหน่งที่พิจารณา

PS_{ij} คือ โอกาสการรอดชีวิตของผู้ประสบเหตุ i ในอุบัติเหตุทั้งหมดที่เกิดขึ้นในตำแหน่ง i ที่พิจารณา

ค่าโอกาสการรอดชีวิต (PS) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2-12

$$PS = \frac{1}{1+e^{-b}} \quad (2\text{-}12)$$

$$b = b_0 + b_1(RTS) + b_2(ISS) + b_3(A) \quad (2\text{-}13)$$

โดยที่ค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการที่ 2-13 สามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 2-8

ตารางที่ 2-8 TRISS Regression Weights

Injury Type	b_0	b_1(RTS)	b_2(ISS)	b_3(A)
blunt	-1.2470	0.9544	-0.0768	-1.9052
Penetrating	-0.6029	1.1430	-0.1516	-2.6676

ที่มา: Ruengson, 2002 อ้างอิงใน สนข., 2551

หาก HIR_i ที่คำนวณได้จากสมการ 2-10 มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า HIR_{ic} ดังสมการที่ 2-14 ถือว่าบริเวณนั้นเป็นจุดอันตราย

$$HIR_{ic} = \lambda_0 + k\sqrt{\frac{\lambda_0}{V_i}} + \frac{1}{2V_i} \quad (2\text{-}14)$$

โดยที่

HIR_{ic} คือ อัตราดัชนีอันตรายวิกฤต (Hazardous Index Rate) ในที่พิจารณา

λ_0 คือ ค่าเฉลี่ยของอัตราความรุนแรงของอุบัติเหตุทั้งพื้นที่

k คือ ค่าการแจกแจงทางสถิติสำหรับ one-tail test

(7) วิธีมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์

วิธีมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ ได้นำมูลค่าความสูญเสียโดยจำแนกตามอาการของผู้ประสบเหตุมาร่วมในการพิจารณา การจัดลำดับบริเวณอันตรายโดยวิธีนี้ทำได้โดยการเปรียบเทียบมูลค่าสูญเสียมากที่สุด (กรมทางหลวง, 2562) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2-15

$$\text{มูลค่าความสูญเสีย} = a(\text{จำนวนผู้เสียชีวิต}) + b(\text{จำนวนผู้บาดเจ็บสาหัส}) + c(\text{จำนวนผู้บาดเจ็บเล็กน้อย}) + d(\text{ทรัพย์สินเสียหายเท่านั้น}) \quad (2\text{-}15)$$

โดยที่

a คือ มูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์กรณีผู้เสียชีวิต (บาท/ราย)

b คือ มูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์กรณีบาดเจ็บสาหัส (บาท/ราย)

c คือ มูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์กรณีบาดเจ็บเล็กน้อย (บาท/ราย)

d คือ มูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์กรณีทรัพย์สินเสียหายเท่านั้น (บาท/ราย)

มูลค่าความสูญเสียในสมการที่ 2-15 สามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 2-9

ตารางที่ 2-9 มูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์

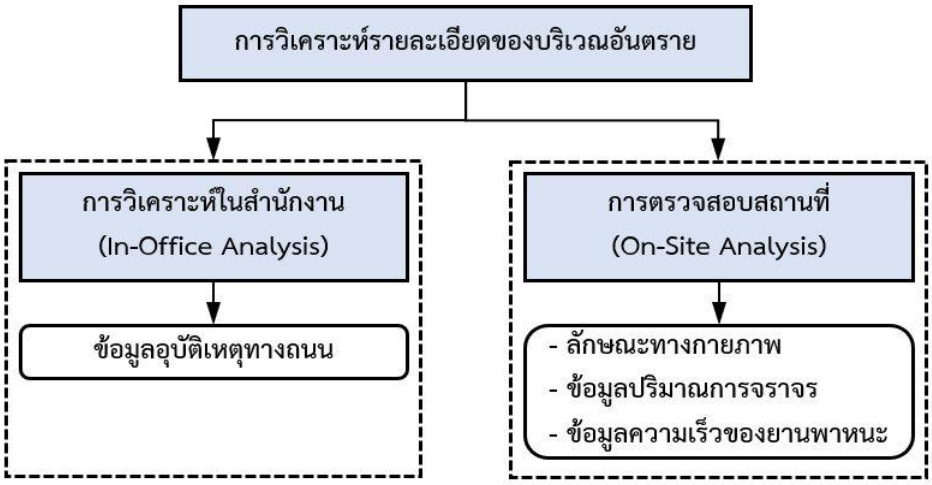
อาการผู้ประสบเหตุ	มูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ (บาท/ราย)						
	2550	2556	2557	2558	2559	2560	2561
เสียชีวิต (a)	5,315,556	10,631,112	10,801,210	10,914,622	10,995,391	11,056,965	11,135,469
สาหัสและพิการ (b)	1,953,034	3,906,069	3,968,566	4,010,236	4,039,912	4,062,535	4,091,379
บาดเจ็บเล็กน้อย (c)	34,761	69,522	70,634	71,376	71,904	72,307	72,820
ทรัพย์สินเสียหาย (d)	45,898	91,796	93,265	94,244	94,941	95,473	96,151

ที่มา: กรมทางหลวง (2562)

วิธีการบ่งชี้บริเวณอันตรายแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป สามารถนำไปพิจารณาตามความเหมาะสมของข้อมูลอุบัติเหตุที่นำมาศึกษา ซึ่งในการศึกษานี้จะใช้วิธีมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากวิธีดังกล่าวมีความเหมาะสมกับการจัดลำดับบริเวณอันตราย อีกทั้งวิธีการนี้ยังพิจารณาจำนวนของผู้ประสบเหตุ ร่วมกับความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งออกมาในรูปของมูลค่าความสูญเสีย

2.4.4 การวิเคราะห์รายละเอียดของบริเวณอันตราย

หลังจากการรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุ และบ่งชี้บริเวณอันตรายในพื้นที่ศึกษาจนทราบตำแหน่งบริเวณดังกล่าว ขั้นต่อไปเป็นการวิเคราะห์รายละเอียดของบริเวณอันตราย ซึ่งประกอบด้วย การวิเคราะห์ในสำนักงาน (In-Office Analysis) และการวิเคราะห์ตรวจสอบภาคสนาม (On-Site Analysis) ดังแสดงในรูปที่ 2-4 (กรมทางหลวงชนบท, 2562) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



ที่มา: ปรับปรุงจาก กรมทางหลวงชนบท (2562)

รูปที่ 2-4 ภาพรวมการวิเคราะห์บริเวณอันตราย

2.4.4.1 การวิเคราะห์ในสำนักงาน

การวิเคราะห์ในสำนักงานจะเป็นการศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนที่เคยเกิดขึ้น โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ ประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุ การระบุลักษณะการชน และการวาดแผนผังการชน (กรมทางหลวงชนบท, 2562)

- การรวบรวมอุบัติเหตุ

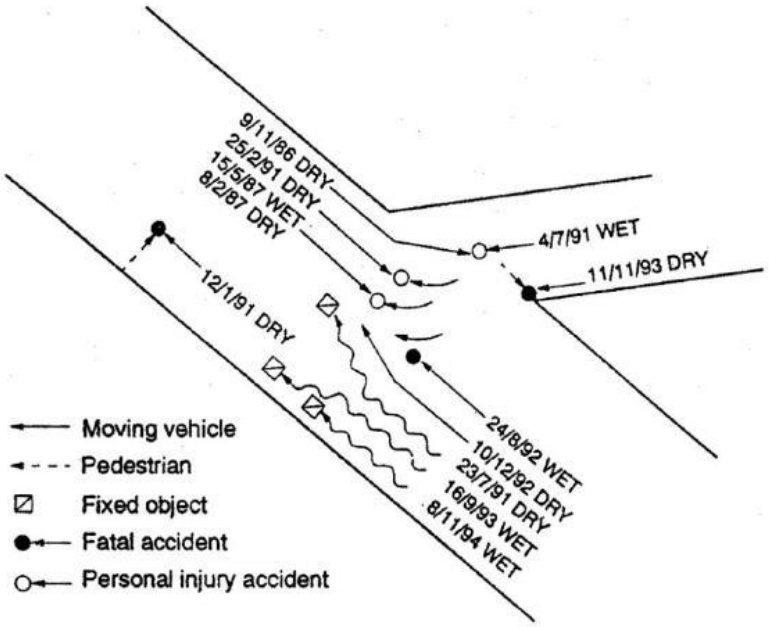
รวบรวมและสรุปข้อมูลอุบัติเหตุที่จำเป็นในบริเวณอันตราย เช่น วันเวลาที่เกิดเหตุ สภาพอากาศขณะเกิดเหตุ สภาพถนน ประเภทของยานพาหนะที่ประสบเหตุ และอาการของผู้ประสบเหตุ เป็นต้น

- การระบุลักษณะการชน

ลักษณะการชนเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญมากในการวิเคราะห์บริเวณอันตรายเพื่อหาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ ในการระบุรหัสของลักษณะการชนและทิศทางจะบ่งบอกถึงแนวทางการเคลื่อนที่และความขัดแย้งของยานพาหนะ จนนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งจะเป็นการบันทึกโดยเจ้าหน้าที่ที่มีความชำนาญและเข้าใจ รหัสการชนสรุปดังรูปที่ ก-1 ในภาคผนวก ก

- การวาดผังการชน

ผังการชน (Collision Diagram) ใช้อธิบายลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ ณ บริเวณอันตราย เป็นการนำข้อมูลอุบัติเหตุและลักษณะการชนมาวาดรวมกันตามตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุ เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ถึงสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ไข โดยมีตัวอย่างของผังการชนดังแสดงในรูปที่ 2-5



ที่มา: กรมทางหลวงชนบท (2562)

รูปที่ 2-5 ตัวอย่างผังการชน

2.4.4.2 การวิเคราะห์ตรวจสอบสถานที่

อย่างไรก็ตาม การลงตรวจสอบพื้นที่ ณ บริเวณอันตรายมีความจำเป็น เพื่อพิจารณารายละเอียดของปัจจัยอื่นเพิ่มเติม กรมทางหลวงชนบท (2562) ได้แนะนำการสำรวจลักษณะเฉพาะของบริเวณอันตราย ดังนี้

1) ช่วงถนน (Road Sections)

ควรพิจารณาคุณภาพของถนนและอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ป้ายจราจรบดบังสายตา ป้ายจราจรมองเห็นไม่ชัดทั้งกลางวันและกลางคืน เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางชำรุดหลุดร่อน สภาพการมองเห็น แนวนำทาง (จากตำแหน่งการมองของผู้ใช้ทาง) คุณภาพของผิวทาง การยกโค้ง แสงที่รบกวนหรือแยงตา และทางเข้า-ออกที่ไม่มีการควบคุม เป็นต้น

2) ทางแยก (Intersection)

ควรพิจารณาและตรวจสอบถนนทุกด้านของขาทางแยก ตัวอย่างเช่น ป้ายจราจรบดบังสายตา ป้ายจราจรมองเห็นไม่ชัดทั้งกลางวันและกลางคืน เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางชำรุดหลุดร่อน การจัดช่องจราจร ความสับสนบริเวณทางแยกสภาพการมองเห็น แนวนำทาง (จากตำแหน่งการมองของผู้ใช้ทาง) ความลาดชันของขาทางแยกแต่ละด้าน คุณภาพของผิวทาง ทางเข้า-ออกที่ไม่มีการควบคุม และแสงที่รบกวนหรือแยงตา

3) ภาพถ่าย

ภาพถ่ายบริเวณอันตรายที่ต้องการจะต้องถ่ายจากตำแหน่งมุมมองหรือระดับสายตาของผู้ขับขี่ (สูงจากผิวจราจรประมาณ 1 เมตร) และควรถ่ายภาพตามที่จำเป็น เช่น ทุก 100 เมตรสำหรับกรณีที่สภาพการมองเห็นไม่ดี การถ่ายภาพให้ถ่ายทั้งสองทิศทางของการจราจร ในกรณีที่เป็นช่วงถนน โดยเน้นที่สภาพการมองเห็นเป็นสำคัญ ในกรณีที่เป็นทางแยกให้ถ่ายภาพทุกด้านของขาทางแยก ทิศทางที่เข้าสู่ทางแยกและออกจากทางแยก และเน้นที่สภาพการมองเห็นเป็นสำคัญเช่นกัน บริเวณใกล้ทางแยกควรจะถ่ายภาพเพื่อเก็บรายละเอียดให้มากขึ้น รวมทั้งควรถ่ายภาพสิ่งก่อสร้างหรือวัตถุที่อาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุ

4) การทดลองเดินทางผ่านบริเวณอันตราย

การขับรถผ่านบริเวณอันตรายจะช่วยให้เห็นข้อบกพร่องจากมุมมองของผู้ใช้ทาง และควรจะกระทำซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้สามารถเก็บรายละเอียดที่จำเป็นได้อย่างครบถ้วน ผู้ตรวจสอบควรขับรถไปในทิศทางเดียวกันและมีลักษณะพฤติกรรมการขับขี่เหมือนกับกรณีที่เคยเกิดอุบัติเหตุขึ้น และจะเป็นการดียิ่งขึ้น หากการตรวจสอบกระทำโดยผู้ตรวจสอบหลายท่านอย่างอิสระต่อกัน การตรวจสอบโดยวิธีนี้เพื่อที่จะให้ผู้ตรวจสอบเป็นเสมือนผู้ใช้ทางปกติ ทำให้ผู้ตรวจสอบทราบถึงความคิดและความรู้สึกของผู้ใช้ทาง

5) การศึกษาพฤติกรรมของผู้ใช้ทาง

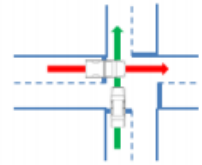
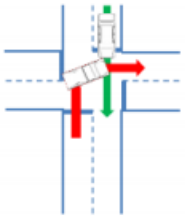
ในการตรวจสอบภาคสนามควรทำการบันทึกพฤติกรรมที่ไม่ถูกต้องของผู้ใช้ทาง การฝ่าฝืนกฎจราจร การใช้ความเร็วเกินกำหนด เป็นต้น

นอกจากนั้น ในการศึกษานี้ควรเก็บข้อมูลปริมาณจราจรและข้อมูลความเร็วของยานพาหนะในบริเวณอันตรายเพิ่มเติม เพื่อวิเคราะห์หาปัญหาที่อาจเป็นปัจจัยอันนำมาสู่การเกิดอุบัติเหตุ

2.4.5 การเสนอแนะมาตรการแก้ไขบริเวณอันตราย

การเสนอแนะมาตรการแก้ไขและปรับปรุงบริเวณอันตราย กรมทางหลวงชนบท (2562) แนะนำว่าควรพิจารณาวิธีการแก้ไขปัญหาอย่างรอบด้าน และเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาที่มีความคุ้มค่ามากที่สุด และจัดลำดับความสำคัญของวิธีการที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา โดยวิธีการแก้ไขและปรับปรุงจุดอันตรายจะแตกต่างกันออกไปตามรูปแบบการชน ดังตัวอย่างในตารางที่ 2-10

ตารางที่ 2-10 ตัวอย่างสาเหตุการชนและวิธีการปรับปรุงจำแนกตามรูปแบบการชน

รูปแบบการชน	สาเหตุที่เป็นไปได้	วิธีการแก้ไขและปรับปรุง
การชนมุมฉาก (Right Angle) บริเวณทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร 	ระบบการมองเห็นไม่เพียงพอ	- ย้ายสิ่งกีดขวางออก - ห้ามจอดรถบริเวณใกล้ทางแยก - ติดตั้งหรือปรับปรุงป้ายเตือนล่วงหน้า - ตีเส้นหยุดที่บริเวณทางแยก
	รถวิ่งเข้าทางแยกด้วยความเร็วสูง	- ควบคุมความเร็ว - ติดตั้งแถบชะลอความเร็ว (Rumble Strips)
	แสงสว่างไม่เพียงพอ	- ปรับปรุงระบบไฟฟ้าส่องสว่าง
	ไม่มีป้ายเตือนล่วงหน้าว่ามีทางแยก	- ติดตั้งหรือปรับปรุงป้ายเตือนล่วงหน้า
	มีปริมาณจราจรสูงบริเวณทางแยก	- ติดตั้งสัญญาณไฟจราจร - จัดการจราจรในพื้นที่
	ไม่มีป้ายจราจรหรือสัญญาณไฟจราจร	- ติดตั้งป้ายหยุดมีสัญญาณไฟจราจร - เข้มงวดในการจับกุม
การชนกับรถเลี้ยวขวาบริเวณทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร 	มีปริมาณรถเลี้ยวมาก	- จัดการจราจรให้รถเดินช่องทางเดียว - เพิ่มช่องจราจรเลี้ยวขวา - ห้ามไม่ให้เลี้ยวขวา - ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรให้มีช่องทางเลี้ยวขวา
	ระยะการมองเห็นไม่เพียงพอ	- ย้ายสิ่งกีดขวางออก - เพิ่มช่องจราจรเลี้ยวขวา - ห้ามไม่ให้รถเลี้ยวขวา - ติดตั้งสัญญาณไฟจราจร
	รถวิ่งเข้าทางแยกด้วยความเร็วสูง	- ลดความเร็ว - เพิ่มมาตรการในการจับกุม

ที่มา: สนข. (2551) อ้างอิงใน กรมทางหลวงชนบท (2562)

ส่วนในต่างประเทศ Austroads และ ARRB Group Ltd. (2015) ได้พัฒนาคู่มือ Austroads Road Safety Engineering Toolkit (www.engtoolkit.com.au) ซึ่งเป็นเครื่องมืออ้างอิงสำหรับผู้ปฏิบัติงานด้านวิศวกรรมทางถนนในหน่วยงานรัฐของประเทศออสเตรเลีย เครื่องมือดังกล่าวได้สรุปแนวทางมาตรการปรับปรุงโดยจำแนกตามลักษณะการชนออกเป็น 17 ประเภท ดังนี้

- อุบัติเหตุกรณีชนรถจักรยาน
- อุบัติเหตุกรณีชนบริเวณทางแยกจากทิศด้านข้าง
- อุบัติเหตุกรณีชนบริเวณทางแยกจากทิศตรงข้าม
- อุบัติเหตุกรณีชนประสานงา
- อุบัติเหตุกรณีเฉี่ยวชนกัน
- อุบัติเหตุกรณีเสียหลักขณะเลี้ยว
- อุบัติเหตุกรณีชนรถจักรยานยนต์
- อุบัติเหตุกรณีชนขณะเลี้ยว
- อุบัติเหตุกรณีชนขณะจอด
- อุบัติเหตุกรณีชนคนเดินเท้า
- อุบัติเหตุกรณีชนท้าย
- อุบัติเหตุกรณีเสียหลักบนทางโค้ง
- อุบัติเหตุกรณีเสียหลักบนทางตรง
- อุบัติเหตุกรณีชนกับสัตว์
- อุบัติเหตุกรณีชนบนทางรถไฟ
- อุบัติเหตุกรณีชนขณะแซง
- อุบัติเหตุกรณีชนขณะกลับรถ

ซึ่งในงานวิจัยนี้จะนำแนวทางของคู่มือดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการศึกษา

ที่มา: www.engtoolkit.com.au

รูปที่ 2-6 ตัวอย่างมาตรการปรับปรุงกรณีชนท้าย

2.4.6 การประเมินความคุ้มค่าสำหรับมาตรการแก้ไขบริเวณอันตราย

จากขั้นตอนการบ่งชี้จุดหรือบริเวณอันตราย ทำให้ได้จุดหรือบริเวณอันตรายหลายบริเวณในโครงข่ายถนนที่รับผิดชอบ ในแต่ละบริเวณได้ทำการวิเคราะห์อุบัติเหตุในสำนักงานตรวจสอบภาคสนาม ทำการวิเคราะห์ครั้งสุดท้าย แล้วจึงเสนอมาตรการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดอุบัติเหตุด้วยทรัพยากรในการก่อสร้างดำเนินการแก้ไขมีอย่างจำกัด จึงต้องทำการคัดเลือกข้อเสนอ หรือโครงการปรับปรุงแก้ไข ว่าจะดำเนินการที่บริเวณอันตรายบริเวณใดบ้างที่จะทำให้ส่วนรวมได้ประโยชน์สูงสุด หรือแม้แต่อาจจะคัดเลือกระหว่างมาตรการต่างกันในบริเวณอันตรายเดียวกัน การประเมินความคุ้มค่าของข้อเสนอหรือโครงการเป็นหัวใจของการจัดลำดับความสำคัญของโครงการ (กรมทางหลวงชนบท, 2562)

ในการจัดลำดับความสำคัญของโครงการอาจใช้วิธีการคำนวณความคุ้มค่า (Benefit Cost Ratio หรือ B/C) ของมาตรการที่เลือกสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2-16 (สนข., 2551) ดังนี้

$$B/C = \frac{B}{EUAC + M} \tag{2-16}$$

โดยที่ B คือ ผลประโยชน์ที่ลดลงจากอุบัติเหตุ (บาท/ปี)

M คือ ค่าบำรุงรักษา กำหนดให้ คิดเป็น 5% ของค่าใช้จ่ายมาตรการ (บาท/ปี)

EUAC คือ Capital Recovery Factor คำนวณได้จากสมการที่ 2-17

การคำนวณค่า Equivalent Uniform Annual Cost หรือ EUAC สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2-17 (สนข., 2551) ดังนี้

$$EUAC = (I)\left[\frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right] \tag{2-17}$$

โดยที่ I คือ ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างมาตรการ (บาท/ปี)

i คือ อัตราดอกเบี้ย (ร้อยละ/ปี)

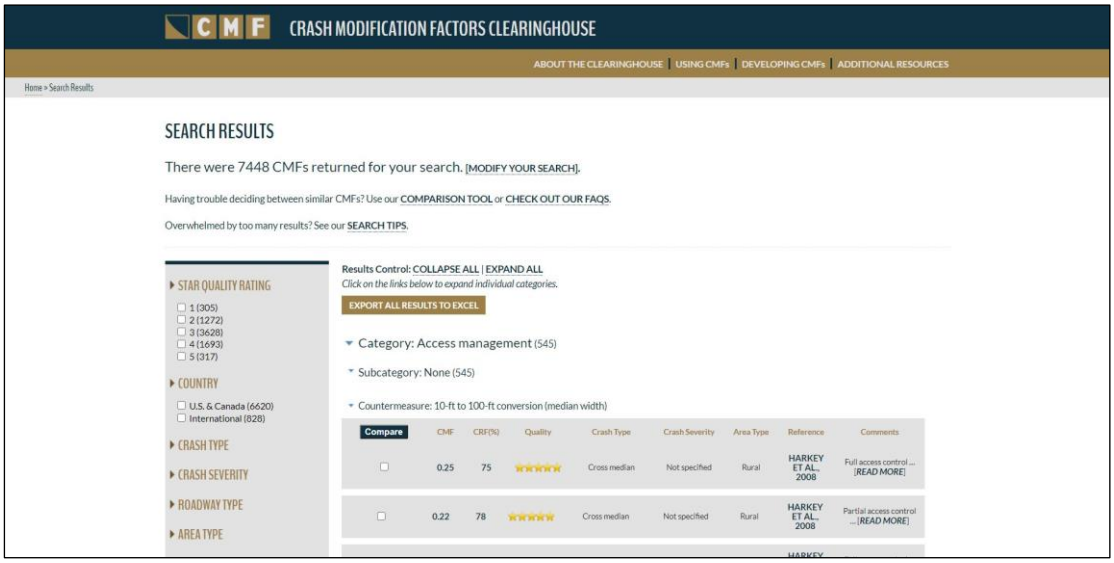
n คือ ระยะเวลา (ปี)

การคำนวณผลประโยชน์ที่ลดลงจากอุบัติเหตุ (B) จากสมการที่ 2-16 จำเป็นต้องทราบค่าประสิทธิผลของมาตรการที่เสนอว่าจะสามารถลดอุบัติเหตุลงได้เท่าไหร่ หลังการดำเนินปรับปรุงแล้วเสร็จ (แนวโน้มของอุบัติเหตุที่จะลดลง) ซึ่งมีผู้รวบรวมไว้เยอะแยะมากมาย ดังแสดงในรูปที่ 2-7 และรูปที่ 2-8 ซึ่งเป็นตัวอย่างค่าประสิทธิผลจาก Austroads Road Safety Engineering

Toolkit (2020) และ U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (FHWA) ร่วมกับ University of North Carolina Highway Safety Research Center (2020) โดยอยู่ในรูปแบบของคู่มือออนไลน์และมีการรวบรวมค่าประสิทธิผลของมาตรการปรับปรุงความปลอดภัยทางถนนประเภทต่าง ๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำแนวทางของคู่มือดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการศึกษา

ที่มา: www.engtoolkit.com.au

รูปที่ 2-7 ตัวอย่างค่าประสิทธิผลจำแนกตามประเภทการชนและราคาก่อสร้าง



ที่มา: www.cmfclearinghouse.org

รูปที่ 2-8 ตัวอย่างค่าประสิทธิผล

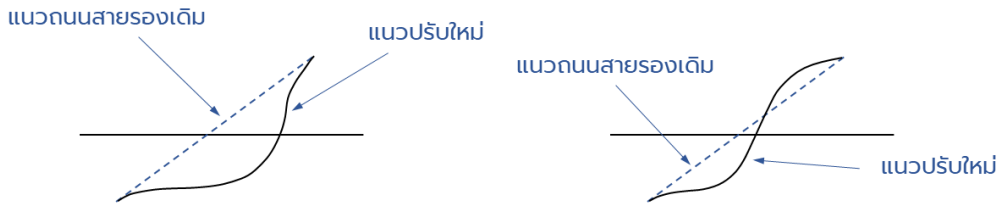
2.5 แนวทางการปรับปรุงความปลอดภัยบริเวณอันตราย

2.5.1 แนวทางการปรับปรุงทางแยก

ทางแยกเป็นจุดที่มีความขัดแย้งระหว่างรถยนต์ คนเดินเท้าและรถจักรยานหรือรถที่ใช้ถนนอื่น ๆ ดังนั้นจึงต้องออกแบบลักษณะทางด้านกายภาพของทางแยกให้มีความสอดคล้องและให้ผู้ใช้รถใช้ถนนคุ้นเคยในทุก ๆ ทางแยก โดยลักษณะทางแยกที่ดีนั้นควรจะไม่ให้มี การรบกวนการเดินรถให้มากที่สุด มีแนวทางที่ ตรงและพื้นผิวถนนที่เรียบ ระยะการมองเห็นที่เหมาะสม โดยควรจะเท่ากับหรือมากกว่าค่าน้อยสุดที่กำหนดให้มีบนทางแยก และถ้าไม่มีการออกแบบอุปกรณ์การควบคุมการจราจรที่ดีอาจทำให้ผู้ขับขี่ต้องใช้เวลามากขึ้นในการทำความเข้าใจพฤติกรรมของผู้ที่ใช้ถนนอื่น ๆ การอ่านและมองเห็นเครื่องหมายจราจรต่าง ๆ และการบังคับควบคุมรถ

2.5.1.1 การปรับแนวถนนสายรอง

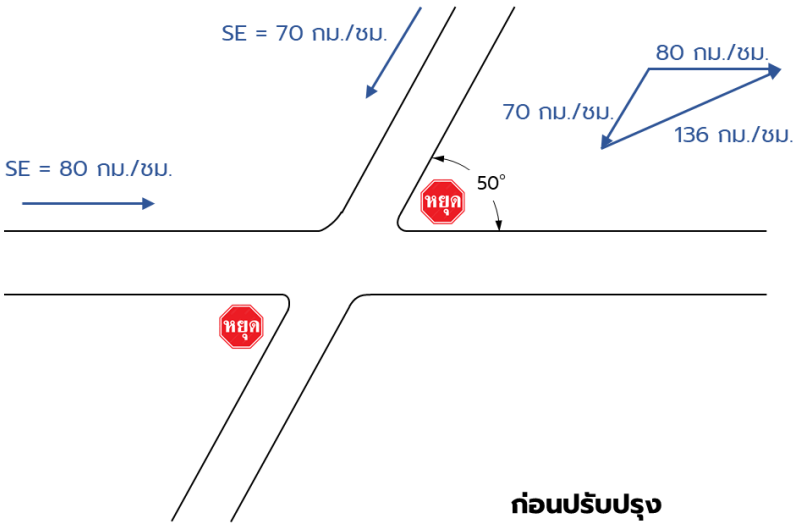
ทางแยกควรตัดกันด้วยมุมฉาก เนื่องจากทางแยกที่เป็นมุมแหลมจะทำให้ต้องใช้พื้นที่ในการเลี้ยวมากขึ้น และทำให้มีระยะการมองเห็นที่จำกัด ซึ่งวิธีแก้ไขแนวทางแยกที่มีมุมแหลม แสดงในรูปที่ 2-9



ที่มา: ดัดแปลงจาก AASHTO “A Policy on Geometric Design of Highway and Streets”, 2001 อ้างอิงใน สนข. (2551)

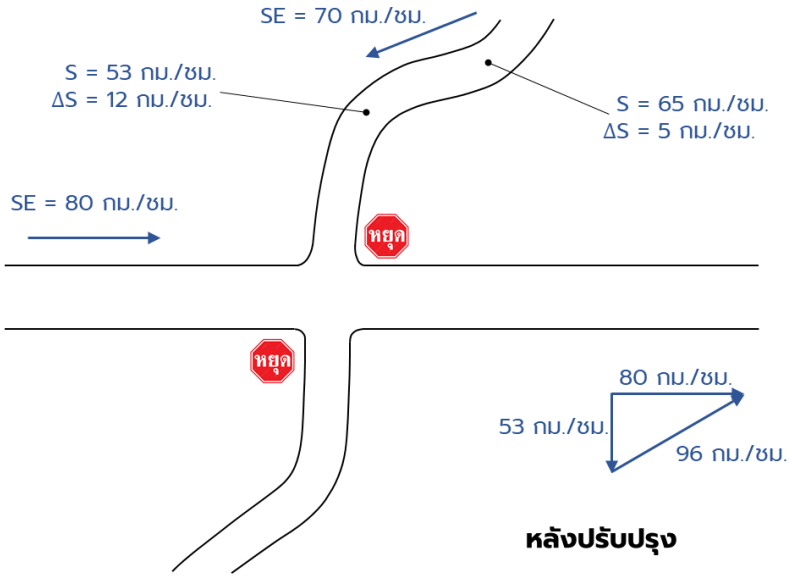
รูปที่ 2-9 การแก้ไขปรับแนวทางแยก

ตัวอย่างการแก้ไขโดยการปรับแนวของถนนสายรองดังตัวอย่างในรูปที่ 2-10 และรูปที่ 2-11 แสดงให้เห็นว่าความเร็วสัมพัทธ์ของรถที่ทางแยกลดลงจาก 136 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เหลือ 96 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



ที่มา: ดัดแปลงจาก Queensland University of Technology & Department of Main Roads, Road Safety Audit Training Manual, อ้างอิงใน สนข. (2551)

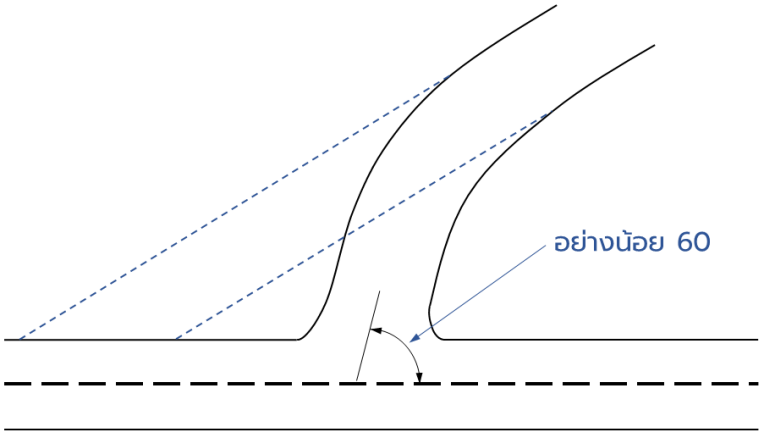
รูปที่ 2-10 ตัวอย่างก่อนการแก้ไขโดยการปรับแนวทางแยก



ที่มา: ดัดแปลงจาก Queensland University of Technology & Department of Main Roads, Road Safety Audit Training Manual, อ้างอิงใน สนข. (2551)

รูปที่ 2-11 ตัวอย่างหลังการแก้ไขโดยการปรับแนวทางแยก

การวางแนวถนนสายรองที่ตัดกับถนนสายหลัก มุมของทางแยกควรจะออกแบบให้ใกล้เคียง 90 องศามากที่สุด กรณีจำเป็นต้องเบี่ยงเบนไปจาก 90 องศา เนื่องจากเหตุผลทางด้านการก่อสร้าง การเวนคืนที่หรือ พื้นที่ข้างทาง หรืออื่น ๆ ควรพิจารณาให้มีมุมตัดทางแยกอย่างน้อย 60 องศา ดังแสดงในรูปที่ 2-12



ที่มา: ดัดแปลงจาก Austroads "Guide to Traffic Engineering Practice part 5 Intersection at Grade", 1997 อ้างอิงใน สนข. (2551)

รูปที่ 2-12 การปรับวางแนวถนนสายรองให้ใกล้เคียงมุม 90 องศา

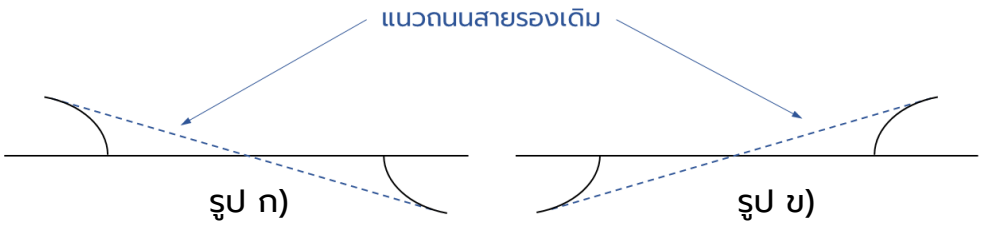
อีกวิธีหนึ่งในการแก้ไขทางแยกที่เป็นมุมแหลม คือ วางแนวถนนโดยแยกทางแยกออกจากกัน พยายามให้แนวของถนนโค้งเข้าหาทางสายหลักเป็นมุมฉากหรือการแบ่งสี่แยกออกเป็นสามแยกรูปตัวที (T) 2 แยกติดกันดังรูปที่ 2-13 ก และรูปที่ 2-13 ข

โดยให้มีเพียงโค้งเดียวที่อยู่บนถนนแต่ละขา แต่มีข้อเสียคือ รถที่จะข้ามทางแยกต้องเลี้ยวไปวิ่งบนถนนหลักแล้วจึงย้อนกลับเข้าไปถนนรอง

การวางแนวทางบนถนนสายรอง ดังรูปที่ 2-13 ก จะเห็นว่ามีความต่อเนื่องในการเดินรถที่ไม่ดี เนื่องจากรถที่จะข้ามแยกเมื่อเข้าไปบนถนนสายหลักแล้วจะเลี้ยวข้ามแยกต้องหยุดรอบนถนนสายหลักทำให้ไปรบกวนการจราจรบนถนนสายหลัก ซึ่งการออกแบบเช่นนี้เหมาะกับที่ที่มีปริมาณการจราจรบนถนนสายรองปานกลาง และเดินรถด้วยความเร็วต่ำ

ทางแยกที่มีการจัดแนวทาง ดังรูปที่ 2-13 ข จะมีความต่อเนื่องในการเดินรถดีมากกว่าแบบรูปที่ 2-13 ก เนื่องจากรถที่จะข้ามทางแยกสามารถที่จะเลี้ยวออกไปจากถนนสายหลักได้โดยไม่ต้องหยุดรอข้ามบนถนนสายหลัก โดยการจัดแนวทางแยกเช่นนี้จะรบกวนการจราจรบนถนนสายหลักเพียงเล็กน้อย

กรณีที่บริเวณที่มีปริมาณการจราจรจากถนนสายรองเลี้ยวเข้าสู่ถนนสายหลักเพื่อข้ามทางแยกต่อเนื่องไปบนถนนสายรองมีน้อย แบบรูปที่ 2-13 ก และรูปที่ 2-13 ข อาจจะไม่มีความแตกต่าง



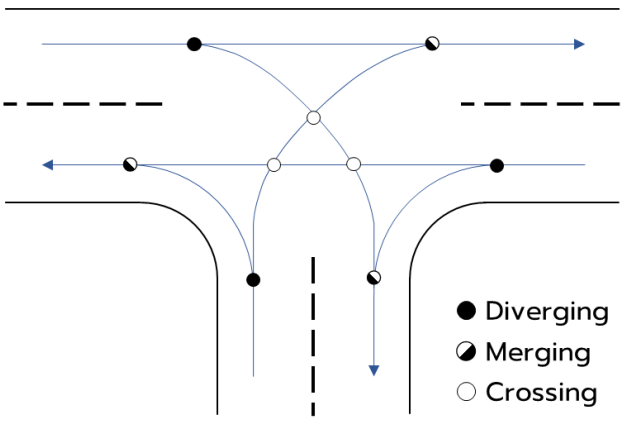
ที่มา: ดัดแปลงจาก AASHTO "A Policy on Geometric Design of Highway and Streets", 2001 อ้างอิงใน สนข. (2551)

รูปที่ 2-13 การแก้ไขปรับแนวทางแยกโดยแยกทางแยกออกจากกัน

2.5.1.2 การผายทางแยกหรือจัดช่องจราจรเพิ่มเติม

การจัดแบ่งช่องจราจรโดยใช้เกาะแบ่งช่องจราจรเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถจัดระเบียบการเดินรถให้อยู่ในช่องทางตามที่กำหนดและลดจุดตัดกระแสให้น้อยลงได้

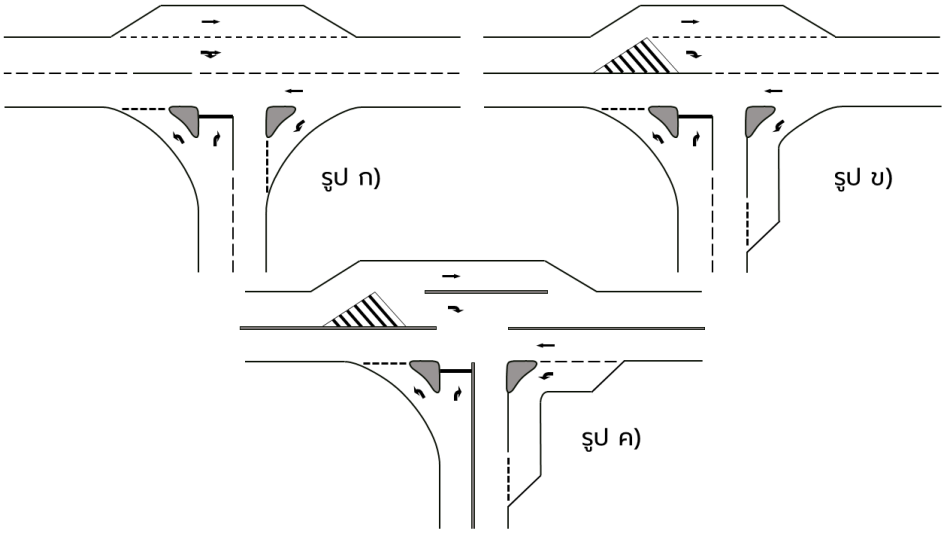
ความสามารถในการมองเห็นของผู้ขับขี่เป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในด้านความปลอดภัย เพราะฉะนั้น การออกแบบทางข้ามทางแยกต้องให้มีระยะมองเห็น (Sight distance) ที่เพียงพอต่อการตัดสินใจที่จะหยุดหรือข้ามทางแยกไปอย่างปลอดภัย



ที่มา: ดัดแปลงจาก ประสิทธิ์ จึงสงวนพรสุข (2544) อ้างอิงใน สนข. (2551)

รูปที่ 2-14 ตัวอย่างจุดตัดบริเวณทางแยกรูปตัว T

การปรับปรุงแก้ไขโดยการผายทางแยกและหรือจัดช่องจราจรเพิ่มเติม สามารถลดจำนวนจุดตัดกระแสจราจรได้ ดังแสดงในรูปที่ 2-15

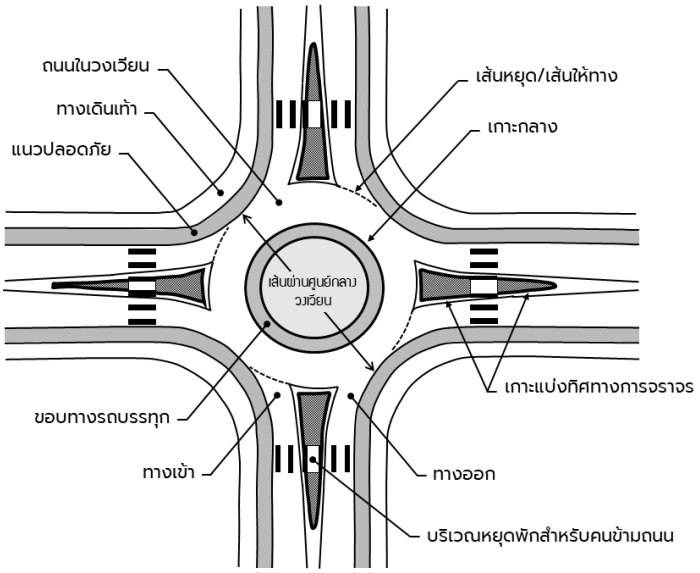


ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2548) อ้างอิงใน สนข. (2551)

รูปที่ 2-15 การแก้ไขแบบเพิ่มช่องจราจรและเกาะแบ่งการจราจร

2.5.1.3 การปรับลักษณะกายภาพของทางแยกเป็นวงเวียน

การปรับปรุงทางแยกเป็นวงเวียนจะช่วยให้การจราจรบนทางแยกมีความปลอดภัย และมีประสิทธิภาพมากกว่าทางแยกแบบทางเอก-ทางโท เนื่องจากวงเวียนช่วยลดความเร็วที่จะข้ามแยกและลดเวลาการคอยข้ามแยก ดังแสดงในรูปที่ 2-16



ที่มา: ดัดแปลงจาก สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2548) อ้างอิงใน สนข. (2551)

รูปที่ 2-16 แสดงส่วนประกอบการเดินรถบริเวณวงเวียน

2.5.1.4 การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

หลักการใช้สัญญาณไฟควบคุมการจราจรที่ทางแยกคือการแยกกระแสจราจรที่มีแนวตัดกันให้ออกจากกัน โดยบังคับให้เคลื่อนตัวผ่านทางแยกในช่วงเวลาต่างกัน

โดยจัดจังหวะการปล่อยรถแยกตามการเลี้ยวและกลุ่มจุดตัดกระแสการจราจร (Conflict) บริเวณทางแยกขนาดเล็กการจัดจังหวะสัญญาณไฟ 2 จังหวะก็อาจเพียงพอในการจัดแยกกระแสการเดินทางในแต่ละช่องจราจร

บริเวณทางแยกที่ซับซ้อนมาก ๆ อาจต้องจัดจังหวะสัญญาณไฟให้ครอบคลุมทุกจุดตัดกระแสจราจรที่มีอยู่ โดยทางแยกที่เหมาะที่จะควบคุมด้วยสัญญาณไฟควรเป็นทางแยกในเมือง โดยมีลักษณะและเงื่อนไข ดังนี้

- ทางแยกชนิดไม่สามารถรองรับการจราจรได้ หากไม่ใช้สัญญาณไฟ
- อยู่ใกล้กับทางแยกที่มีสัญญาณไฟและต้องมีการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างกัน
- ต้องการป้องกันความล่าช้าที่อาจเกิดจากช่องทางเดินรถบนถนนสายรอง
- ข้อจำกัดอื่น ๆ เช่น บริเวณทางแยกที่มีที่เขตทางจำกัดไม่สามารถทำเป็นวงเวียนได้
- ทางแยกที่ไม่เหมาะกับการควบคุมด้วยสัญญาณไฟ
- บริเวณที่ถนนใช้ความเร็วสูง หรือเมื่อติดตั้งสัญญาณไฟแล้วพบว่ามีสถิติอุบัติเหตุเพิ่มมากขึ้น (โดยปกติไม่แนะนำให้ใช้สัญญาณไฟที่ทางแยกนอกเมืองบนทางหลวงที่การจราจรมีความเร็วสูง)
- ถนนหรือทางหลวงที่ไม่มีทางแยกสัญญาณไฟอื่นอยู่ในบริเวณใกล้เคียงและสามารถใช้การควบคุมแบบวงเวียนได้โดยไม่กระทบต่อความล่าช้าของการจราจร (โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงเวลาเร่งด่วน)

2.5.2 มาตรการความปลอดภัยด้านป้ายจราจร

กรมทางหลวง (2561) ได้มีมาตรฐานป้ายจราจร เพื่อใช้กับทางหลวงพิเศษ ทางหลวงแผ่นดิน และทางหลวงสัมปทาน ส่วนกรมทางหลวงชนบทได้มีมาตรฐานป้ายจราจร เพื่อใช้กับทางหลวงชนบท และทางหลวงท้องถิ่น อย่างไรก็ตามทั้งสองหน่วยงานมีมาตรฐานลักษณะของป้ายจราจร การติดตั้งป้ายจราจร และการใช้งานป้ายจราจรที่คล้ายคลึงกัน โดยสามารถสรุปประเภทของป้ายจราจรออกเป็น 3 ประเภท ประกอบด้วย ป้ายบังคับ ป้ายเตือน และป้ายแนะนำ

2.5.2.1 ป้ายบังคับ

ป้ายบังคับเป็นป้ายที่แสดงกฎจราจรเฉพาะที่นั้น ๆ เพื่อแจ้งให้ผู้ใช้ทางปฏิบัติตามข้อบังคับที่ได้แสดงไว้ตามข้อความ เครื่องหมาย หรือสัญลักษณ์ (กรมทางหลวง, 2561) ซึ่งยกตัวอย่างป้ายบังคับแต่ละรูปแบบแสดงดังตารางที่ 2-11 และสามารถศึกษาป้ายบังคับทุกรูปแบบจากคู่มือมาตรฐานป้ายจราจร

ตารางที่ 2-11 ตัวอย่างป้ายบังคับ

ลักษณะป้ายบังคับ	รายละเอียด
ป้ายหยุด (บ.1) 	**ความหมาย** ให้ผู้ขับขี่หยุดรถก่อนถึงทางที่ขวางข้างหน้าหรือเส้นหยุด รอให้รถ และคนเดินเท้าบนทางขวางข้างหน้าผ่านไปก่อน เมื่อเห็นว่าปลอดภัยและไม่เป็นการกีดขวางการจราจรที่บริเวณทางแยก จึงเคลื่อนรถต่อไปได้ **การใช้งาน** ติดตั้งบนทางสายรอง หรือถนนที่บรรจบกับทางสายหลัก โดยทางสายหลักต้องได้สิทธิ์ผ่านทางแยกก่อน เพื่อเป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้น
ป้ายให้ทาง (บ.2) 	**ความหมาย** ให้ผู้ขับขี่ให้ทางแก่รถ หรือคนเดินบนทางขวางข้างหน้าผ่านไปก่อน เมื่อเห็นว่าปลอดภัย และไม่เป็นการกีดขวางที่บริเวณทางแยก จึงเคลื่อนรถต่อไปได้ **การใช้งาน** ใช้เพื่อให้ผู้ขับขี่ให้ความสำคัญกับทางข้างหน้า แตกต่างจากป้ายหยุดคือ รถไม่ต้องหยุดเมื่อมาถึงทางแยก
ป้ายให้รถสวนทางมาก่อน (บ.3) 	**ความหมาย** ให้ผู้ขับขี่หยุดรถ และรอให้รถที่กำลังสวนทางมาผ่านไปก่อน หากมีรถข้างหน้าหยุดรออยู่ก่อน ก็ให้หยุดรอถัดต่อกันมาตามลำดับ เมื่อรถที่แล่นสวนทางได้ผ่านไปหมดแล้ว จึงเคลื่อนรถต่อไปได้ **การใช้งาน** ใช้เมื่อสภาพทางแคบ รถแล่นสวนกันไม่ได้ เช่น สะพานแคบ ทางแคบ เป็นต้น

ตารางที่ 2-9 ตัวอย่างป้ายบังคับ (ต่อ)

ลักษณะป้ายบังคับ	รายละเอียด
ป้ายห้ามเข้า (บ.5)	**ความหมาย** ห้ามผู้ขับขี่รถเข้าไปในทางที่ติดตั้งป้าย **การใช้งาน** ใช้เพื่อห้ามยานพาหนะทุกชนิดผ่านไปในทางหลวงตอนนั้น เพราะทางหลวงตอนนั้นอาจจะใช้เพื่อการจราจรทางเดียว หรืออาจปิดการจราจรอยู่
ป้ายห้ามกลับรถไปทางขวา (บ.6)	**ความหมาย** ห้ามผู้ขับขี่กลับรถไปทางขวา **การใช้งาน** ใช้เพื่อมิให้ผู้ใดกลับรถไม่ว่าด้วยวิธีใด ๆ ในเขตติดตั้งป้าย
ป้ายห้ามกลับรถไปทางซ้าย (บ.7)	**ความหมาย** ห้ามผู้ขับขี่กลับรถไปทางซ้าย **การใช้งาน** ใช้เพื่อมิให้ผู้ใดกลับรถไม่ว่าด้วยวิธีใด ๆ ในเขตติดตั้งป้าย
ป้ายห้ามเลี้ยวซ้าย (บ.8)	**ความหมาย** ห้ามผู้ขับขี่เลี้ยวรถไปทางซ้าย **การใช้งาน** ใช้เพื่อมิให้ยานพาหนะทุกชนิดเลี้ยวไปในทิศทางที่ต้องการห้าม
ป้ายห้ามเลี้ยวขวา (บ.9)	**ความหมาย** ห้ามผู้ขับขี่เลี้ยวรถไปทางขวา **การใช้งาน** ใช้เพื่อมิให้ยานพาหนะทุกชนิดเลี้ยวไปในทิศทางที่ต้องการห้าม
ป้ายห้ามจอด (บ.29	**ความหมาย** ห้ามผู้ขับขี่จอดรถในทางที่ติดตั้งป้าย เว้นแต่การหยุดรับส่งคน หรือสิ่งของชั่วขณะ ซึ่งต้องกระทำโดยมิชักช้า **การใช้งาน** ติดตั้งตรงจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเขตห้ามจอด หันหน้าป้ายเข้าสู่ทิศทางการจราจร ติดตั้งขนานไปกับทิศทางของทางหลวงเพื่อแสดงทิศทางของเขตห้ามจอด

ตารางที่ 2-9 ตัวอย่างป้ายบังคับ (ต่อ)

ลักษณะป้ายบังคับ	รายละเอียด
ป้ายห้ามหยุดรถ (บ.30)	**ความหมาย** ห้ามผู้ขับขี่หยุดรถ หรือจอดรถในทางที่ติดตั้งป้าย **การใช้งาน** ติดตั้งตรงจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดของเขตห้ามหยุดรถ หันหน้าป้ายเข้าสู่ทิศทางการจราจร ติดตั้งขนานไปกับทิศทางของทางหลวงเพื่อแสดงทิศทางของเขตห้ามหยุด
ป้ายจำกัดความเร็ว (บ.32)	**ความหมาย** ห้ามผู้ขับขี่ใช้ความเร็วเกินกว่าตัวเลขที่กำหนดในป้าย เป็น “กิโลเมตรต่อชั่วโมง” เข้าไปในทางที่ติดตั้งป้าย **การใช้งาน** ใช้เพื่อมิให้ยานพาหนะต่าง ๆ วิ่งเกินความเร็วที่ปลอดภัย ซึ่งจะติดตั้งในกรณีที่ต้องการจำกัดความเร็วต่ำกว่าที่กฎหมายกำหนด
ป้ายให้รถเดินทางเดียว (บ.37)	**ความหมาย** ทางข้างหน้าเป็นทางเดินรถทางเดียว ห้ามผู้ขับขี่ขับรถสวนทางกัน **การใช้งาน** ใช้เพื่อให้ผู้ขับขี่เดินรถตรงไปตามลูกศรในป้ายบนทางหลวงที่กำหนดให้รถเดินทางเดียว ติดตั้งที่จุดเริ่มต้นทุก ๆ ทางแยกของทางให้เดินรถทางเดียว
ป้ายรถเดินทางเดียวไปทางซ้าย (บ.38)	**ความหมาย** ทางข้างหน้าเป็นทางเดินรถทางเดียว ให้ผู้ขับขี่ขับรถไปทางด้านซ้ายเท่านั้น **การใช้งาน** ใช้เฉพาะกรณีที่เป็นทางสามแยกที่เกิดจากถนนมาบรรจบกัน ทางที่จัดให้รถเดินทางเดียวไปทางซ้าย ให้หันป้ายเข้าสู่ทางเดินรถที่จะมาบรรจบ
ป้ายให้ชิดซ้าย (บ.40)	**ความหมาย** ให้ผู้ขับขี่ขับรถไปทางด้านซ้ายของป้าย **การใช้งาน** ติดตั้งบนฉนวนกลาง หรือเกาะกลางถนน เพื่อบังคับให้ยานพาหนะไปทางซ้ายของสิ่งกีดขวาง โดยหันหน้าป้ายเข้าหาทิศทางการจราจร
ป้ายให้ชิดขวา (บ.41)	**ความหมาย** ให้ผู้ขับขี่ขับรถไปทางด้านขวาของป้าย **การใช้งาน** ติดตั้งบนฉนวนกลาง หรือเกาะกลางถนน เพื่อบังคับให้ยานพาหนะไปทางขวาของสิ่งกีดขวาง โดยหันหน้าป้ายเข้าหาทิศทางการจราจร

ตารางที่ 2-9 ตัวอย่างป้ายบังคับ (ต่อ)

ลักษณะป้ายบังคับ	รายละเอียด
ป้ายให้เลี้ยวซ้าย (บ.43)	**ความหมาย** ให้ผู้ขับขี่เลี้ยวรถไปทางซ้ายเท่านั้น ห้ามผู้ขับขี่เลี้ยวขวาหรือตรงไป **การใช้งาน** บังคับให้ผู้ขับขี่ยานพาหนะเลี้ยวไปทางซ้ายที่ทางแยกข้างหน้า ติดตั้งป้ายนี้ก่อนถึงทางแยกด้านใกล้ไม่มากกว่า 50 ม. หรือตามความเหมาะสม
ป้ายให้เลี้ยวขวา (บ.44)	**ความหมาย** ให้ผู้ขับขี่เลี้ยวรถไปทางขวาเท่านั้น ห้ามผู้ขับขี่เลี้ยวซ้ายหรือตรงไป **การใช้งาน** บังคับให้ผู้ขับขี่ยานพาหนะเลี้ยวไปทางขวาที่ทางแยกข้างหน้า ติดตั้งป้ายนี้ก่อนถึงทางแยกด้านใกล้ไม่มากกว่า 50 ม. หรือตามความเหมาะสม
ป้ายให้เลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวา (บ.45)	**ความหมาย** ให้ผู้ขับขี่เลี้ยวรถไปทางซ้าย หรือไปทางขวาเท่านั้น **การใช้งาน** ติดตั้งบริเวณทางแยกของทางหลวงตั้งแต่ 4 ช่องจราจรขึ้นไป ให้เลี้ยวซ้ายหรือขวาเท่านั้น ติดตั้งก่อนถึงจุดเริ่มต้นของทางเลี้ยวไม่เกิน 50 ม. หรือตามความเหมาะสม
ป้ายวงเวียน (บ.48)	**ความหมาย** ให้ผู้ขับที่ขี่ขับรถวนไปทางซ้ายของวงเวียน และผู้ขับขี่ที่เริ่มจะเข้าสู่ทางรอบวงเวียน ต้องหยุดให้สิทธิแก่รถที่แล่นอยู่ในทางรอบวงเวียนผ่านไปก่อน และห้ามขับรถแทรก หรือตัดหน้าหรือหยุดกีดขวางรถที่แล่นอยู่ในทางรอบวงเวียน **การใช้งาน** ใช้ป้ายนี้บนทางที่มีวงเวียนอยู่ตรงกลางแยก ผู้ขับขี่ยานพาหนะจะผ่านทางแยก โดยการขับอ้อมเวียนไปทางซ้าย

ที่มา: กรมทางหลวง (2561)

2.5.2.2 ป้ายเตือน

ป้ายเตือนเป็นป้ายที่ใช้เตือนผู้ขับขี่ให้ทราบถึงลักษณะ หรือสภาพทางที่อาจก่อให้เกิดอันตราย หรือทางข้างหน้ากำลังจะมีการบังคับควบคุมการจราจรบางอย่าง ซึ่งต้องเพิ่มความระมัดระวังยิ่งขึ้น (กรมทางหลวง, 2561) ซึ่งยกตัวอย่างป้ายเตือนแต่ละรูปแบบแสดงดังตารางที่ 2-12 และสามารถศึกษาป้ายเตือนทุกรูปแบบจากคู่มือมาตรฐานป้ายจราจร

ตารางที่ 2-12 ตัวอย่างป้ายเตือน

ลักษณะป้ายเตือน	รายละเอียด
ป้ายเตือนทางโค้งซ้าย (ต.1)	**ความหมาย** ทางข้างหน้าเป็นทางโค้งตามลักษณะเครื่องหมายลูกศรในป้าย **การใช้งาน** ป้ายเตือนทางโค้ง (ซ้ายหรือขวา) ใช้สำหรับทางโค้งเดี่ยว และติดตั้งเมื่อผลการตรวจสอบสภาพและลักษณะทางวิศวกรรมเห็นว่าความเร็วที่เหมาะสมบนทางโค้งอยู่ระหว่าง 50 ถึง 90 กม./ชม. (โดยทั่วไปรัศมีโค้งอยู่ระหว่าง 100-320 ม.)
ป้ายเตือนทางโค้งขวา (ต.2)	**ความหมาย** ทางข้างหน้าเป็นทางโค้งตามลักษณะเครื่องหมายลูกศรในป้าย **การใช้งาน** ป้ายเตือนทางโค้ง (ซ้ายหรือขวา) ใช้สำหรับทางโค้งเดี่ยว และติดตั้งเมื่อผลการตรวจสอบสภาพและลักษณะทางวิศวกรรมเห็นว่าความเร็วที่เหมาะสมบนทางโค้งอยู่ระหว่าง 50 ถึง 90 กม./ชม. (โดยทั่วไปรัศมีโค้งอยู่ระหว่าง 100-320 ม.)
ป้ายเตือนทางโค้งขวารัศมีแคบ (ต.4)	**ความหมาย** ทางข้างหน้าเป็นทางโค้งตามลักษณะเครื่องหมายลูกศรในป้าย **การใช้งาน** ใช้สำหรับทางโค้งเดี่ยว และติดตั้งเมื่อผลการตรวจสอบสภาพและลักษณะทางวิศวกรรมเห็นว่าความเร็วที่เหมาะสมบนทางโค้งไม่เกิน 50 กม./ชม. (โดยทั่วไปรัศมีโค้งไม่เกิน 100 ม.)
ป้ายเตือนทางโค้งกลับเริ่มทางซ้าย (ต.5)	**ความหมาย** ทางข้างหน้าเป็นทางโค้งตามลักษณะเครื่องหมายลูกศรในป้าย **การใช้งาน** ใช้สำหรับทางโค้งกลับ (Reverse Curves) ซึ่งประกอบด้วย 2 โค้งติดต่อกัน เลี้ยวไปคนละทางโดยมีระยะทางตรงเชื่อมระหว่างโค้งทั้งสองน้อยกว่า 200 ม. และโค้งทั้งสองนั้นได้รับการตรวจสอบสภาพและลักษณะทางวิศวกรรมแล้วเห็นว่าความเร็วที่เหมาะสมบนทางโค้งทั้งสองนั้นอยู่ระหว่าง 50 ถึง 90 กม./ชม. (โดยทั่วไปรัศมีโค้งอยู่ระหว่าง 100 - 320 ม.)

ตารางที่ 2-10 ตัวอย่างป้ายเตือน (ต่อ)

ลักษณะป้ายเตือน	รายละเอียด
ป้ายเตือนทางโค้งกลับรัศมีแคบเริ่มทางซ้าย (ต.7)	**ความหมาย** ทางข้างหน้าเป็นทางโค้งตามลักษณะเครื่องหมายลูกศรในป้าย **การใช้งาน** ใช้สำหรับทางโค้งกลับรัศมีแคบ ซึ่งประกอบด้วย 2 โค้งติดต่อกันเลี้ยวไปคนละทาง โดยมีระยะทางตรงเชื่อมระหว่างโค้งทั้งสองน้อยกว่า 200 ม. และโค้งทั้งสองนั้นได้รับการตรวจสอบสภาพและลักษณะทางวิศวกรรมแล้วเห็นว่าความเร็วที่เหมาะสมบนทางโค้งใดโค้งหนึ่งไม่เกิน 50 กม./ชม. (รัศมีโค้งไม่เกิน 100 ม.) และอีกโค้งหนึ่งไม่เกิน 90 กม./ชม. (รัศมีโค้งไม่เกิน 320 ม.)
ป้ายเตือนทางคดเคี้ยวเริ่มทางซ้าย (ต.9)	**ความหมาย** ทางข้างหน้าเป็นทางโค้งตามลักษณะเครื่องหมายลูกศรในป้าย **การใช้งาน** ใช้สำหรับทางโค้งต่อเนื่องกันตั้งแต่ 3 โค้งขึ้นไป ซึ่งมีทิศทางสลับกัน โดยมีระยะทางตรงต่อระหว่างแต่ละโค้งไม่เกิน 200 ม.
ป้ายเตือนทางแยก (ต.11)	**ความหมาย** ทางข้างหน้าเป็นทางแยกตามลักษณะเครื่องหมายลูกศรในป้าย **การใช้งาน** ใช้เตือนผู้ขับขี่ให้ทราบว่าทางข้างหน้าเป็นทางแยกตามรูปแบบที่แสดงบนแผ่นป้าย
ป้ายเตือนวงเวียนข้างหน้า (ต.21)	**ความหมาย** ทางข้างหน้าเป็นวงเวียน **การใช้งาน** ใช้เตือนให้ผู้ขับขี่ทราบว่าทางข้างหน้าเป็นวงเวียน และจะผ่านทางแยกได้ โดยการขับรถอ้อมวงเวียนไปทางซ้าย
ป้ายเตือนทางแคบลง (ต.22)	**ความหมาย** ทางข้างหน้าแคบลงกว่าทางที่กำลังผ่านทั้งสองด้าน **การใช้งาน** ให้ติดตั้งป้ายนี้บนทางหลวง 2 ช่องจราจร (ขับรถสวนทางกัน) ซึ่งความกว้างของผิวจราจรข้างหน้าแคบลง ไม่พอที่จะให้ยวดยานที่ใช้ความเร็วเท่าเดิมสวนทางกันได้อย่างปลอดภัย
ป้ายเตือนสะพานแคบ (ต.25)	**ความหมาย** ทางข้างหน้ามีสะพานแคบ รถสวนกันไม่สะดวก **การใช้งาน** ใช้เตือนว่าสะพานข้างหน้าแคบกว่าช่องจราจรก่อนจะเข้าสู่สะพาน หรือสะพานมีความกว้างผิวจราจรน้อยกว่า 5.50 ม.

ตารางที่ 2-10 ตัวอย่างป้ายเตือน (ต่อ)

ลักษณะป้ายเตือน	รายละเอียด
ป้ายเตือนทางข้ามทางรถไฟไม่มีเครื่องกั้น (ต.28) 	**ความหมาย** ทางข้างหน้ามีทางรถไฟตัดผ่าน และไม่มีเครื่องกั้นทาง **การใช้งาน** ใช้เมื่อมีทางรถไฟตัดผ่านทางหลวงในระดับเดียวกันโดยไม่มีเครื่องกั้นทาง
ป้ายเตือนทางขึ้นลาดชัน (ต.33) 	**ความหมาย** ทางข้างหน้าเป็นทางลาดชันขึ้นที่สูง โดยมีความลาดชันตามตัวเลขที่กำหนดในป้ายเป็น “ร้อยละ” ให้ผู้ขับขี่ขับรถให้ช้าลง และชิดขอบทางด้านซ้าย **การใช้งาน** ใช้เตือนผู้ขับขี่ให้ทราบว่า ทางข้างหน้าเป็นทางขึ้นลาดชันตั้งแต่ร้อยละ 15 ขึ้นไป หรือเป็นทางลาดชันเกินร้อยละ 10 ที่มีระยะทางไม่น้อยกว่า 1 กม.
ป้ายเตือนรถกระโดด (ต.35) 	**ความหมาย** ทางข้างหน้ามีการเปลี่ยนระดับอย่างกะทันหัน อาจทำให้เกิดอันตรายในการขับรถได้ **การใช้งาน** ใช้เตือนผู้ขับขี่ให้ทราบว่าทางข้างหน้าจะมีเปลี่ยนระดับอย่างกะทันหัน เช่น เนินชะลอความเร็ว บริเวณที่พื้นทางนูนขึ้นเนื่องจากการทรุดที่ไม่เท่ากัน เป็นต้น หากไม่ชะลอความเร็วเมื่อขับผ่านพื้นที่ดังกล่าวอาจทำให้รถกระโดดและเกิดอันตรายได้
ป้ายเตือนออกทางขนาน (ต.44) 	**ความหมาย** ทางหลักข้างหน้ามีช่องเปิดออกทางขนาน ให้ผู้ขับขี่บนทางหลักระมัดระวังและเตรียมพร้อมเพื่อจะออกทางขนาน **การใช้งาน** ใช้เตือนผู้ขับขี่บนทางหลักให้ทราบว่าทางข้างหน้าจะมีจุดเปิดเกาะออกสู่ทางขนานได้ ผู้ขับขี่ที่ต้องการจะออกทางขนานจะได้เตรียมตัวล่วงหน้า
ป้ายเตือนทางร่วม (ต.46) 	**ความหมาย** ทางข้างหน้ามีรถเข้ามาร่วมในทิศทางเดียวกันจากด้านซ้าย **การใช้งาน** ใช้เตือนผู้ขับขี่บนทางหลักให้ทราบว่าทางข้างหน้าจะมีรถเข้ามาร่วมไปในทิศทางเดียวกัน ถ้ารถที่จะเข้ามาร่วมนี้มาจากทางซ้ายให้ติดตั้งป้ายเตือนทางร่วมซ้าย

ตารางที่ 2-10 ตัวอย่างป้ายเตือน (ต่อ)

ลักษณะป้ายเตือน	รายละเอียด
ป้ายเตือนจุดกลับรถ (ต.50)	**ความหมาย** ทางข้างหน้ามีที่กลับรถอยู่ทางด้านขวา **การใช้งาน** ใช้เตือนผู้ขับขี่บนทางหลวงให้ทราบว่าทางข้างหน้าจะมีช่องเปิดเกาะกลาง หรือเกาะแบ่งทางหลักกับทางขนานที่ให้กลับรถได้ ผู้ขับขี่ที่ต้องการจะกลับรถจะได้เตรียมเข้าช่องจราจรที่ถูกต้องและลดความเร็วลง
ป้ายเตือนสัญญาณจราจร (ต.53)	**ความหมาย** ทางข้างหน้ามีสัญญาณไฟจราจรให้ผู้ขับขี่ปฏิบัติตามสัญญาณไฟจราจร **การใช้งาน** ใช้เตือนล่วงหน้าก่อนถึงทางแยกที่มีการควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร หรือในที่ซึ่งผู้ขับขี่ไม่คาดว่าจะมีสัญญาณไฟ หรือในกรณีที่มองเห็นสัญญาณไฟได้ไม่ชัดเจน เนื่องจากโค้งราบ โค้งตั้ง มีแสงสว่างรบกวน หรือบริเวณชานเมืองหรือนอกเมืองที่มีสัญญาณไฟควบคุมการจารจร โดยที่ผู้ขับขี่ไม่สามารถมองเห็นได้ภายในระยะ 200 ม. ก่อนถึงทางแยก

ที่มา: กรมทางหลวง (2561)

2.5.2.3 ป้ายแนะนำ

ป้ายแนะนำเป็นป้ายจราจรที่มีความหมายเป็นการแนะนำให้ผู้ใช้ทางทราบข้อมูลอันเกี่ยวกับการเดินทาง และการจราจร เช่น เส้นทางที่จะใช้ ทิศทาง ระยะทาง สถานที่ รวมทั้งข้อมูลอื่น ๆ เพื่อประโยชน์ในการเดินทาง และการจราจร (กรมทางหลวง, 2561) ซึ่งยกตัวอย่างป้ายแนะนำแต่ละรูปแบบตามมาตรฐานกรมทางหลวงดังตารางที่ 2-13 ส่วนตัวอย่างป้ายแนะนำแต่ละรูปแบบตามมาตรฐานกรมทางหลวงชนบทดังตารางที่ 2-14 และสามารถศึกษาป้ายเตือนทุกรูปแบบจากคู่มือมาตรฐานป้ายจราจร

ตารางที่ 2-13 ตัวอย่างป้ายแนะนำตามมาตรฐานกรมทางหลวง

ลักษณะป้ายแนะนำ	
ป้ายบอกระยะทาง (น.4)	
ป้ายตำแหน่งทางข้าม (น.6)	
ป้ายจุดกลับรถ (น.11)	

ที่มา: กรมทางหลวง (2561)

ตารางที่ 2-14 ตัวอย่างป้ายแนะนำตามมาตรฐานกรมทางหลวงชนบท

ลักษณะป้ายแนะนำ	
ป้ายหมายเลขทางหลวงชนบท (น.1)	
ป้ายระบุทิศทาง (น.6)	
ป้ายระบุทิศทาง (น.7)	

ที่มา: กรมทางหลวงชนบท (2551)

2.5.2.4 ขนาดของป้ายจราจร

ขนาดป้ายจราจรแต่ละชนิด ดังตารางที่ 2-15 ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสภาพทาง และการจราจรของทางหลวงแต่ละประเภทซึ่งจำแนกได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

- กลุ่มที่ 1* ประกอบด้วย ทางหลวงขนาดเล็ก ซอย หรือถนนในเมืองที่มีเขตทางจำกัด
- กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย ทางหลวงแผ่นดินขนาด 2 ช่องจราจร ทางขนาน 1 ช่องจราจร (ขับรถทิศทางเดียว) และทางขนาน (ขับรถสวนทางกัน)
- กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วย ทางหลวงแผ่นดินขนาด 4 ช่องจราจร และทางขนานมากกว่า 1 ช่องจราจร (ขับรถทิศทางเดียว)
- กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วย ทางหลวงแผ่นดินขนาด 6 ช่องจราจรขึ้นไป และทางหลวงพิเศษ

ตารางที่ 2-15 ตัวอย่างขนาดป้ายจราจรตามกลุ่มประเภททางหลวง

รูปป้าย	รหัสป้าย	ชื่อป้าย	กลุ่มประเภททางหลวง			
			กลุ่ม 1	กลุ่ม 2	กลุ่ม 3	กลุ่ม 4
	บ.1	ป้ายหยุด	60X60	75X75	75X75	90X90
	บ.2	ป้ายให้ทาง	60	90	90	90
	บ.6	ป้ายห้ามกลับรถไปทางขวา	45	60	75	75
	บ.7	ป้ายห้ามกลับรถไปทางซ้าย	45	60	75	75
	บ.8	ป้ายห้ามเลี้ยวซ้าย	45	60	75	75
	บ.9	ป้ายห้ามเลี้ยวขวา	45	60	75	75
	บ.29	ป้ายห้ามจอด	45	60	75	75
	บ.32	ป้ายจำกัดความเร็ว	45	60	75	90
	บ.37	ป้ายให้รถเดินทางเดียว	45	60	75	75
	บ.38	ป้ายรถเดินทางเดียวไปทางซ้าย	45	60	75	75
	บ.40	ป้ายให้ชิดซ้าย	45	60	75	75

ตารางที่ 2-16 ตัวอย่างขนาดป้ายจราจรตามกลุ่มประเภททางหลวง (ต่อ)

รูปป้าย	รหัสป้าย	ชื่อป้าย	กลุ่มประเภททางหลวง			
			กลุ่ม 1	กลุ่ม 2	กลุ่ม 3	กลุ่ม 4
	บ.41	ป้ายให้ชิดขวา	45	60	75	75
	บ.43	ป้ายให้เลี้ยวซ้าย	45	60	75	75
	บ.44	ป้ายให้เลี้ยวขวา	45	60	75	75
	บ.45	ป้ายให้เลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวา	45	60	75	75
	บ.48	ป้ายวงเวียน	45	60	75	75
	ต.13	ป้ายเตือนทางแยก	45X45	60X60	75X75	90X90
	ต.14	ป้ายเตือนทางแยก	45X45	60X60	75X75	90X90
	ต.35	ป้ายเตือนรถกระโดด	45X45	60X60	75X75	90X90
	ต.56	ป้ายเตือนคนข้ามถนน	45X45	60X60	75X75	75X75
	ต.71	ป้ายเตือนสิ่งกีดขวาง	45X75	45X75	45X75	45X75
	ต.72	ป้ายเตือนสิ่งกีดขวาง	45X75	45X75	45X75	45X75
	ต.73	ป้ายเตือนสิ่งกีดขวาง	45X75	45X75	45X75	45X75
	ต.75	ป้ายเตือนทางแยก	45X75	60X60	75X75	90X90
	ตส.16	ป้ายเตือนเสริมแนะนำความเร็ว	45X45	45X45	45X45	60X60
	น.6	ป้ายตำแหน่งทางข้าม	45X45	60X60	75X75	75X75
	น.29	ป้ายชื่อถนน	180X30	180X30	180X30	180X30
	นส.10	ป้ายระบุทิศทาง	40X30	50X40	65X50	75X60

หมายเหตุ หน่วยเป็นเซนติเมตร, *กลุ่มที่ 1 อ้างอิงจากมาตรฐานของกรมทางหลวงชนบท (2551) ซึ่งมาตรฐานของกรมทางหลวง (2554) ไม่ได้ระบุไว้

ที่มา : กรมทางหลวง (2554)

2.5.3 มาตรการความปลอดภัยด้านเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง

2.5.3.1 ประเภทเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง

เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางสามารถแบ่งออกเป็น 7 ประเภท (สนข., 2546) ดังต่อไปนี้

1) เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางตามแนวทางเดินรถ
2) เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางขวางแนวทางเดินรถ
3) เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางอื่น
4) เครื่องหมายจราจรบนสันขอบทาง
5) เครื่องหมายจราจรแสดงตำแหน่งของวัตถุหรือสิ่งกีดขวาง
6) เครื่องหมายปุ่มบนพื้นทางจราจร
7) เครื่องหมายนำทาง

2.5.3.2 เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางตามแนวทางเดินรถ

- **เส้นแบ่งทิศทางจราจรปกติ**

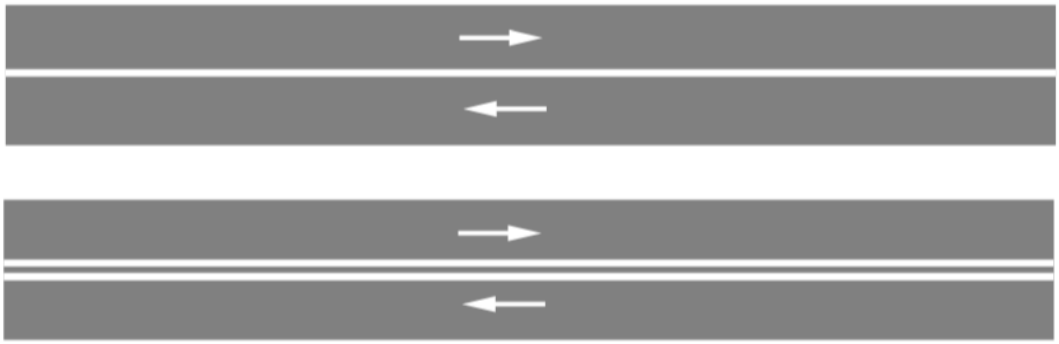
มีลักษณะเส้นประสีเหลืองหมายความว่า เป็นเส้นแสดงการแบ่งแยกการจราจรของยานพาหนะที่มีทิศทางตรงกันข้าม ให้ขับรถไปตามด้านซ้ายของเส้นแบ่งทิศทางการจราจร ยกเว้นในกรณีที่ต้องการแซงขึ้นหน้ารถคนอื่น ดังแสดงในรูปที่ 2-17

ที่มา: สนข. (2546)

รูปที่ 2-17 เส้นแบ่งทิศทางจราจรปกติ

- **เส้นแบ่งทิศทางจราจรห้ามแซง**

มีลักษณะเป็นเส้นทึบสีเหลืองเดี่ยวหรือคู่หมายความว่า ให้ขับรถไปตามด้านซ้ายของเส้น ห้ามมิให้ขับรถผ่าน หรือคร่อมเส้นโดยเด็ดขาด ดังแสดงในรูปที่ 2-18

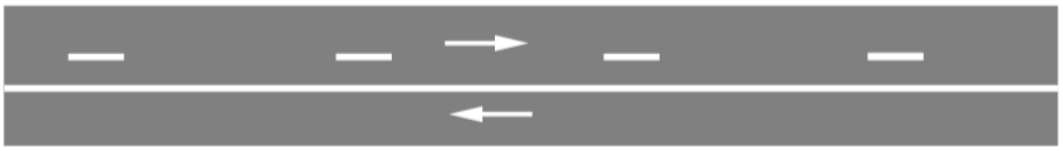


ที่มา: สนข. (2546)

รูปที่ 2-18 เส้นแบ่งทิศทางจราจรห้ามแซง

- **เส้นแบ่งทิศทางจราจรห้ามแซงเฉพาะด้าน**

เป็นเส้นที่กำหนด รถที่ขับอยู่ด้านซ้ายของเส้นทึบ ห้ามมิให้ขับรถผ่านหรือคร่อมเส้นโดยเด็ดขาด ส่วนรถที่ขับอยู่ทางด้านเส้นประ เมื่อเห็นว่าปลอดภัยสามารถแซงขึ้นหน้าคันอื่นหรือล้ำออกไปทางขวาของเส้นได้ ดังแสดงในรูปที่ 2-19



ที่มา: สนข. (2546)

รูปที่ 2-19 เส้นแบ่งทิศทางจราจรห้ามแซงเฉพาะด้าน

- **เส้นแบ่งช่องเดินรถปกติ**

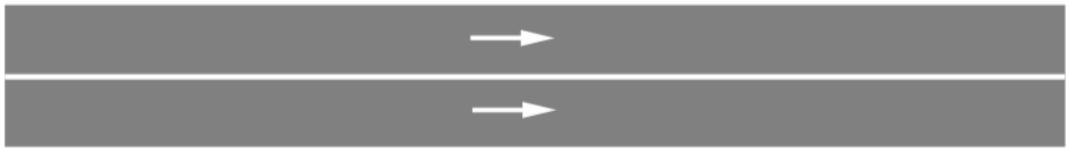
เป็นเส้นแบ่งช่องเดินรถ หรือทางจราจรที่มีทิศทางเดียวกันหมายความว่าให้ขับรถภายในช่องจราจร หรือช่องเดินรถ ห้ามขับคร่อมเส้น เว้นแต่จะเปลี่ยนช่องจราจรหรือช่องเดินรถ ดังแสดงในรูปที่ 2-20

ที่มา: สนข. (2546)

รูปที่ 2-20 เส้นแบ่งช่องเดินรถปกติ

- **เส้นห้ามเปลี่ยนช่องจราจร**

เป็นเส้นแบ่งทางเดินรถหรือทางจราจรในทิศทางเดียวกัน ให้เป็นช่องทางเดินรถหรือช่องจราจรหมายความว่า ให้ขับรถภายในช่องจราจร หรือช่องเดินรถ ห้ามขับผ่านหรือคร่อมเส้น ดังแสดงในรูปที่ 2-21



ที่มา: สนข. (2546)

รูปที่ 2-21 เส้นห้ามเปลี่ยนช่องจราจร

- **เส้นขอบทางด้านนอก**

มีลักษณะเป็นเส้นทึบแถบสีขาวหมายถึง เส้นที่มีไว้ให้ผู้ขับขี่รถทราบถึงขอบผิวจราจรเพื่อความสะดวกและปลอดภัย ดังแสดงในรูปที่ 2-22

ที่มา: สนข. (2546)

รูปที่ 2-22 เส้นขอบทางด้านนอก

- **เส้นขอบทางด้านใน**

มีลักษณะเป็นเส้นทึบแถบสีเหลืองหมายถึง เส้นที่มีไว้ให้ผู้ขับขี่รถทราบถึงขอบทางด้านในของผิวจราจรด้านติดกับเกาะกลางหรือฉนวนแบ่งทิศทางจราจรที่กลางทาง ดังแสดงในรูปที่ 2-23

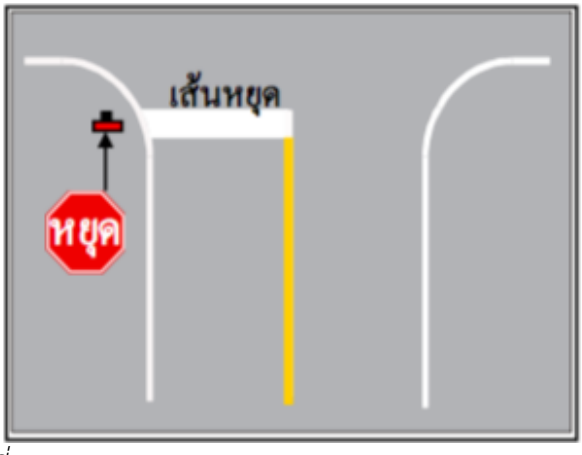
ที่มา: สนข. (2546)

รูปที่ 2-23 เส้นขอบทางด้านใน

2.5.3.3 เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางตามขวาง

- **เส้นแนวหยุด (Stop Line)**

มีลักษณะเป็นเส้นทึบสีขาวกว้างและขวางแนวการเดินรถหมายความว่า เมื่อมีสัญญาณจราจรบังคับ หยุดหรือป้ายหยุด ให้ผู้ขับขี่ต้องหยุดรอก่อนถึงเส้นแนวหยุดและเมื่อได้รับสัญญาณจราจรให้ไปหรือเมื่อไม่เป็นเหตุให้กีดขวางการจราจรแล้วให้ผ่านเส้นแนวหยุดไปได้ ดังแสดงในรูปที่ 2-24



ที่มา: สนข. (2546)

รูปที่ 2-24 เส้นแนวหยุด

- **เส้นทางคนข้าม (Crosswalks)**

มีลักษณะเป็นแถบสีขาวหลาย ๆ แถบประกอบกันขวางทางเดินรถ หรือเป็นเส้นทึบสีขาว สองเส้นขนานกันขวางแนวทางเดินรถ และมีเส้นแนวหยุด หรือเส้นให้ทางประกอบ หมายความว่า ผู้ขับรถทุกชนิดจะต้องขับรถให้ช้าลง และพร้อมที่จะหยุดรถได้ทันท่วงทีเมื่อมีคนข้ามถนน ณ ทางข้ามนั้นในเขตทางข้ามถนนที่ไม่มีเจ้าหน้าที่ หรือสัญญาณควบคุมให้คนเดินข้ามถนนมีสิทธิไปก่อน ฉะนั้นในขณะที่มีคนกำลังเดินอยู่ในทางข้ามถนนให้ผู้ขับขี่หยุดรถก่อนถึงเส้นแนวหยุดหรือเส้นให้ทาง และเมื่อคนเดินข้ามถนนได้ข้ามไปแล้วจึงจะเคลื่อนรถต่อไปได้ ดังแสดงในรูปที่ 2-25

ที่มา: สนข. (2546)

รูปที่ 2-25 เส้นทางคนข้าม

2.5.3.4 เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางอื่น ๆ

- **เขตปลอดภัย หรือเกาะสี**

มีลักษณะเป็นแถบหรือเส้นทึบสีขาว หรือสีเหลืองตีทแยงกับแนวทิศทางการจราจร หรือเป็นลักษณะก้างปลา และล้อมรอบด้วยเส้นทึบสีขาว หรือสีเหลือง หมายความว่าห้ามมิให้ขับรถล้ำเข้าไปในพื้นที่ดังกล่าว

- **ข้อความบนพื้นทาง**

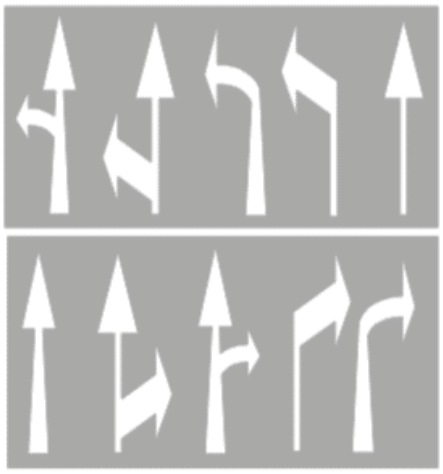
มีลักษณะเป็นข้อความสีขาวบนพื้นทาง เช่น คำว่า “หยุด” “ลดความเร็ว” “ขับช้า ๆ” หมายความว่า ให้ผู้ขับขี่รถต้องปฏิบัติตามข้อความนั้น ๆ หรือเพื่อเตือนให้ระมัดระวังสภาพทางหรือการจราจร หมายความว่า ให้คนขับรถหรือคนเดินเท้าปฏิบัติตาม และระมัดระวังการใช้ช่องจราจร หรือเดินรถให้ถูกต้อง ดังแสดงในรูปที่ 2-26

ที่มา: สนข. (2546)

รูปที่ 2-26 ข้อความบนพื้นทาง

- **ลูกศร**

มีลักษณะเป็นลูกศรสีขาวแสดงทิศทางของการจราจร ให้ตรงไป เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา เลี้ยวกลับหรือร่วมกัน หมายความว่า เมื่อปรากฏในช่องจราจรหรือช่องเดินรถใดให้ผู้ขับรถที่อยู่ในช่องจราจรหรือช่องเดินรถปฏิบัติตามเครื่องหมายนั้น ดังแสดงในรูปที่ 2-27



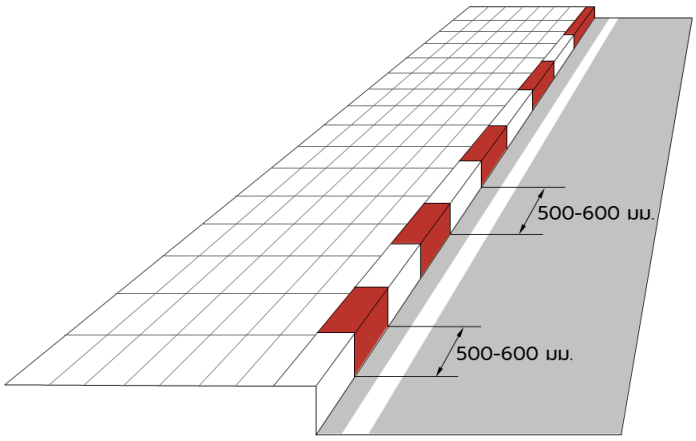
ที่มา : สนข. (2546)

รูปที่ 2-27 ลูกศรแสดงทิศทาง

2.5.3.5 เครื่องหมายจราจรบนสันขอบทาง

- **เครื่องหมายห้ามหยุดรถ**

มีลักษณะเป็นแถบสีแดงสลับขาว แสดงที่ขอบคันหิน หรือขอบทางด้านซ้ายของทางเดินรถ หรือทางจราจร หรือที่อื่น ๆ หมายความว่า ห้ามหยุดรถ หรือจอดรถทุกชนิดตรงแนวนั้นเป็นอันขาด ดังแสดงในรูปที่ 2-28

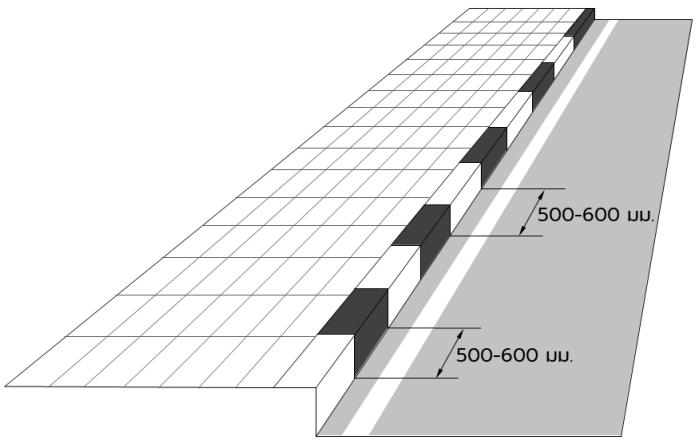


ที่มา: ปรับปรุงจาก สนข. (2546)

รูปที่ 2-28 เครื่องหมายห้ามหยุดรถ

- **เครื่องหมายขาวดำ**

มีลักษณะเป็นแถบสีขาวสลับดำแสดงหรือทำให้ปรากฏที่ขอบคันหินหรือสิ่งกีดขวางอื่น ๆ เพื่อให้ผู้ขับขี่และผู้ใช้ทางได้เห็นขอบคันหินหรือสิ่งกีดขวางนั้น ๆ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2-29



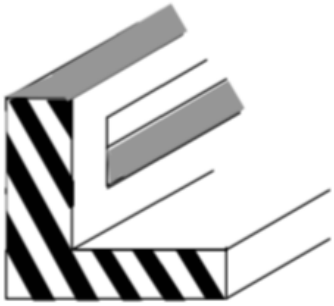
ที่มา: ปรับปรุงจาก สนข. (2546)

รูปที่ 2-29 เครื่องหมายขาวดำ

2.5.3.6 เครื่องหมายวัตถุหรือสิ่งกีดขวางในเขตทาง

- **เครื่องหมายแถบเฉียงสลับสี**

ลักษณะเป็นแถบสีขาวสะท้อนแสงสลับสีดำหรือสีเหลืองสลับดำ แถบทแยงเฉียง 45 องศา ลงมาทางด้านที่รถวิ่งผ่าน ถ้าติดตั้งด้านซ้ายของทางเดินรถ แถบสีเริ่มจากบนซ้ายลงมาล่างขวา และถ้าอยู่ทางด้านขวาของทางเดินรถ แถบเฉียงก็จะทแยงจากขวาลงซ้าย ดังแสดงในรูปที่ 2-30 ในกรณีที่ให้รถไปได้ทั้งทางด้านซ้ายหรือขวา แถบเฉียงทแยงกลางลงไปทางซ้ายและขวาสำหรับสิ่งกีดขวางที่อยู่เหนือทางเดินรถแถบสลับสีตั้งฉากกับทางเดินรถ

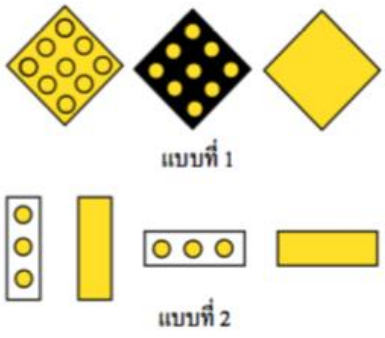


ที่มา : สนข. (2546)

รูปที่ 2-30 เครื่องหมายแถบเฉียงสลับสี

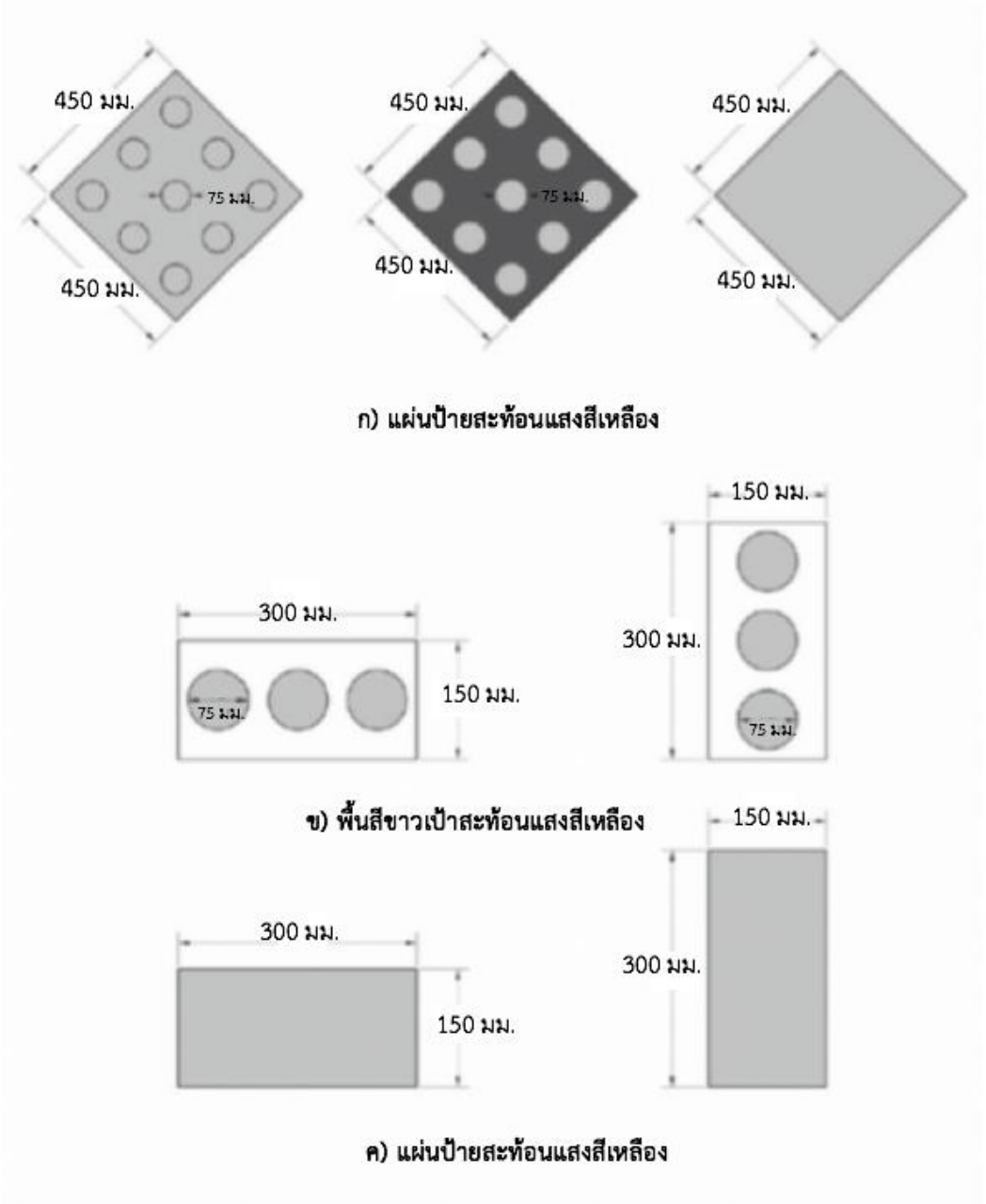
- **เครื่องหมายเป้าสะท้อนแสง**

เครื่องหมายป้ายสะท้อนแสง เป็นแผ่นป้ายที่มีการสะท้อนแสงสูงมากเพื่อใช้ติดตั้งบนวัตถุหรือสิ่งกีดขวางที่เกิดอุบัติเหตุรถชนเป็นประจำ หรือวัตถุหรือสิ่งกีดขวางที่อยู่ในทางเดินรถหรือใกล้ หรือติดกับทางเดินรถหรือใช้ติดตั้งเสริมบนเครื่องหมายแถบเฉียงสลับสีเพื่อเพิ่มความปลอดภัยต่อการจราจร ดังแสดงในรูปที่ 2-31 และรูปที่ 2-32



ที่มา : สนข. (2546)

รูปที่ 2-31 เครื่องหมายเป้าสะท้อนแสง



ที่มา : ปรับปรุงจาก สนข. (2546)

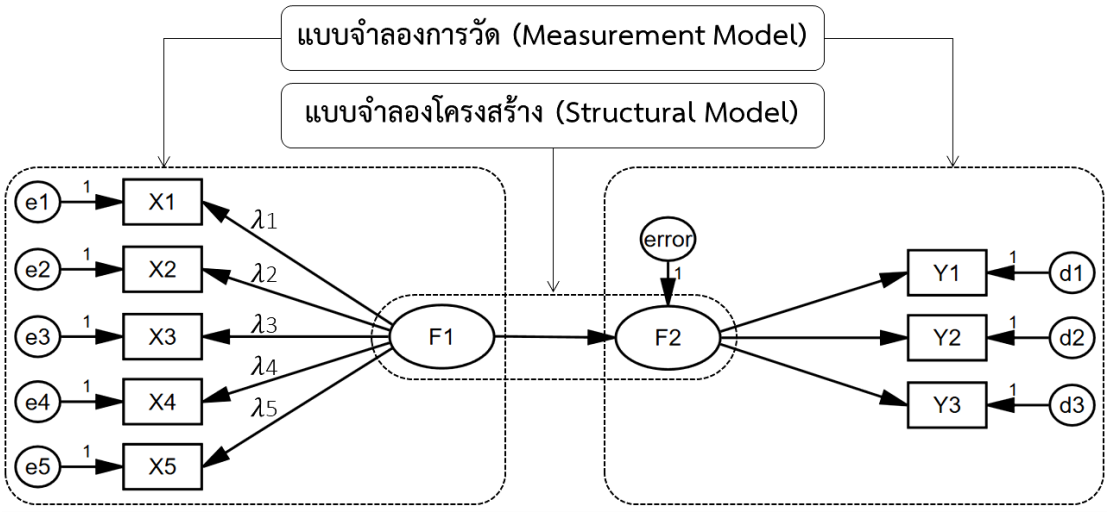
รูปที่ 2-32 มาตรฐานเครื่องหมายเป้าสะท้อนแสง

2.6 แบบจำลองสมการโครงสร้าง

2.6.1 องค์ประกอบของแบบจำลองสมการโครงสร้าง

แบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model หรือ SEM) เป็นวิธีการที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรหลายตัวทั้งอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมในเวลาเดียวกัน โดยสามารถวิเคราะห์และตรวจสอบความสัมพันธ์ของหลายตัวแปรในรูปแบบของชุดสมการในการวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์ของแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) ได้ประยุกต์ใช้วิธีการที่หลากหลายร่วมกัน ทั้งการวิเคราะห์อิทธิพลหรือเส้นทาง (Path Analysis) การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Covariance) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation) และการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรด้วยการวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) จึงทำให้แบบจำลองสมการโครงสร้างเป็นทั้งวิธีที่ใช้หาสาเหตุและความสัมพันธ์ของชุดตัวแปรที่พิจารณา (กัลยา, 2562)

แบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) ประกอบด้วยแบบจำลอง 2 ส่วน ประกอบด้วยแบบจำลองการวัด (Measurement Model) และแบบจำลองโครงสร้าง (Structural Model) ดังแสดงในรูปที่ 2-33 จากรูปตัวอย่างจะเห็นว่าแบบจำลองสมการโครงสร้างนี้ ประกอบด้วยแบบจำลองการวัด 2 แบบจำลอง และแบบจำลองโครงสร้าง 1 แบบจำลอง โดยอธิบายรายละเอียดดังต่อไปนี้



ที่มา: ปรับปรุงจาก กัลยา (2562, หน้า 79)

รูปที่ 2-33 ตัวอย่างองค์ประกอบของแบบจำลองสมการโครงสร้าง

1) แบบจำลองการวัด

แบบจำลองการวัดเป็นแบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรสังเกตได้ (Observed Variables) กับตัวแปรแฝง (Latent Variables) (กัลยา, 2562) จากตัวอย่างในรูปที่ 2-33 จะเห็นว่าแบบจำลองการวัด (ด้านซ้าย) ประกอบด้วยตัวแปรแฝงภายนอก (Exogenous Latent Variable) F_1 ซึ่งเป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรสาเหตุ และมีหน้าที่วัดค่าจากชุดตัวแปรสังเกตได้ภายนอก (Exogenous Observed Variables) X (X_1 ถึง X_5) ส่วน ถึง เป็นค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย ซึ่งเป็นค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading) ของตัวแปร X_1 ถึง X_5 ที่มีต่อตัวแปรแฝง F_1 นอกจากนี้ ยังมีตัวแปรความคลาดเคลื่อน e_1 ถึง e_5 ที่วัดความคลาดเคลื่อนของตัวแปรสังเกตได้ภายนอก ในลักษณะคล้ายกัน แบบจำลองการวัด (ด้านขวา) ระหว่างตัวแปรแฝงภายใน (Endogenous Latent Variable) F_2 กับชุดตัวแปรสังเกตได้ภายใน (Endogenous Observed Variable) Y (Y_1 ถึง Y_3) โดยมีตัวแปรความคลาดเคลื่อน d (d_1 ถึง d_3) จากการวัดตัวแปรสังเกตได้ภายใน

2) แบบจำลองโครงสร้าง

แบบจำลองโครงสร้าง (Structural Model) เป็นแบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรแฝงภายนอกกับตัวแปรแฝงภายใน จากรูปที่ 2-33 จะเห็นว่าแบบจำลองโครงสร้างแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรแฝงภายนอก F_1 และตัวแปรแฝงภายใน F_2

2.6.2 การพิจารณาขนาดจำนวนตัวอย่าง

เมื่อพิจารณาถึงความเพียงพอของขนาดกลุ่มตัวอย่างสำหรับพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) จำเป็นต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ โดยกรณีที่ทราบขนาดประชากรอาจใช้สูตรของ Taro Yamane (1973) ดังสมการที่ 2-17 เพื่อคำนวณจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

$$n = \frac{N}{1 + N(e^2)} \tag{2-18}$$

โดยที่ n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
N คือ จำนวนประชากร
e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

ในกรณีที่ไม่ทราบขนาดของประชากรอาจพิจารณาเป็นอัตราส่วน โดยทั่วไปจำนวนกลุ่มตัวอย่างควรมี 10 ถึง 20 เท่าของจำนวนตัวแปรสังเกตได้ (กัลยา, 2562)

2.6.3 การวิเคราะห์ปัจจัยของแบบจำลองสมการโครงสร้าง

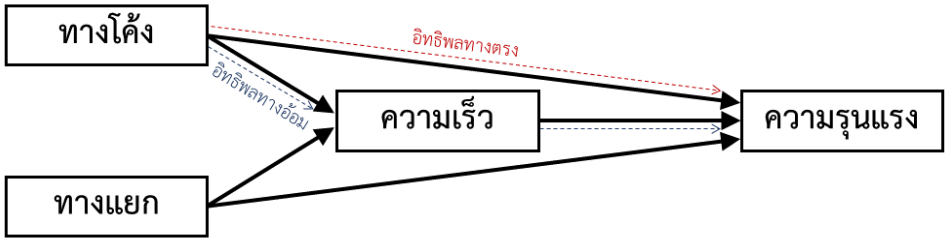
สำหรับแบบจำลองการวัด (Measurement Model) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลองสมการโครงสร้าง ต้องใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) ทั้งนี้เทคนิคในการวิเคราะห์ปัจจัย แบ่งได้ 2 ประเภท (กัลยา, 2562, หน้า 43)

1) การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA) เป็นการวิเคราะห์ที่ยังไม่ทราบโครงสร้างของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ ซึ่งอาจเป็นตัวแปรหรือความสัมพันธ์ที่ยังไม่มีการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องมาก่อน

2) การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) เป็นการวิเคราะห์ที่ทราบถึงโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้

2.6.4 อิทธิพลของตัวแปรสังเกตได้

การวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis) เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาอิทธิพลของตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตามในรูปแบบของเส้นทางอิทธิพล โดยแบ่งเป็นอิทธิพลทางตรง (Direct Effect) และอิทธิพลทางอ้อม (Indirect Effect) (กัลยา, 2562, หน้า 182-190) จากตัวอย่างรูปที่ 2-34 ทางโค้งส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุ 2 รูปแบบ คือ ส่งผลทางตรง (ทางโค้ง -> ความรุนแรง) และส่งผลทางอ้อม โดยส่งผลต่อความเร็วก่อนแล้วส่งผลต่อความรุนแรง (ทางโค้ง -> ความเร็ว -> ความรุนแรง) ส่วนทางแยกมีเส้นทางอิทธิพลคล้ายกับทางโค้งดังอธิบายข้างต้น



ที่มา: ดัดแปลงจาก กัลยา (2562)

รูปที่ 2-34 ตัวอย่างอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม

2.6.5 การตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองสมการโครงสร้าง

การตรวจสอบความสอดคล้องหรือความกลมกลืนของแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) เป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงระหว่างข้อมูลเชิงประจักษ์ (เช่น ข้อมูลอุบัติเหตุ) กับผลที่ได้จากแบบจำลองสมการโครงสร้างที่คาดไว้บนสมมติฐานแผนภาพเส้นทาง (Path Analysis) หากผลจากแบบจำลองฯ สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในแบบจำลองฯ มีลักษณะคล้ายกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังนั้น สามารถนำสมมติฐานที่กำหนดไว้มาใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ แต่หากไม่มีความสอดคล้องกัน ต้องปรับรูปแบบความสัมพันธ์หรือสมมติฐานของแบบจำลองต่อไป

ในการตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองสมการโครงสร้างต้องใช้ค่าทางสถิติที่หลากหลาย ซึ่งจากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา สามารถสรุปค่าสถิติที่นิยมใช้ตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองสมการโครงสร้างได้ดังตารางที่ 2-16

ตารางที่ 2-16 ค่าสถิตที่นิยมใช้ตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองสมการโครงสร้าง

ค่าสถิติใช้ทดสอบความสอดคล้อง	เกณฑ์ตรวจสอบ		เอกสารอ้างอิง
	ดี	พอใช้	
Probability level	>0.05	-	Carmines และ Mclver (1981)
C_{MIN} (Chi-Square)	เข้าใกล้ 0	เข้าใกล้ 0	Carmines และ Mclver (1981)
C_{MIN}/DF (Relative Chi-Square)	<2	2.00-3.00	Bollen (1989) Diamantopoulos *et al*. (2000)
RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation)	<0.05	0.05-0.08	Steiger และ Lind (1980) Schumacker และ Lomax (2004)
GFI (Goodness of Fit Index)	>0.95	0.90-0.95	Joreskog และ Sorbom (1989)
AGFI (Adjusted Goodness of Fit Index)	>0.95	0.90-0.95	Schumacker และ Lomax (2004)
RMR (Root Mean Residual)	<0.05	0.05-0.10	Diamantopoulos *et al*. (2000)
SRMR (Stand. Root Mean Square Residual)	<0.05	0.05-0.08	Hu และ Bentler (1995) Joreskog และ Sorbom (1989)
IFI (Incremental Fit Index)	>0.95	0.90-0.95	Bollen (1986)
NFI (Normed Fit Index)	>0.95	0.90-0.95	Bentler *et al*. (1980)
CFI (Comparative Fit Index)	>0.95	0.90-0.95	Bentler *et al*. (1980)
TLI (Tucker-Lewis Index)	>0.95	0.90-0.95	Hu และ Bentler (1999) Schumacker และ Lomax (2004)
HOELTER 0.05	>200	-	Carmines และ Mclver (1981)

ที่มา: สรุปโดยผู้วิจัย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

บทนี้นำเสนอวิธีการและขั้นตอนของงานวิจัย โดยสรุปจากการศึกษาทบทวนทั้งวิธีการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งวิธีการดำเนินงานวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 กรอบการดำเนินงานวิจัย

เพื่อให้งานวิจัยนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา รูปที่ 3-1 แสดงกระบวนการของงานวิจัย 6 ขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย

1) การทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย การจัดการบริเวณอันตราย เพื่อใช้วิเคราะห์ปัญหาและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงบริเวณอันตราย และการพัฒนาแบบจำลองทางสถิติ เพื่อใช้วิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน โดยเน้นการพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง

2) การรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ต

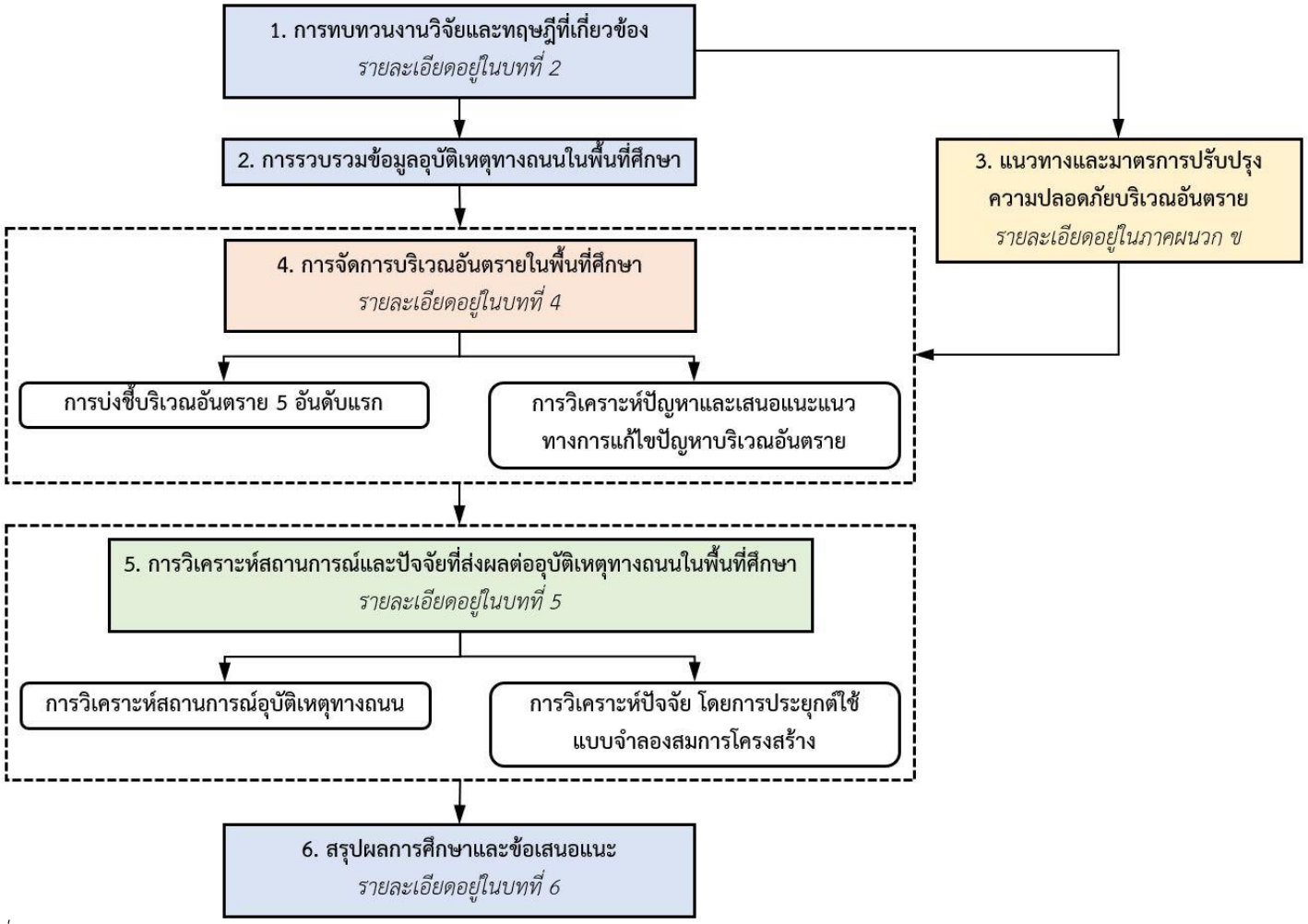
3) การสรุปมาตรการการปรับปรุงบริเวณอันตราย เป็นการรวบรวมแนวทางและมาตรการปรับปรุงความปลอดภัยทางถนน โดยแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข

4) การวิเคราะห์บริเวณอันตรายในพื้นที่ศึกษา โดยศึกษาบริเวณอันตราย 5 อันดับแรก และเสนอแนวทางแก้ไขบริเวณอันตรายทั้ง 5 อันดับ รายละเอียดอธิบายในบทที่ 4

5) การวิเคราะห์สถานการณ์และปัจจัยที่ส่งผลต่ออุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษา โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์สถานการณ์ของอุบัติเหตุทางถนน โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) และการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน โดยพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) รายละเอียดนำเสนอในบทที่ 5

6) สรุปผลการศึกษาทั้งหมดที่ได้จากงานวิจัยนี้ และเสนอแนวทางการนำงานวิจัยไปใช้งาน รวมทั้งข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต รายละเอียดสรุปในบทที่ 6

รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนในงานวิจัย ได้อธิบายรายละเอียดในหัวข้อถัดไป



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 3-1 กรอบการดำเนินงานวิจัย

3.2 การทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้ได้ทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยแบ่งกลุ่มการทบทวนออกเป็น 2 ส่วน มีดังนี้

1) การทบทวนวิธีการวิเคราะห์ปัญหาบริเวณอันตราย และมาตรการเพิ่มความปลอดภัยด้านถนนโดยจำแนกตามลักษณะการชน เพื่อนำวิธีการและมาตรการที่ได้มาเสนอแนะแนวทางการแก้ไขบริเวณอันตรายในเชิงพื้นที่ของพื้นที่ศึกษาต่อไป

2) การทบทวนแบบจำลองความปลอดภัยทางถนน เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุในเชิงระบบของพื้นที่ศึกษา โดยศึกษาการพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) ซึ่งเริ่มเป็นที่นิยมและสามารถนำมาประยุกต์กับงานวิจัยด้านความปลอดภัยทางถนน

รายละเอียดของการศึกษาทั้ง 2 ส่วนได้กล่าวไว้ในบทที่ 2

3.3 การรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุทางถนน

ข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนที่นำมาใช้ในการศึกษานี้ เป็นข้อมูลอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนถนนในพื้นที่กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต โดยใช้ข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนที่เกิดขึ้นตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2560 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2562 รวมเป็นระยะเวลา 3 ปี ข้อมูลดังกล่าวได้จากการรายงานโดยเจ้าหน้าที่ตำรวจในพื้นที่จังหวัดภูเก็ตบันทึกลงในฐานข้อมูลอุบัติเหตุของ ATRANS Safety Map ซึ่งมีความน่าเชื่อถืออย่างมาก โดยเฉพาะข้อมูลตำแหน่งที่ชัดเจนของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น อีกทั้งข้อมูลมีความละเอียดและสอดคล้องกับปัจจัยที่นำมาพิจารณาในการพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) ของงานวิจัยนี้

3.4 การนำเสนอมาตรการปรับปรุงบริเวณอันตราย

งานวิจัยนี้ได้ทบทวนแนวทางและมาตรการปรับปรุงความปลอดภัยด้านถนน โดยจำแนกตามลักษณะการชน และค่าประสิทธิผลร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุ (Crash Reduction Factor หรือ CRF) ทั้งจาก Austroads Road Safety Engineering Toolkit (Austroads, 2015) และ Crash Modification Factors Clearinghouse (FHWA, 2020) รวมทั้งเอกสารประกอบการฝึกอบรมเรื่อง การแก้ไขจุดอันตราย (สนข., 2551) แล้วนำมาสรุปเป็นแนวทางและมาตรการปรับปรุงบริเวณอันตราย (รายละเอียดอธิบายในหัวข้อที่ 2.5 และนำเสนอผลการสรุปแนวทางไว้ในภาคผนวก ข) เพื่อนำมาตรการที่ได้มาเป็นแนวทางการแก้ไขบริเวณอันตรายเชิงพื้นที่ของพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ตต่อไป (ผลการประยุกต์ใช้งานกล่าวไว้ในบทที่ 4)

3.5 การจัดการบริเวณอันตรายในพื้นที่ศึกษา

3.5.1 การบ่งชี้บริเวณอันตราย

การบ่งชี้ตำแหน่งของบริเวณอันตรายในงานวิจัยนี้ ได้นำข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ต ย้อนหลัง 3 ปี (1 มกราคม พ.ศ. 2560 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2562) มาคำนวณมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งจำแนกตามอาการผู้ประสบเหตุตามมูลค่าปี พ.ศ. 2561 (กรมทางหลวง, 2562) ดังแสดงในตารางที่ 3-1 ในงานวิจัยได้ประยุกต์ใช้แอปพลิเคชัน ATRANS Safety Map ซึ่งสามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียของข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา แล้วจัดกลุ่มบริเวณอันตรายจากมูลค่าความสูญเสียที่คำนวณได้ จากนั้นผู้วิจัยได้พิจารณาลงรายละเอียดของบริเวณอันตรายดังกล่าวอีกครั้ง และเลือกบริเวณที่มีมูลค่าความสูญเสียมากที่สุด 5 อันดับแรก รายละเอียดผลการศึกษาอยู่ในหัวข้อ 4.1

ตารางที่ 3-1 มูลค่าความสูญเสียจำแนกตามอาการผู้ประสบอุบัติเหตุทางถนน

อาการผู้ประสบเหตุ	มูลค่าความสูญเสีย ปี พ.ศ. 2561
เสียชีวิต	11,135,469 บาท/ราย
บาดเจ็บสาหัส	4,091,379 บาท/ราย
บาดเจ็บเล็กน้อย	72,307 บาท/ราย
ทรัพย์สินเสียหายเท่านั้น	95,473 บาท/ราย
ไม่บาดเจ็บ (ค่าเสียเวลา)[a]	300 บาท/ราย

หมายเหตุ [a]ค่าเสียเวลาคิดจากค่าแรงขั้นต่ำ 300 บาท/วัน (โดยสมมติว่าผู้ประสบเหตุอาจต้องลางานทั้งวัน)

ที่มา: กรมทางหลวง (2562)

3.5.2 การวิเคราะห์ปัญหาและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงบริเวณอันตราย

งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ปัญหาบริเวณอันตรายจากข้อมูลอุบัติเหตุแผนผังการชน อีกทั้งข้อมูลปริมาณการจราจรและความเร็วของยานพาหนะที่สำรวจในพื้นที่จริง แล้วนำปัญหาดังกล่าวมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางและมาตรการปรับปรุงความปลอดภัยบริเวณอันตราย จากแนวทางทั้งหมดที่สรุปไว้ในภาคผนวก ข ทั้ง 5 บริเวณ รายละเอียดผลการศึกษาอยู่ในบทที่ 4

3.6 การวิเคราะห์สถานการณ์และปัจจัยที่ส่งผลต่ออุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษา

ข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ตจากฐานข้อมูล ATRANS Safety Map ที่ผ่านการคัดกรองความครบถ้วนของข้อมูลมีทั้งหมด 497 ครั้ง ถูกนำมาวิเคราะห์ 2 ส่วน ส่วนแรก คือ การวิเคราะห์สถานการณ์ เพื่อให้ทราบสถานการณ์ความไม่ปลอดภัยทางถนนในจังหวัดภูเก็ต

ในภาพรวม และส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนเชิงระบบของพื้นที่ศึกษา โดยรายละเอียดในการวิเคราะห์แต่ละส่วน มีดังนี้

3.6.1 การวิเคราะห์ภาพรวมของอุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษา

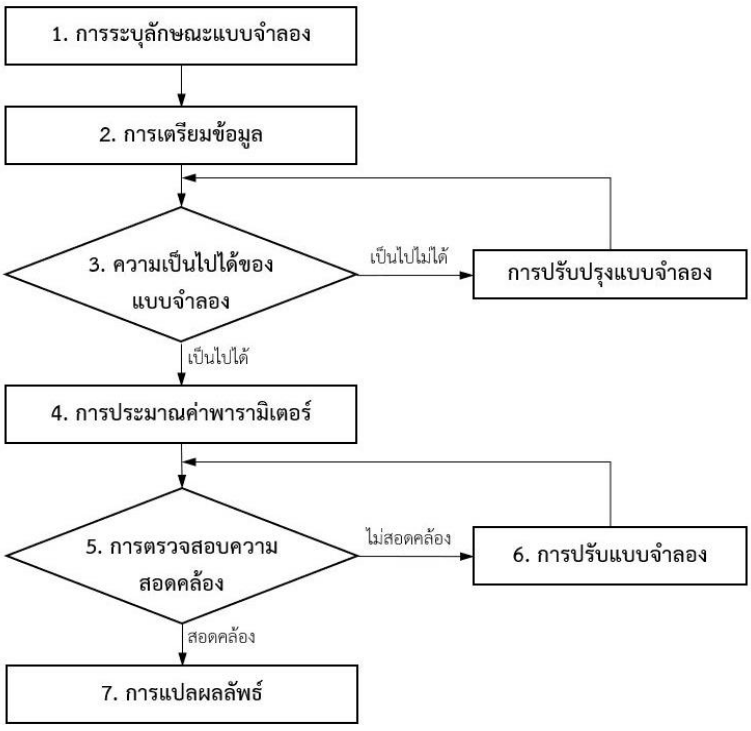
การวิเคราะห์ภาพรวมอุบัติเหตุทางถนน เป็นการนำข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษามาวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เช่น การหาร้อยละ เป็นต้น เพื่อบรรยายลักษณะข้อมูลทั่วไปของอุบัติเหตุที่ศึกษา โดยงานวิจัยนี้ ได้วิเคราะห์ในประเด็นต่อไปนี้

1) อาการของผู้ประสบเหตุจำแนกตามความรุนแรง
2) ยานพาหนะที่ประสบเหตุจำแนกตามประเภท
3) รายละเอียดของอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับรถจักรยานยนต์
4) ลักษณะของอุบัติเหตุจำแนกตามรูปแบบการชน
5) ลักษณะทางกายภาพและสภาพแวดล้อมที่เกิดเหตุ รวมถึงพฤติกรรมผู้ขับขี่

รายละเอียดผลการศึกษาอยู่ในหัวข้อที่ 5.1

3.6.2 การพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง

งานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนในการพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) ซึ่งมีการวิเคราะห์ 7 ขั้นตอน (กัลยา, 2562) ดังแสดงในรูปที่ 3-2 โดยอธิบายรายละเอียดดังนี้



ที่มา: ปรับปรุงจาก กัลยา (2562, หน้า 88)

รูปที่ 3-2 แผนผังการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง

ขั้นตอนที่ 1 การระบุลักษณะแบบจำลอง

การระบุหรือกำหนดลักษณะของแบบจำลองเป็นขั้นตอนพื้นฐานที่สำคัญของการพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง โดยได้ศึกษาทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเขียนแผนภาพเส้นทาง (Path Diagram) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ เช่น ตัวแปรสังเกตได้ (Observed Variables) ตัวแปรแฝง (Latent Variables) โดยสร้างความสัมพันธ์บนกรอบแนวคิดของแบบจำลองการวัด (Measurement Model) และแบบจำลองโครงสร้าง (Structural Model) ในงานวิจัยนี้ได้นำความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนจากงานวิจัยของ Eboli และ Mazzulla มาประยุกต์ใช้งานโดยสร้างตัวแปรแฝงด้วยการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis หรือ CFA)

ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมข้อมูล

การเตรียมข้อมูลเบื้องต้นก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์ ได้มีการคัดเลือกข้อมูล (Data Screening) อุบัติเหตุที่มีความครบถ้วนและสอดคล้องกับการวิเคราะห์ โดยพิจารณาในประเด็นต่อไปนี้

1) ลักษณะของตัวแปรต้นที่นำมาศึกษาเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ (Qualitative Variable) จึงต้องจัดการตัวแปรดังกล่าวให้เป็นตัวแปรทวิภาค (Dichotomous Variable) โดยใช้วิธีการ Dummy Coding (ชวลิต, 2555) เช่น การจัดการตัวแปรเพศ (ชาย, หญิง) กำหนดให้ X_1 คือ ตัวแปรเพศชาย ถ้า X_1=1 แสดงว่าเป็นเพศชาย ถ้า X_1=0 แสดงว่าไม่ใช่เพศชาย (หญิง) เป็นต้น

2) การตรวจสอบข้อมูลที่สูญหาย โดยตัดชุดข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ออก

3) การตรวจสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลเชิงปริมาณ โดยพิจารณาจากค่าความเบ้ (Skewness) และค่าความโด่ง (Kurtosis) ของข้อมูลที่นำมาพิจารณา

4) การพิจารณาจำนวนของตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัว ต้องมีอย่างน้อย 30 ข้อมูล (Student, 1908) เช่น มีข้อมูลทั้งหมด 200 ข้อมูล ตัวแปรเพศชาย 165 คน ตัวแปรเพศหญิง 35 คน แต่ละตัวแปรเกิน 30 คน

5) การตรวจสอบความเพียงพอของจำนวนกลุ่มตัวอย่าง โดยกรณีทราบขนาดประชากรอาจพิจารณาจากสูตรของ Taro Yamene (1989) และกำหนดให้ e=0.05 แต่ในกรณีที่ไม่ทราบขนาดประชากร โดยทั่วไปแบบจำลองสมการโครงสร้างควรมีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 10 ถึง 20 เท่าของจำนวนตัวแปรสังเกตได้ (กัลยา, 2562)

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบความเป็นไปได้ของแบบจำลอง

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบจำนวนสมการในแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) ที่ต้องมีอย่างน้อยเท่ากับจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า เพื่อให้สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้เพียงค่าเดียว (Unique Solution) (นงลักษณ์, 2542) ในการตรวจสอบดังกล่าวพิจารณาได้จากค่าองศาอิสระ (Degree of Freedom, DF) (Schumacker และ Lomax, 2010) โดยคำนวณได้จากสมการที่ 3-1

$$DF = \frac{N(N+1)}{2} - P \qquad (3\text{-}1)$$

โดยที่ N คือ จำนวนตัวแปรสังเกตได้ทั้งหมด

P คือ จำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า

ค่า DF สามารถระบุลักษณะของแบบจำลอง 3 ลักษณะ ดังนี้

1) ถ้าค่า DF<0 แสดงว่า แบบจำลองระบุไม่พอดี (Under Identified Model)
2) ถ้าค่า DF=0 แสดงว่า แบบจำลองระบุพอดี (Just Identified Model)
3) ถ้าค่า DF>0 แสดงว่า แบบจำลองระบุเกินพอดี (Over Identified Model)

การพัฒนาแบบจำลองต้องมีค่าองศาอิสระมากกว่าศูนย์ จึงสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบความสอดคล้องของแบบจำลองในขั้นตอนต่อไปได้

ขั้นตอนที่ 4 การประมาณค่าพารามิเตอร์

การประมาณค่าพารามิเตอร์เป็นขั้นตอนวิเคราะห์ข้อมูลที่มีหลักการ คือ การแก้สมการด้วยกระบวนการทำซ้ำ (Iteration) ซึ่งกำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น และแก้สมการโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณจนกระทั่งค่าพารามิเตอร์ลู่เข้าสู่ค่าจริง (Convergence)

การประมาณค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นให้ใกล้เคียงกับค่าจริงสามารถทำได้หลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้ใช้วิธี Maximum Likelihood (ML) ในการประมาณค่าเริ่มต้น เพราะวิธีดังกล่าวมีคุณสมบัติที่ดี ได้ค่าพารามิเตอร์ที่มีความคงที่ (Consistency) มีประสิทธิภาพ (Efficiency) และเป็นอิสระจากข้อมูล (กัลยา, 2562, หน้า 106)

ขั้นตอนที่ 5 การตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลอง

หลังจากทราบค่าพารามิเตอร์แล้ว ต้องตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองที่คาดไว้จากแผนภาพเส้นทาง (Path Diagram) กับข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วยสถิติทดสอบความสอดคล้องดังแสดงในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ค่าสถิติทดสอบความสอดคล้องที่ใช้ในการศึกษานี้

ค่าสถิติใช้ทดสอบความสอดคล้อง	เกณฑ์ตรวจสอบ		อ้างอิง
	ดี	พอใช้	
Probability level	>0.05	-	Carmines และ Mclver (1981)
C_{MIN}/DF	<2	2.00-3.00	Bollen (1989), Diamantopoulos *et al*. (2000)
RMSEA	<0.05	0.05-0.08	Steiger และ Lind (1980) Schumacker *et al*. (2004)
GFI	>0.95	0.90-0.95	Joreskog และ Sorbom (1989)
AGFI	>0.95	0.90-0.95	Schumacker และ Lomax (2004)
RMR	<0.05	0.05-0.10	Diamantopoulos *et al*. (2000)
IFI	>0.95	0.90-0.95	Bollen (1986)
NFI	>0.95	0.90-0.95	Bentler *et al*. (1980)
CFI	>0.95	0.90-0.95	Bentler *et al*. (1980)
TLI	>0.95	0.90-0.95	Hu และ Bentler (1999), Schumacker *et al*. (2004)
HOELTER 0.05	>200	-	Carmines และ Mclver (1981)

หมายเหตุ ค่าสถิติทั้งหมดที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองในงานวิจัยนี้

ที่มา: สรุปโดยผู้วิจัย

ขั้นตอนที่ 6 การปรับแบบจำลอง

หากแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) ไม่มีความสอดคล้อง ต้องปรับแบบจำลองให้ค่าแปรปรวนและค่าแปรปรวนร่วมของข้อมูลที่แบบจำลองคาดไว้กับข้อมูลเชิงประจักษ์มีความสอดคล้องกัน ในงานวิจัยนี้มีการปรับแบบจำลอง โดยตัดตัวแปรสังเกตได้ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย ซึ่งเป็นค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading หรือ FL) ของตัวแปรสังเกตได้ต่อตัวแปรแฝงน้อยที่สุดออกทีละตัว (Mohamad *et al.*, 2013) แล้ววิเคราะห์แบบจำลองใหม่ พร้อมพิจารณาค่าสถิติตรวจสอบความสอดคล้องอีกครั้ง (ดังแสดงในตารางที่ 3-2) ทำซ้ำจนกระทั่งผลที่ได้จากแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) และผลจากข้อมูลอุบัติเหตุมีความสอดคล้อง

ขั้นตอนที่ 7 การแปลผลแบบจำลอง

การแปลผลแบบจำลองเป็นการอธิบายความสอดคล้องของแบบจำลองและร้อยละความถูกต้องของแบบจำลอง เป็นต้น และอธิบายผลค่าประมาณพารามิเตอร์แต่ละตัวของแบบจำลองที่ได้ ซึ่งประกอบด้วย ความหมายของสัมประสิทธิ์ความถดถอยในแบบจำลองสมการโครงสร้าง ค่าน้ำหนักปัจจัย และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

3.7 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การสรุปผลการศึกษาการจัดการบริเวณอันตราย และการพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง รายละเอียดกล่าวไว้ในบทที่ 6

บทที่ 4
ผลการศึกษาการจัดการบริเวณอันตราย

บทนี้นำเสนอผลการศึกษาและวิธีการแก้ไขบริเวณอันตรายในจังหวัดภูเก็ต 5 อันดับแรก โดยประยุกต์ใช้มาตรการเพิ่มความปลอดภัยทางถนนจำแนกตามลักษณะการชน (รายละเอียดกล่าวไว้ในภาคผนวก ข) ประกอบกับการศึกษาข้อมูลปริมาณการจราจรและความเร็วในบริเวณอันตรายดังกล่าว เพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงบริเวณอันตรายเชิงพื้นที่ (Area-based) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

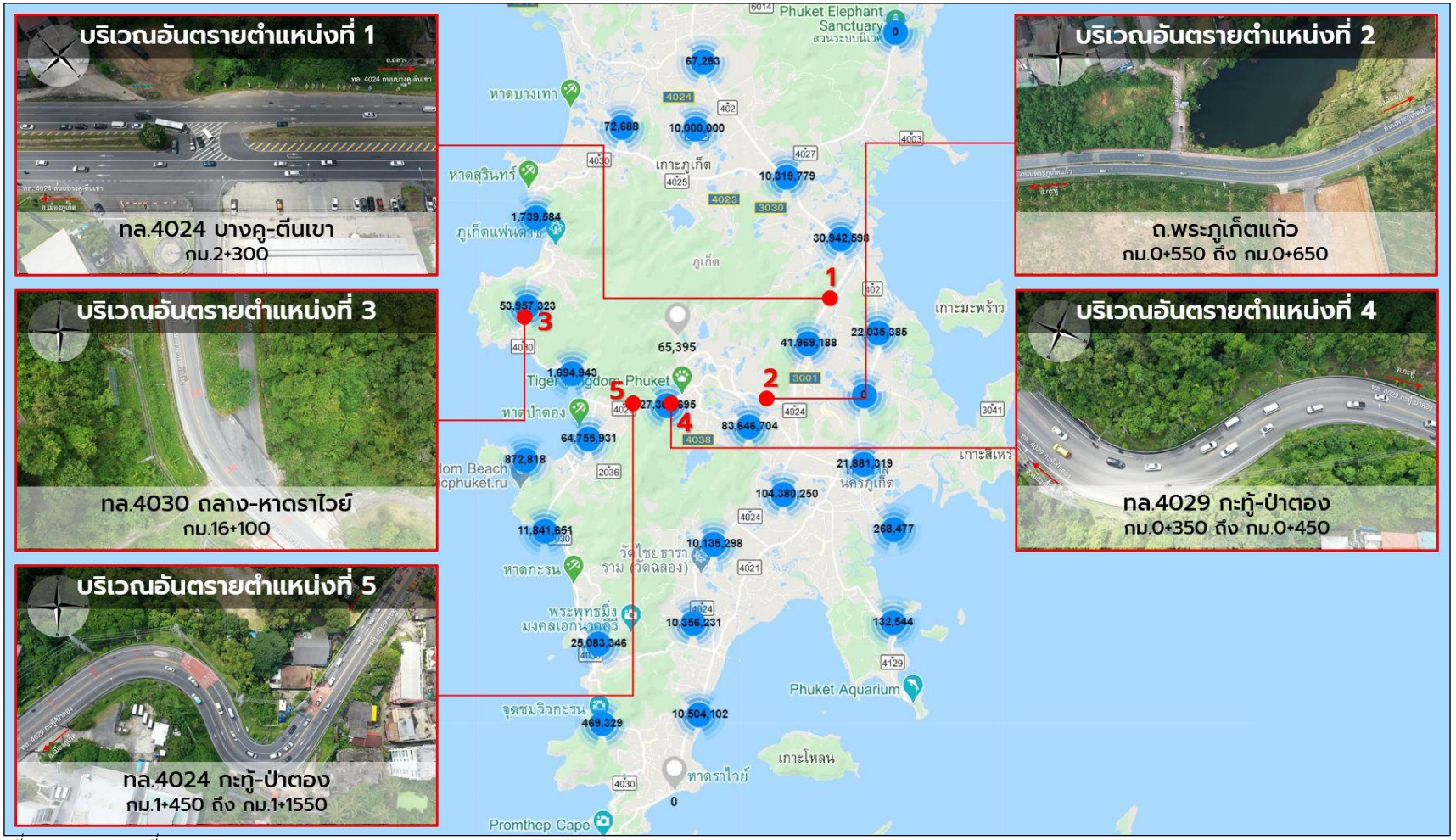
4.1 ผลการบ่งชี้ตำแหน่งบริเวณอันตรายในพื้นที่ศึกษา

การหาตำแหน่งของบริเวณอันตรายในงานวิจัยนี้ พิจารณาจากการประมาณมูลค่าความสูญเสียจากอุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ต โดยนำข้อมูลอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น (ย้อนหลัง 3 ปี) ระหว่าง 1 มกราคม พ.ศ. 2560 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2562 จำนวน 497 ครั้ง จากฐานข้อมูล ATRANS Safety Map มาประยุกต์ใช้กับวิธีการประมาณมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ (รายละเอียดกล่าวไว้ในหัวข้อ 2.4.3) เพื่อจัดอันดับบริเวณอันตราย 5 อันดับแรก ผลการศึกษาบริเวณอันตรายทั้ง 5 อันดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-1 ส่วนตำแหน่งของบริเวณอันตรายแสดงในรูปที่ 4-1 โดยรายละเอียดของแต่ละบริเวณอันตรายอธิบายในหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 4-1 รายละเอียดโดยสรุปแต่ละบริเวณอันตราย 5 อันดับแรกในพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ต

ตำแหน่งที่	บริเวณ	จำนวนผู้ประสบเหตุตลอด 3 ปี (ราย)				มูลค่าความสูญเสียโดยประมาณ[a] (บาท)
		เสียชีวิต	สาหัส	เล็กน้อย	ไม่บาดเจ็บ	
1	จุดกลับรถ ทล.4024 ช่วงบางคู-ตีนเขา กม.2+300	3	1	3	8	37,717,107
2	ช่วงถนน ถ.พระภูเก็ตแก้ว กม.0+550 ถึง กม.0+650	3	1	3	2	37,715,307
3	ทางแยก ทล.4030 ช่วงถลาง-หาดราไวย์ กม.16+100	3	0	12	13	34,277,991
4	ช่วงถนน ทล.4029 ช่วงกะทู้-ป่าตอง กม.0+350 ถึง กม.0+450	2	1	24	12	28,101,285
5	ช่วงถนน ทล.4029 ช่วงกะทู้-ป่าตอง กม.1+450 ถึง กม.1+550	2	0	16	21	23,434,150

หมายเหตุ: [a]พิจารณามูลค่าความสูญเสีย ณ ปี พ.ศ. 2561 (กรมทางหลวง, 2562)
ที่มา: ผู้วิจัย



ที่มารูปภาพแผนที่: ATRANS Safety Map

รูปที่ 4-1 ตำแหน่งของบริเวณอันตราย 5 อันดับแรกในพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ต

4.2 ผลการศึกษาบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1

จากการศึกษาบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยการสำรวจลักษณะทางกายภาพของบริเวณดังกล่าว รวมทั้งศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุ ปริมาณการจราจร และความเร็วของยานพาหนะ เพื่อนำมาวิเคราะห์สภาพปัญหาและเสนอแนะมาตรการแก้ไข มีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้

4.2.1 ผลการสำรวจลักษณะทางกายภาพบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1

บริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 เป็นบริเวณจุดกลับรถ ตั้งอยู่บนช่วงถนนทางหลวงหมายเลข 4024 ช่วงบางคู-ตีนเขา ประมาณ กม.2+300 อยู่ในพื้นที่ ต.รัษฎา อ.เมืองภูเก็ต จ.ภูเก็ต รูปที่ 4-2 แสดงภาพถ่ายทางอากาศบริเวณอันตรายดังกล่าว โดยช่วงก่อนถึงจุดกลับรถมีการเดินรถแบบ 4 ช่องจราจร (ซ้าย 2 ช่อง และขวา 2 ช่อง) เมื่อถึงช่วงจุดกลับรถมีการขยายช่องจราจรเดินรถ 6 ช่องจราจร (ซ้าย 3 ช่อง และขวา 3 ช่อง) โดยทิศทางมุ่งหน้าไป อ.ถลาง มีช่องรอเลี้ยวที่จุดกลับรถและช่องขยายรองรับการกลับรถของรถขนาดใหญ่หรือรถบรรทุกกลับรถ ส่วนในทิศทางมุ่งหน้าไป อ.เมืองภูเก็ต มีช่องรอเลี้ยวและช่องเร่งความเร็วที่จุดกลับรถ ช่องจราจรมีความกว้างช่องละประมาณ 3.5 เมตร มีเกาะกลางถนนกว้างประมาณ 8 เมตร ผิวทางเป็นแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete หรือ AC) แนวถนนช่วงนี้มีลักษณะเป็นทางตรง แต่มีถนนทางเข้า-ออกหมู่บ้านมาเชื่อมต่อถนน ทล.4024 และยังมีอาคาร ร้านค้า และที่อยู่อาศัยอยู่ข้างทาง โดยไม่มีอุปกรณ์เสริมความปลอดภัย ส่วนในเวลากลางคืนมีไฟฟ้าส่องสว่างใช้การได้ดี

ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-2 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1

4.2.2 ผลการศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1

ข้อมูลอุบัติเหตุที่เกิดบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 จากการรวบรวมข้อมูล พบว่า มีอุบัติเหตุทั้งหมด 8 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4-2 สามารถนำมาวาดแผนผังการชนได้ ดังแสดงในรูปที่ 4-3 ซึ่งผังการชนเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ถูกใช้ในการวินิจฉัยการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อแสดงถึงตำแหน่งที่เกิดเหตุและลักษณะของการเกิดอุบัติเหตุด้วยสัญลักษณ์ลูกศร ซึ่งแทนถึงยานพาหนะหรือคนเดินเท้า (รายละเอียดกล่าวไว้ในภาคผนวก ก) อย่างไรก็ตาม ตำแหน่งที่ปรากฏในผังการชนอาจเป็นตำแหน่งโดยประมาณ แต่สิ่งที่สำคัญคือ รหัสการชนที่บ่งบอกถึงลักษณะและทิศทางของการชน หากพิจารณาจากข้อมูลทั้งในตารางที่ 4-2 และรูปที่ 4-3 ทำให้ทราบถึงปัญหาหลักและแนวทางการแก้ไขการเกิดอุบัติเหตุในบริเวณนี้ได้ ซึ่งสามารถแบ่งปัญหาออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

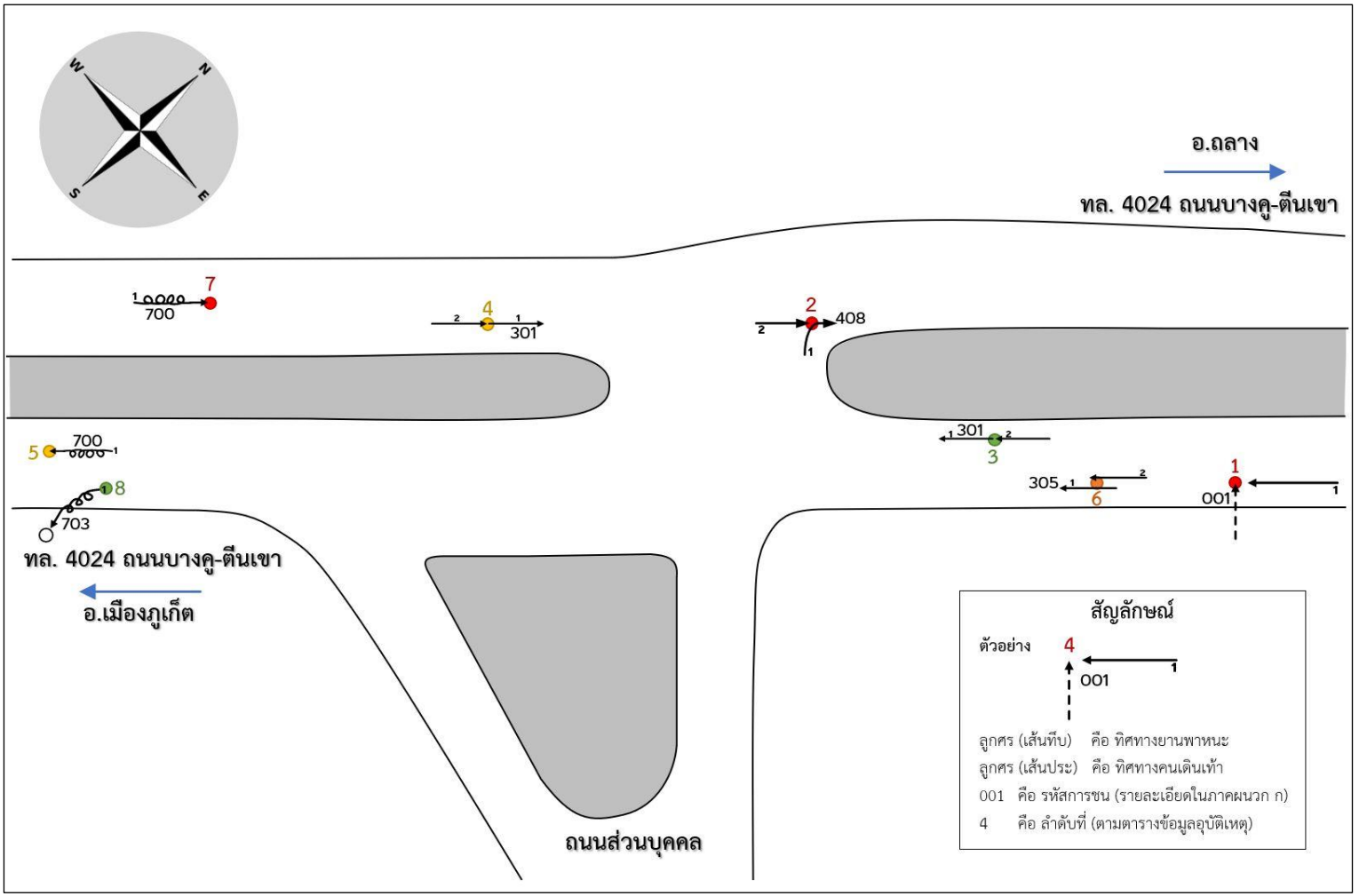
1) การใช้ความเร็วเกินกำหนด จากข้อมูลอุบัติเหตุลำดับที่ 5 และ 7 (ตารางที่ 4-2) เป็นอุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์ที่ล้มเอง รวมถึงอุบัติเหตุลำดับที่ 8 เป็นอุบัติเหตุของรถกระบะเสียหลักตกข้างทาง จากอุบัติเหตุทั้งหมดที่กล่าวมาและมูลเหตุสันนิษฐานแสดงให้เห็นว่า ความเร็วเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดอุบัติเหตุ ประกอบกับสภาพถนนที่มีลักษณะเป็นทางตรงยาวและช่องจราจรมีความกว้างประมาณ 3.5 เมตร จึงทำให้ผู้ขับขี่มีโอกาสใช้ความเร็วเกินกำหนด

2) การจัดการจราจรบริเวณจุดกลับรถที่ไม่ปลอดภัย จากอุบัติเหตุลำดับที่ 2 (ตารางที่ 4-2) รถจักรยานยนต์เลี้ยวตัดหน้ารถเก๋งที่อยู่ในกระแสจราจรหลักบริเวณจุดกลับรถ ส่วนอุบัติเหตุลำดับที่ 3 และ 4 เกิดจากการชนท้าย หากพิจารณาจากแผนผังการชน (รูปที่ 4-3) ตำแหน่งของอุบัติเหตุดังกล่าว พบว่า อุบัติเหตุเกิดตรงบริเวณใกล้กับจุดกลับรถ อาจสันนิษฐานได้ว่ารถคันหน้าชะลอความเร็วอย่างกะทันหันเพื่อเลี้ยวกลับรถ จึงทำให้รถคันหลังชนท้าย

ตารางที่ 4-2 รายละเอียดข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1

ลำดับ	วัน	เวลา	รหัสการชน	ลักษณะการชน	จำนวนผู้ประสบเหตุ (ราย)				ยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง			มูลเหตุสันนิษฐาน
					เสียชีวิต	สาหัส	เล็กน้อย	ไม่เจ็บ	คันที่ 1	คันที่ 2	คันที่ 3	
1	19/09/60	19.60	001	ชนคนใกล้ฝั่งข้าม	*1*	0	0	1	เก๋ง	คน	-	ไม่ระบุ
2	21/09/60	17.40	408	ชนกับรถทางหลักขณะกลับรถ	*1*	0	0	1	*จยย.*	เก๋ง	-	ไม่ระบุ
3	15/12/60	10.30	*301*	*ชนท้าย*	0	0	0	2	เก๋ง	เก๋ง	-	ไม่ระบุ
4	15/12/60	14.50	*301*	*ชนท้าย*	0	0	2	1	*จยย.*	*จยย.*	-	ไม่ระบุ
5	29/12/60	13.00	*700*	*บนทางตรง*	0	0	1	0	*จยย.*	-	-	ขับรถเร็ว
6	24/05/61	15.40	305	เฉี่ยวชนกัน	0	1	0	2	*จยย.*	เก๋ง	-	ไม่ระบุ
7	01/08/61	01.20	*700*	*บนทางตรง*	*1*	0	0	0	*จยย.*	-	-	ขับรถเร็ว
8	23/07/62	23.30	*703*	*เสียหลักบนทางตรง ชนวัตถุ*	0	0	0	1	กระบะ	-	-	ขับรถเร็ว

ที่มา: ผู้วิจัย



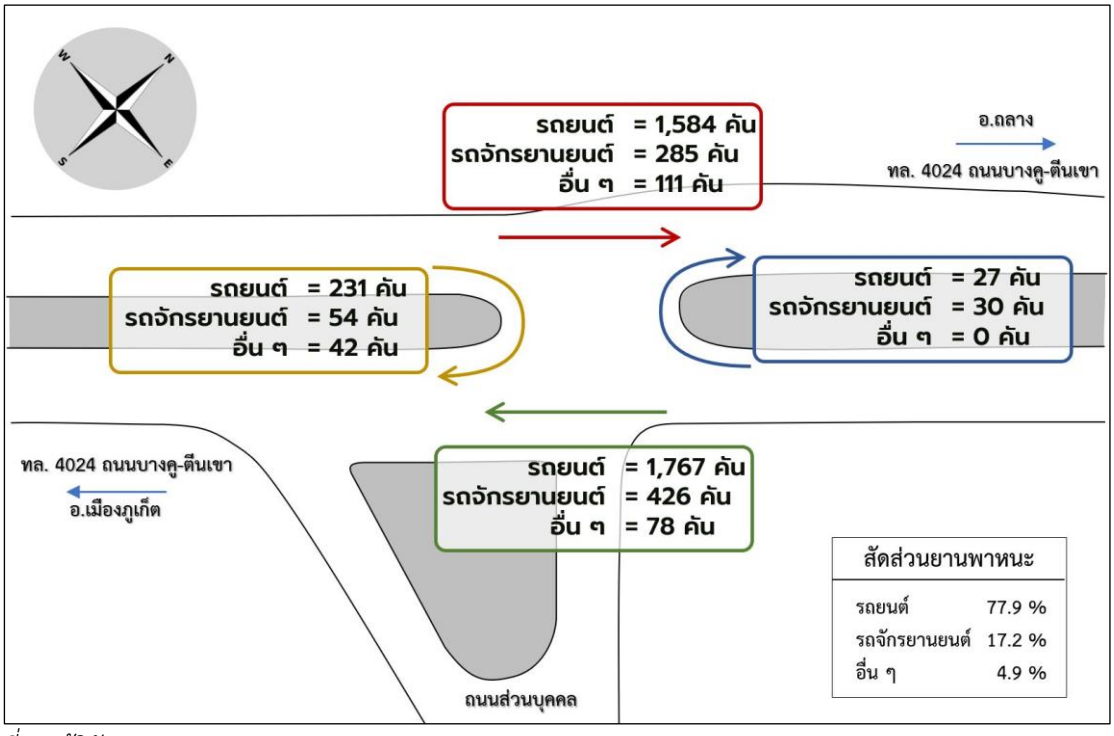
ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-3 แผนผังการชนบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1

4.2.3 ผลการศึกษาปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1

จากการศึกษาปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 ณ วันที่ 24 ตุลาคม พ.ศ. 2562 เวลา 12.00-13.00 น. ผลดังรูปที่ 4-4 พบว่า ปริมาณการจราจรที่สัญจรผ่านบริเวณนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 4,635 คัน/ชั่วโมง เมื่อพิจารณาปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทาง พบว่า ทิศมุ่งหน้าไป อ.ถลาง มีจำนวน 1,980 คัน ทิศกลับรถมุ่งหน้าไป อ.ถลาง มีจำนวน 57 คัน ทิศมุ่งหน้าไป อ.เมืองภูเก็ต มีจำนวน 2,271 คัน และทิศกลับรถมุ่งหน้าไป อ.เมืองภูเก็ต มีจำนวน 327 คัน

เมื่อพิจารณาสัดส่วนของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ พบว่า ส่วนมากเป็นรถยนต์ (รถเก๋งและรถกระบะ) ร้อยละ 77.9 รองลงมาเป็นรถจักรยานยนต์ร้อยละ 17.2 และยานพาหนะอื่น (รถบรรทุกและรถบัส) ร้อยละ 4.9 อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาจากข้อมูลอุบัติเหตุดังตารางที่ 4-2 พบว่า รถจักรยานยนต์ประสบอุบัติเหตุ มีจำนวน 6 คัน (ร้อยละ 50) และรถยนต์ประสบอุบัติเหตุเท่ากัน คือ 6 คัน (ร้อยละ 50) เมื่อคำนวณหาโอกาสการเกิดอุบัติเหตุของทั้งรถยนต์และรถจักรยานยนต์เทียบกับปริมาณการจราจรบริเวณดังกล่าว อาจกล่าวได้ว่า รถจักรยานยนต์มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุมากกว่ารถประเภทอื่น ดังนั้น จึงควรเพิ่มมาตรการเพิ่มความปลอดภัยให้รถจักรยานยนต์ที่สัญจรผ่านบริเวณนี้ เช่น การแยกรถจักรยานยนต์ออกจากช่องจราจรหลัก รายละเอียดของมาตรการกล่าวในหัวข้อ 4.2.5



ที่มา: ผู้วิจัย

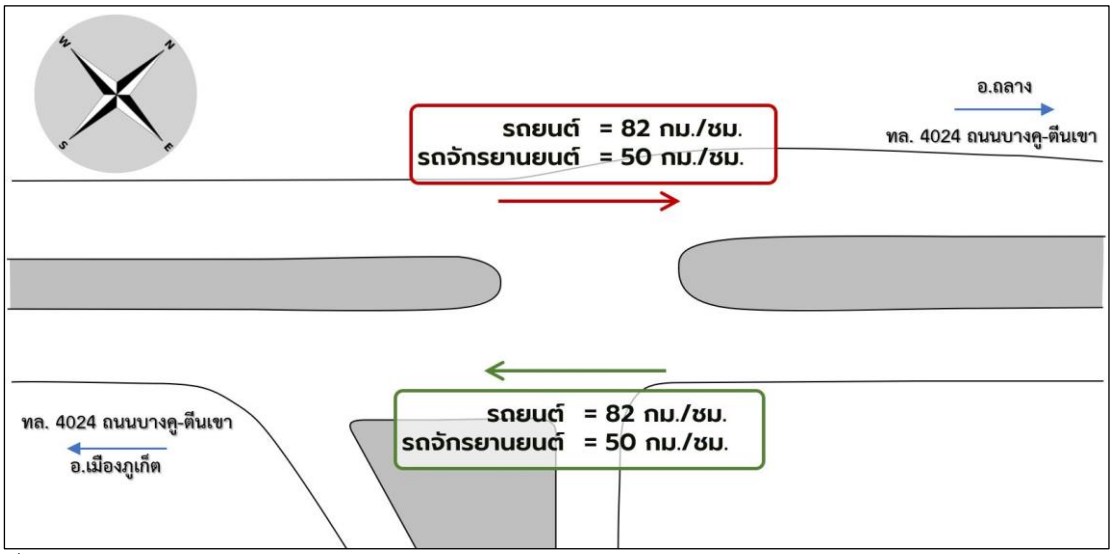
รูปที่ 4-4 ปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1

4.2.4 ผลการศึกษาความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1

ผลการศึกษาความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 ณ วันที่ 24 ตุลาคม พ.ศ. 2562 เวลา 12.00-13.00 น. ได้ศึกษาเฉพาะรถจักรยานยนต์และรถยนต์เท่านั้น ใน 2 ทิศทาง คือ ทิศทางที่มุ่งหน้าไป อ.ถลาง และทิศทางที่มุ่งหน้าไป อ.เมืองภูเก็ต ซึ่งถนนบริเวณดังกล่าวมีการกำหนดความเร็วไม่เกิน 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับการศึกษาเรื่องความเร็ว ค่าที่นิยมนำมาวิเคราะห์กัน นั่นคือ ค่าความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ (รายละเอียดผลการศึกษาแสดงในภาคผนวก ง.)

จากรูปที่ 4-5 ผลการศึกษาการใช้ความเร็วของยานพาหนะในทิศทางที่มุ่งหน้าไป อ.ถลาง พบว่า ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของรถจักรยานยนต์มีค่า 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความเร็วที่กำหนด ส่วนรถยนต์มีค่าความเร็ว 82 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไปมาก (1.6 เท่าของความเร็วที่กำหนด) จากข้อมูล พบว่า ในบางกรณี รถจักรยานยนต์มีการใช้ความเร็วสูงถึง 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1.4 เท่าของความเร็วที่กำหนด) ส่วนรถยนต์มีการใช้ความเร็วสูงสุดถึง 103 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (2.0 เท่าของความเร็วที่กำหนด)

ส่วนผลการศึกษาความเร็วของยานพาหนะในทิศทางที่มุ่งหน้าไป อ.เมืองภูเก็ต ดังรูปที่ 4-5 พบว่า ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของรถจักรยานยนต์มีค่า 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความเร็วที่กำหนด และรถยนต์มีค่าความเร็ว 74 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไปมาก (1.5 เท่าของความเร็วที่กำหนด) จากข้อมูล พบว่า ในบางกรณี รถจักรยานยนต์มีการใช้ความเร็วสูงถึง 58 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1.2 เท่าของความเร็วที่กำหนด) ส่วนรถยนต์มีการใช้ความเร็วสูงสุดถึง 78 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1.6 เท่าของความเร็วที่กำหนด)



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-5 ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1

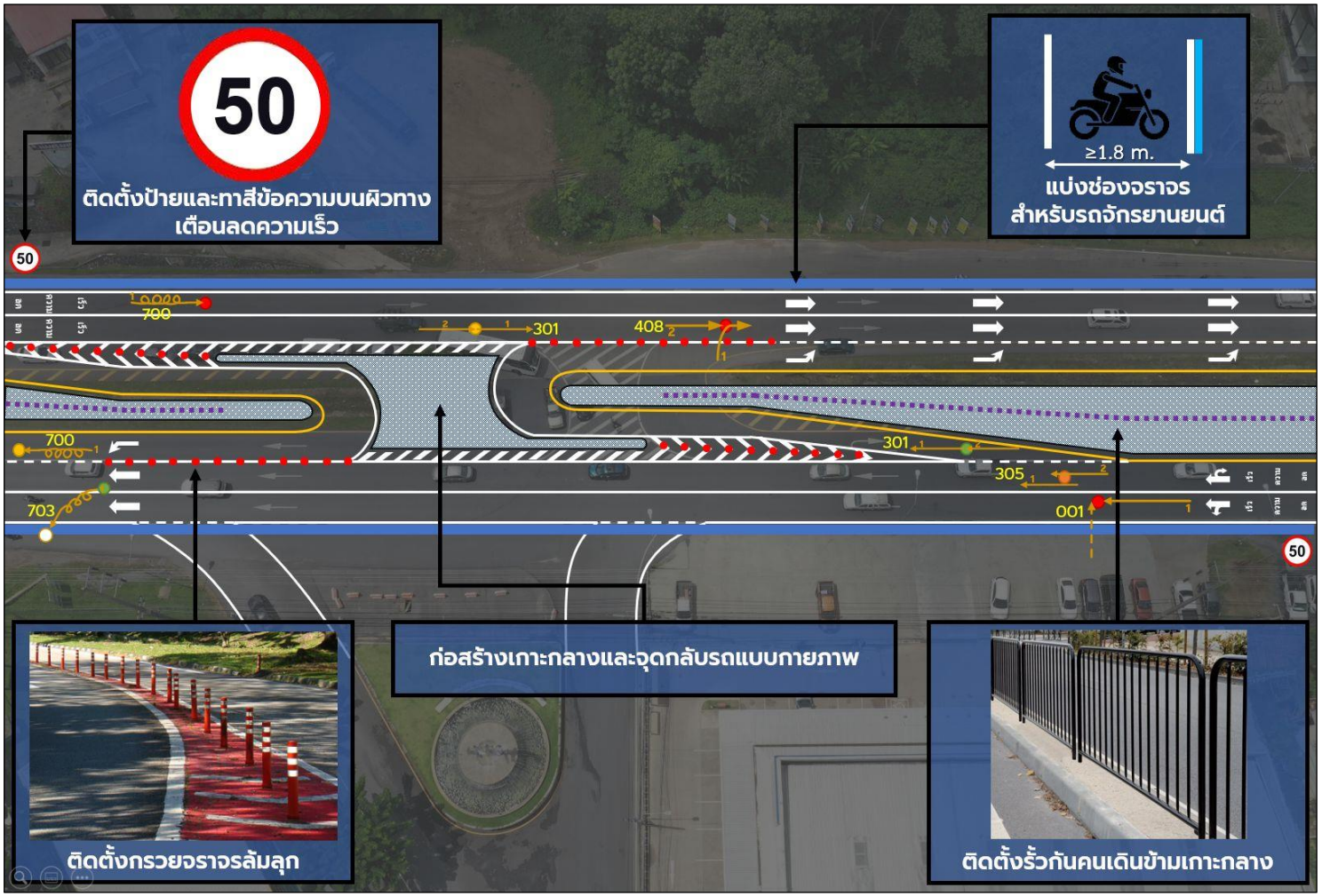
4.2.5 ผลการศึกษาปัญหาและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1

จากการสำรวจลักษณะทางกายภาพและการศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุ ปริมาณการจราจร และความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 ทำให้ทราบถึงสภาพปัญหาหลักที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุและความไม่ปลอดภัย จึงได้เสนอแนวทางการแก้ไขในแต่ละประเด็นไว้ในตารางที่ 4-3 ส่วนรูปภาพแนวทางการแก้ไขในพื้นที่ แสดงในรูปที่ 4-6 สำหรับรูปตัวอย่างหลังการแก้ไขบริเวณอันตรายแสดงในรูปที่ 4-7

ตารางที่ 4-3 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1

ลำดับ	ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
	ปัญหาที่พบจากข้อมูลอุบัติเหตุ	
1	มีอุบัติเหตุที่เกิดบริเวณจุดกลับรถ	ปรับปรุงบริเวณจุดกลับรถ – เลื่อนตำแหน่งจุดกลับรถ เพื่อไม่ให้รถที่จุดกลับรถเลี้ยวเข้าทางเชื่อมได้ เพื่อเป็นการลดจุดตัด – ปรับปรุงบริเวณจุดกลับรถให้เป็นเกาะกายภาพและเสริมด้วยกรวยล้มลุก เพื่อแยกทิศทางของกระแสจราจร
2	มีอุบัติเหตุรถชนคนเดินข้ามถนนเสียชีวิต	เพิ่มมาตรการห้ามคนข้ามถนน – ติดตั้งรั้วกันบนเกาะกลาง เพื่อห้ามคนข้ามถนน – ติดตั้งป้ายห้ามคนข้ามถนน และแนะนำจุดข้ามที่ปลอดภัย
	ปัญหาที่พบจากข้อมูลปริมาณการจราจร	
3	รถจักรยานยนต์มีโอกาสการเกิดอุบัติเหตุสูงกว่ารถประเภทอื่น	เพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์ – แยกช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ เพื่อลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุระหว่างรถจักรยานยนต์กับรถประเภทอื่น
	ปัญหาที่พบจากข้อมูลความเร็ว	
4	มีการใช้ความเร็วเกินกำหนด	เพิ่มมาตรการลดความเร็ว – ติดตั้งป้ายเตือนความเร็วที่กำหนด – ทาสีเตือนให้ลดความเร็ว หรือความเร็วที่กำหนดบนพื้นทาง

ที่มา: ผู้วิจัย



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-6 แนวทางการแก้ไขปัญหาความไม่ปลอดภัยบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1

ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-7 ตัวอย่างหลังการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1

4.2.6 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1

จากมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 ซึ่งนำเสนอในหัวข้อก่อนหน้านี้ สามารถนำมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าของมาตรการแก้ไข โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.6.1 ผลการประมาณการผลประโยชน์

ผลการประมาณการผลประโยชน์ของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 โดยใช้ค่าประสิทธิผลหรือร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุจากมาตรการแก้ไขแต่ละมาตรการ (รายละเอียดนำเสนอในภาคผนวก ข) มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ค่าประสิทธิผลของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1

ลำดับ	มาตรการแก้ไข	ร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุ (%)	ร้อยละที่เหลือของอุบัติเหตุ (%)[a]
1	ปรับปรุงบริเวณจุดกลับรถ		
	– สร้างจุดกลับรถแบบกายภาพ	45	55
	– ทาสีช่องรอเลี้ยว	30	70
	– ติดตั้งกรวยจราจรล้มลุก	20	80
2	เพิ่มมาตรการห้ามคนข้ามถนน		
	– ติดตั้งรั้วกันคนเดินข้ามถนน	20	80
3	เพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์		
	– แบ่งช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์	30	70
4	เพิ่มมาตรการลดความเร็ว		
	– ติดตั้งป้ายเตือนลดความเร็ว	30	70
	– ทาสีข้อความเตือน “ลดความเร็ว” บนผิวทาง	30	70
	รวมทุกมาตรการ	**91.5**[b]	

หมายเหตุ [a]ร้อยละที่เหลือของอุบัติเหตุ = 1 - ร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุ

[b]ร้อยละที่ลดลงของอุบัติเหตุทุกมาตรการ =1 - ร้อยละที่เหลือของอุบัติเหตุ

=1 - (0.55X0.70X0.80X0.80X0.70X0.70X0.70)

= 0.915 หรือ ร้อยละ 91.5

ที่มา: ผู้วิจัย

จากข้อมูลอุบัติเหตุในบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 ซึ่งมีจำนวนข้อมูลอุบัติเหตุทั้งสิ้น 8 ครั้ง มีผู้ประสบเหตุเสียชีวิต 3 ราย บาดเจ็บสาหัส 1 ราย และบาดเจ็บเล็กน้อย 3 ราย สามารถประมาณการผลประโยชน์ของอุบัติเหตุที่ลดลงได้จากมาตรการ ดังแสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลประโยชน์จากอุบัติเหตุที่ลดลงบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1

อาการผู้ประสบเหตุ	จำนวนผู้ประสบเหตุ (คน)	จำนวนผู้ประสบเหตุเฉลี่ยต่อปี[a] (คน/ปี)	มูลค่าอุบัติเหตุ[b] (บาท/ปี)	อัตราการลดของอุบัติเหตุ (ร้อยละ)	ผลประโยชน์จากอุบัติเหตุที่ลดลง (บาท/ปี)
เสียชีวิต	3	1	11,135,469	0.915	10,188,954
บาดเจ็บสาหัส	1	0.333	1,350,155	0.915	1,235,392
บาดเจ็บเล็กน้อย	3	1	72,307	0.915	66,161
รวมผลประโยชน์ทั้งหมด					**11,490,507**

หมายเหตุ [a]ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึงปี พ.ศ. 2562

[b]พิจารณามูลค่าความสูญเสีย ณ ปี พ.ศ. 2561 (กรมทางหลวง, 2562)

ที่มา: ผู้วิจัย

4.2.6.2 ผลการประมาณการต้นทุน

การประมาณการต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายสำหรับมาตรการแก้ไข ตามแนวทางการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 4-6 รวมเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมด 769,971 บาท ดังแสดงในตารางที่ 4-6 โดยอ้างอิงราคาค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ตามราคากลางของหน่วยงานรัฐทั้งหมด

ตารางที่ 4-6 ค่าใช้จ่ายสำหรับมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1

ลำดับ	มาตรการแก้ไข	ปริมาณ	หน่วยละ (บาท)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	ปรับปรุงบริเวณจุดกลับรถ			
	– สร้างจุดกลับรถแบบกายภาพ	445.9 ตร.ม.	775	345,617
	– ทาสีช่องรอเลี้ยว	173.5 ตร.ม.	392	68,024
	– ติดตั้งกรวยจราจรล้มลุก	120 อัน	950	114,000
2	เพิ่มมาตรการห้ามคนข้ามถนน			
	– ติดตั้งรั้วกันคนเดินข้ามถนน	100. ม.	1,560	156,000
3	เพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์			
	– แบ่งช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์	79.1 ตร.ม.	392	29,408
4	เพิ่มมาตรการลดความเร็ว			
	– ติดตั้งป้ายเตือนลดความเร็ว	4 ชุด	4,700	18,800
	– ทาสีข้อความเตือน “ลดความเร็ว” บนผิวทาง	97.2 ตร.ม.	392	38,122
	รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด			**769,971**

ที่มา: ผู้วิจัย

4.2.6.3 ผลการวิเคราะห์หาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน

การวิเคราะห์หาอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนแต่ละปี หรือ Benefit Cost Ratio (B/C) สามารถคำนวณได้ดังนี้

จาก Capital Recovery Factor = $\left[\frac{(1+i)^n}{(1+i)^n-1}\right]$

กำหนดให้ i=12% และ n=5 (สนข., 2551)

Capital Recovery Factor = $\left[\frac{(1+0.12)^5}{(1+0.12)^5-1}\right]$

= 0.277410

จาก Equivalent Uniform Annual Cost หรือ EUAC

EUAC = $(I)\left[\frac{(1+i)^n}{(1+i)^n-1}\right]$

= 769,971 x 0.277410

= 213,598 บาท/ปี

กำหนดให้ ค่าบำรุงรักษาร้อยละ 5 ของค่าใช้จ่ายมาตรการ

M = 0.05 X I

= 0.05 x 769,971

= 38,499 บาท/ปี

ดังนั้น B/C $= \frac{B}{EUAC+M}$

$= \frac{11,490,507}{213,598+38,499}$

= 45.6

สรุปได้ว่า ผลประโยชน์ของมาตรการ เท่ากับ 11,490,507 บาท/ปี มีค่าใช้จ่ายมาตรการหรือการลงทุน เท่ากับ 213,598 บาท/ปี และค่าบำรุงรักษา เท่ากับ 38,499 บาท/ปี กำหนดให้ อัตราคิดลดร้อยละ 12 ต่อปี มีอายุการใช้งาน 5 ปี สามารถคำนวณค่า B/C หรือผลประโยชน์ต่อการลงทุน เท่ากับ 45.6 ดังนั้น มีความคุ้มค่าในการปรับปรุงบริเวณอันตรายนี้

4.3 ผลการศึกษาบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2

จากการศึกษาบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยการสำรวจลักษณะทางกายภาพของบริเวณดังกล่าว รวมทั้งศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุ ปริมาณการจราจร และความเร็วของยานพาหนะ เพื่อนำมาวิเคราะห์สภาพปัญหาและเสนอแนะมาตรการแก้ไข มีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้

4.3.1 ผลการสำรวจลักษณะทางกายภาพบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2

บริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 เป็นบริเวณช่วงถนน ตั้งอยู่บนถนนพระภูเก็ตแก้ว อยู่ในพื้นที่ ต.กะทู้ อ.กะทู้ จ.ภูเก็ต ช่วง กม.0+550 ถึง กม.0+650 (ระยะทางจากแยกเทสโกโลตัส) รูปที่ 4-8 แสดงภาพถ่ายทางอากาศบริเวณอันตรายดังกล่าว โดยมีการเดินรถแบบ 4 ช่องจราจร (ซ้าย 2 ช่อง และขวา 2 ช่อง) ช่องจราจรมีความกว้างช่องละประมาณ 3.5 เมตร มีเกาะกลางถนนกว้างประมาณ 1.5 เมตร ผิวทางเป็นแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete หรือ AC) แนวถนนช่วงนี้มีลักษณะเป็นทางตรง มีโค้งบ้างเล็กน้อย และมีซอยเสรีอุทิศมาเชื่อมต่อ และยังมีต้นไม้ พุ่มหญ้า มีบ่อน้ำขนาดใหญ่ และเป็นสวนเพาะปลูกอยู่ข้างทาง โดยไม่มีอุปกรณ์เสริมความปลอดภัย ส่วนในเวลากลางคืนมีไฟฟ้าส่องสว่างใช้การได้ดี

ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-8 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2

4.3.2 ผลการศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2

ข้อมูลอุบัติเหตุที่เกิดบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 จากการรวบรวมข้อมูล พบว่า มีอุบัติเหตุทั้งหมด 4 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4-7 สามารถนำมาวาดแผนผังการชนได้ ดังแสดงในรูปที่ 4-9 ซึ่งผังการชนเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ถูกใช้ในการวินิจฉัยการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อแสดงถึงตำแหน่งที่เกิดเหตุและลักษณะของการเกิดอุบัติเหตุด้วยสัญลักษณ์ลูกศร ซึ่งแทนถึงยานพาหนะหรือคนเดินเท้า (รายละเอียดกล่าวไว้ในภาคผนวก ก) อย่างไรก็ตาม ตำแหน่งที่ปรากฏในผังการชนอาจเป็นตำแหน่งโดยประมาณ แต่สิ่งที่สำคัญคือ รหัสการชนที่บ่งบอกถึงลักษณะและทิศทางของการชน หากพิจารณาจากข้อมูลทั้งในตารางที่ 4-7 และรูปที่ 4-9 ทำให้ทราบถึงปัญหาหลักและแนวทางการแก้ไขการเกิดอุบัติเหตุในบริเวณนี้ได้ ซึ่งสามารถแบ่งปัญหาออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

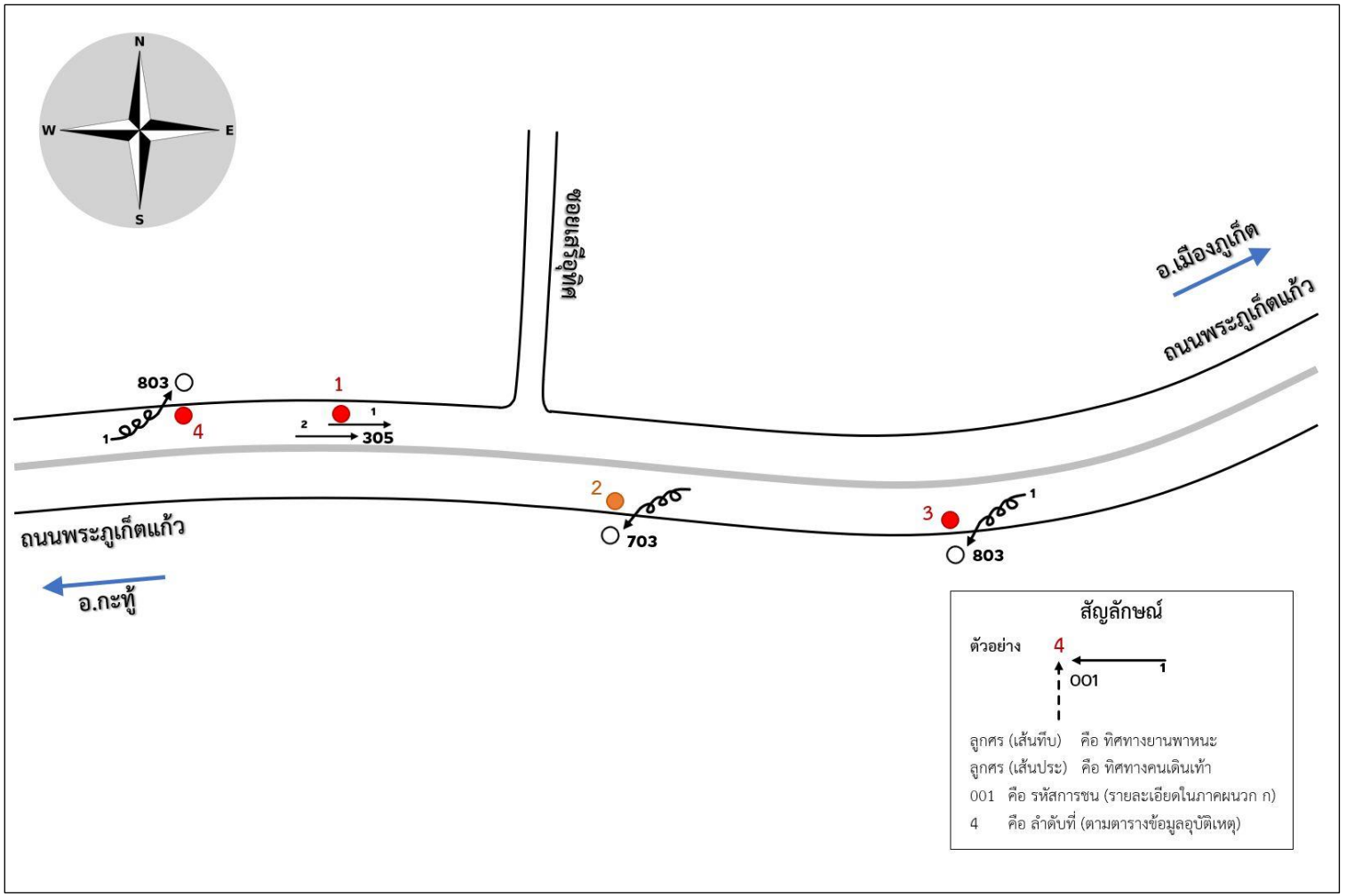
1) การเสียหลักตกข้างทาง จากข้อมูลอุบัติเหตุลำดับที่ 2 3 และ 4 (ตารางที่ 4-7) ทั้งหมดเป็นการเสียหลักตกข้างทาง จากนั้นไปชนกับวัตถุข้างทางหรือเสาไฟฟ้า ซึ่งบริเวณดังกล่าวไม่มีราวกันอันตราย โดยเฉพาะบริเวณทางโค้ง สาเหตุหลักมาจากการใช้ความเร็วตามมูลเหตุสันนิษฐานจากเจ้าหน้าที่ตำรวจที่รายงาน ประกอบกับลักษณะทางกายภาพบริเวณทางโค้งที่ไม่มีการยกโค้งและป้ายเตือนทางโค้งมีลักษณะไม่ถูกต้องกับลักษณะทางกายภาพ ดังแสดงในรูปที่ 4-10

2) การเฉี่ยวชนกัน จากข้อมูลลำดับที่ 1 (ตารางที่ 4-7) เกิดจากรถจักรยานยนต์เฉี่ยวชนกัน จากนั้นมีรถจักรยานยนต์และรถกระบะที่วิ่งตามมาชนซ้ำ จากข้อมูลอาจสันนิษฐานได้ว่าสาเหตุเกิดจากการพยายามแซงกันของรถจักรยานยนต์

ตารางที่ 4-7 รายละเอียดข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2

ลำดับ	วัน	เวลา	รหัสการชน	ลักษณะการชน	จำนวนผู้ประสบเหตุ (ราย)				ยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง			มูลเหตุสันนิษฐาน
					เสียชีวิต	สาหัส	เล็กน้อย	ไม่เจ็บ	คันที่ 1	คันที่ 2	คันที่ 3	
1	22/10/60	21.23	305	เฉี่ยวชนกัน	*1*	0	3	2	*จยย.*	*จยย.*	กระบะ	ไม่ระบุ
2	14/11/60	03.32	703	เสียหลักบนทางตรง ชนวัตถุ	0	1	0	0	เก๋ง	-	-	ใช้ความเร็ว
3	20/12/60	01.30	*803*	*เสียหลักบนทางโค้ง ชนวัตถุ*	*1*	0	0	0	กระบะ	-	-	ใช้ความเร็ว
4	29/12/60	16.45	*803*	*เสียหลักบนทางโค้ง ชนวัตถุ*	*1*	0	0	0	*จยย.*	-	-	ใช้ความเร็ว

ที่มา: ผู้วิจัย



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-9 แผนผังการชนบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2

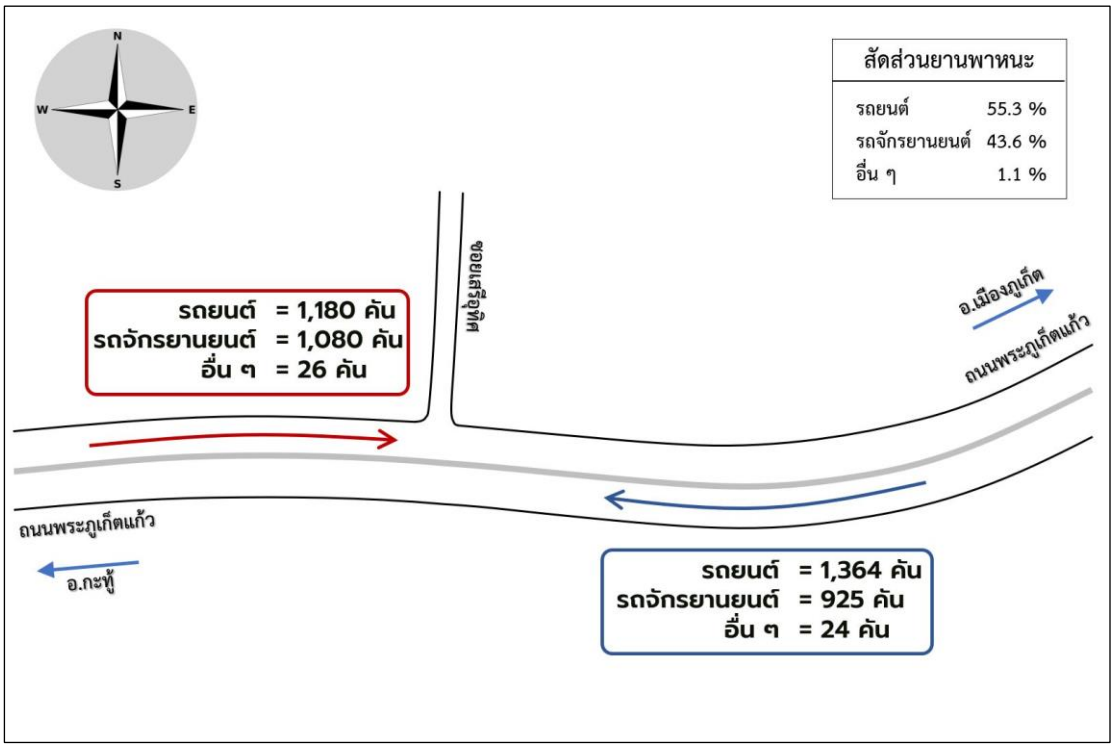
ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-10 ภาพถ่ายทางโค้งบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2

4.3.3 ผลการศึกษาปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2

จากการศึกษาปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 ณ วันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2561 เวลา 16.30-17.30 น. ผลดังรูปที่ 4-11 พบว่า ปริมาณการจราจรที่สัญจรผ่านบริเวณนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 4,599 คัน/ชั่วโมง เมื่อพิจารณาปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทาง พบว่า ทิศมุ่งหน้าไป อ.เมืองภูเก็ต มีจำนวนยานพาหนะสัญจรผ่านทั้งหมด 2,286 คัน ส่วนทิศมุ่งหน้าไป อ.กะทู้ มีจำนวนยานพาหนะสัญจรผ่านทั้งหมด 2,313 คัน

เมื่อพิจารณาสัดส่วนของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ พบว่า ส่วนมากเป็นรถยนต์ (รถเก๋งและรถกระบะ) ร้อยละ 55.3 รองลงมาเป็นรถจักรยานยนต์ร้อยละ 43.6 และยานพาหนะอื่น (รถบรรทุกและรถบัส) ร้อยละ 1.1 อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาจากข้อมูลอุบัติเหตุดังตารางที่ 4-7 พบว่า รถจักรยานยนต์ประสบอุบัติเหตุ มีจำนวน 4 คัน (ร้อยละ 57.1) และรถยนต์ประสบอุบัติเหตุ มีจำนวน 3 คัน (ร้อยละ 42.9) เมื่อคำนวณหาโอกาสการเกิดอุบัติเหตุของทั้งรถยนต์และรถจักรยานยนต์เทียบกับปริมาณการจราจรบริเวณดังกล่าว อาจกล่าวได้ว่า รถจักรยานยนต์มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุมากกว่ารถประเภทอื่น ดังนั้น จึงควรเพิ่มมาตรการเพิ่มความปลอดภัยให้รถจักรยานยนต์ เช่น การแยกรถจักรยานยนต์ออกจากช่องจราจรหลัก รายละเอียดของมาตรการกล่าวในหัวข้อ 4.3.5



ที่มา: ผู้วิจัย

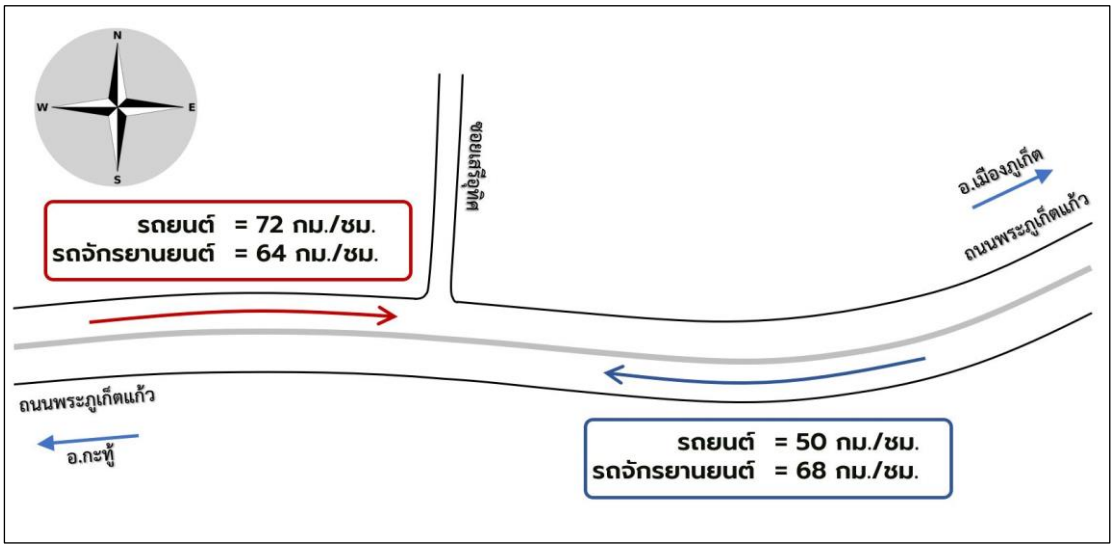
รูปที่ 4-11 ปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2

4.3.4 ผลการศึกษาความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2

ผลการศึกษาความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 ณ วันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2561 เวลา 16.30-17.30 น. ได้ศึกษาเฉพาะรถจักรยานยนต์และรถยนต์เท่านั้น ใน 2 ทิศทาง คือ ทิศทางที่มุ่งหน้าไป อ.เมืองภูเก็ต และทิศทางที่มุ่งหน้าไป อ.กะทู้ ซึ่งถนนบริเวณดังกล่าวมีการกำหนดความเร็วไม่เกิน 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับการศึกษาเรื่องความเร็ว ค่าที่นิยมนำมาวิเคราะห์กัน นั่นคือ ค่าความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ (รายละเอียดผลการศึกษาแสดงในภาคผนวก ง.)

จากรูปที่ 4-12 ผลการศึกษาการใช้ความเร็วของยานพาหนะในทิศทางที่มุ่งหน้าไป อ.เมืองภูเก็ต พบว่า ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของรถจักรยานยนต์มีค่า 64 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์ความเร็วที่กำหนด (1.3 เท่าของความเร็วที่กำหนด) ส่วนรถยนต์มีค่าความเร็ว 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไปมาก (1.4 เท่าของความเร็วที่กำหนด) จากข้อมูลพบว่า ในบางกรณี รถจักรยานยนต์มีการใช้ความเร็วสูงถึง 75 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1.5 เท่าของความเร็วที่กำหนด) และรถยนต์มีการใช้ความเร็วสูงสุดถึง 88 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1.8 เท่าของความเร็วที่กำหนด)

ส่วนผลการศึกษาความเร็วของยานพาหนะในทิศทางที่มุ่งหน้าไป อ.กะทู้ ดังรูปที่ 4-12 พบว่า ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของรถจักรยานยนต์มีค่า 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความเร็วที่กำหนด และรถยนต์มีค่าความเร็ว 68 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไปมาก (1.4 เท่าของความเร็วที่กำหนด) จากข้อมูล พบว่า ในบางกรณี รถจักรยานยนต์มีการใช้ความเร็วสูงถึง 69 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1.4 เท่าของความเร็วที่กำหนด) และรถยนต์มีการใช้ความเร็วสูงสุดถึง 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1.6 เท่าของความเร็วที่กำหนด)



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-12 ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของยานพาหนะบริเวณอันตรายที่ 2

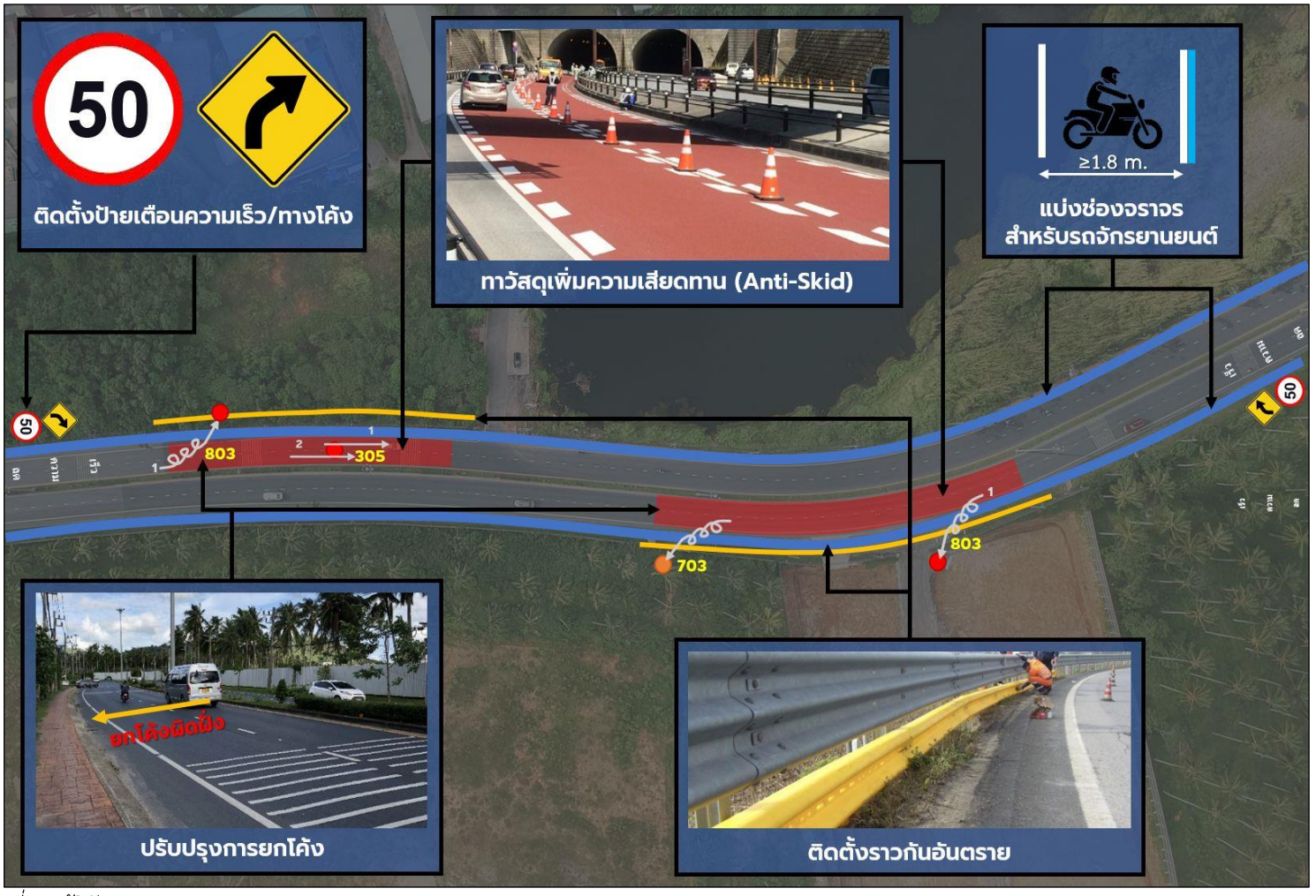
4.3.5 ผลการศึกษาปัญหาและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2

จากการสำรวจลักษณะทางกายภาพและการศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุ ปริมาณการจราจร และความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 ทำให้ทราบถึงสภาพปัญหาหลักที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุและความไม่ปลอดภัย จึงได้เสนอแนวทางการแก้ไขในแต่ละประเด็นไว้ในตารางที่ 4-8 ส่วนรูปภาพแนวทางการแก้ไขในพื้นที่แสดงในรูปที่ 4-13 สำหรับรูปตัวอย่างหลังการแก้ไขบริเวณอันตรายแสดงในรูปที่ 4-14

ตารางที่ 4-8 ปัญหาและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2

ลำดับ	ปัญหา	มาตรการแก้ไข
	ปัญหาที่พบจากข้อมูลอุบัติเหตุ	
1	มีอุบัติเหตุที่เกิดจากการเสียหลักของยานพาหนะจากนั้นไปชนกับวัตถุข้างทาง (เสาไฟฟ้า)	ปรับปรุงบริเวณทางโค้งให้มีความปลอดภัยยิ่งขึ้น – ติดตั้งราวกันอันตราย เพื่อป้องกันรถออกนอกข้างทาง – ปรับปรุงการยกโค้ง เพื่อป้องกันการหลุดโค้ง – ทาวัสดุกันลื่น (Anti-Skid) เพื่อต้านทานการลื่นไถล – ติดตั้งป้ายเตือนทางโค้ง
2	มีอุบัติเหตุที่เกิดจากการเฉี่ยวชนกันของรถจักรยานยนต์ จากนั้นรถที่วิ่งตามมาหยุดไม่ทัน	เพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์ – แยกช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุระหว่างรถจักรยานยนต์กับรถประเภทอื่น
	ปัญหาที่พบจากข้อมูลปริมาณการจราจร	
3	รถจักรยานยนต์มีโอกาสการเกิดอุบัติเหตุสูงกว่ารถประเภทอื่น	เพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์
	ปัญหาที่พบจากข้อมูลความเร็ว	
4	มีการใช้ความเร็วเกินกำหนด	เพิ่มมาตรการลดความเร็ว – ติดตั้งป้ายเตือนความเร็วที่กำหนด – ทาสีเตือนให้ลดความเร็ว หรือความเร็วที่กำหนดบนพื้นทาง – ทาสีเส้นชะลอความเร็ว

ที่มา: ผู้วิจัย



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-13 แนวทางการแก้ไขปัญหาความไม่ปลอดภัยบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2

ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-14 ตัวอย่างหลังการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2

4.3.6 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2

จากมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 ซึ่งนำเสนอในหัวข้อก่อนหน้านี้ สามารถนำมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าของมาตรการแก้ไข โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.3.6.1 ผลการประมาณการผลประโยชน์

ผลการประมาณการผลประโยชน์ของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 โดยใช้ค่าประสิทธิผลหรือร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุจากมาตรการแก้ไขแต่ละมาตรการ (รายละเอียดนำเสนอในภาคผนวก ข) มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ค่าประสิทธิผลของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2

ลำดับ	มาตรการแก้ไข	ร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุ (%)	ร้อยละที่เหลือของอุบัติเหตุ (%)[a]
1	ปรับปรุงบริเวณทางโค้ง		
	– ติดตั้งราวกันอันตราย	35	65
	– ปรับปรุงการยกโค้ง	10	90
	– ทาวัสดุเพิ่มความเสียดทาน (Anti-Skid)	35	65
	– ติดตั้งป้ายเตือนทางโค้ง	25	75
2	เพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์		
	– แบ่งช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์	30	70
3	เพิ่มมาตรการลดความเร็ว		
	– ติดตั้งป้ายเตือนความเร็ว	30	70
	– ทาสีข้อความเตือน “ลดความเร็ว” บนผิวทาง		
	รวมทุกมาตรการ	**86.0[b]**	

หมายเหตุ [a]ร้อยละที่เหลือของอุบัติเหตุ = 1 - ร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุ

[b]ร้อยละที่ลดลงของอุบัติเหตุทุกมาตรการ =1 - ร้อยละที่เหลือของอุบัติเหตุ

=1 - (0.65X0.90X0.65X0.75X0.70X0.70)

= 0.860 หรือ ร้อยละ 86.0

ที่มา: ผู้วิจัย

จากข้อมูลอุบัติเหตุในบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 ซึ่งมีจำนวนข้อมูลอุบัติเหตุทั้งสิ้น 4 ครั้ง เสียชีวิต 3 ราย บาดเจ็บสาหัส 1 ราย และบาดเจ็บเล็กน้อย 3 ราย สามารถประมาณการผลประโยชน์ของอุบัติเหตุที่ลดลงได้จากมาตรการทั้งหมด ดังตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 ผลประโยชน์จากอุบัติเหตุที่ลดลงบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2

อาการผู้ประสบเหตุ	จำนวนผู้ประสบเหตุ (คน)	จำนวนผู้ประสบเหตุเฉลี่ยต่อปี[a] (คน/ปี)	มูลค่าอุบัติเหตุ[b] (บาท/ปี)	อัตราการลดของอุบัติเหตุ (ร้อยละ)	ผลประโยชน์จากอุบัติเหตุที่ลดลง (บาท/ปี)
เสียชีวิต	3	1	11,135,469	0.860	9,576,503
บาดเจ็บสาหัส	1	0.33	1,350,155	0.860	1,161,133
บาดเจ็บเล็กน้อย	3	1	72,307	0.860	62,184
รวมผลประโยชน์ทั้งหมด					**10,799,821**

หมายเหตุ [a]ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี (พ.ศ. 2560 ถึงปี พ.ศ. 2562)

[b]พิจารณามูลค่าความสูญเสีย ณ ปี พ.ศ. 2561 (กรมทางหลวง, 2562)

ที่มา: ผู้วิจัย

4.3.6.2 ผลการประมาณการต้นทุน

การประมาณการต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายสำหรับมาตรการแก้ไข ตามแนวทางการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 4-13 รวมเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมด 2,975,235 บาท ดังแสดงในตารางที่ 4-11 โดยอ้างอิงราคาค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ตามราคากลางของหน่วยงานรัฐ

ตารางที่ 4-11 ค่าใช้จ่ายสำหรับมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2

ลำดับ	มาตรการแก้ไข	ปริมาณ	หน่วยละ (บาท)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	ปรับปรุงบริเวณทางโค้ง			
	– ติดตั้งราวกันอันตราย	196 ม.	1,350	264,614
	– ปรับปรุงการยกโค้ง	1509 ตร.ม.	1,172	1,768,489
	– ทาวัสดุเพิ่มความเสียดทาน (Anti-Skid)	720 ตร.ม.	1,200	863,820
	– ติดตั้งป้ายเตือนทางโค้ง	2 ชุด	4,880	9,660
2	เพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์			
	– แบ่งช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์	57 ตร.ม.	372	21,130
3	เพิ่มมาตรการลดความเร็ว			
	– ติดตั้งป้ายเตือนความเร็ว	2 ชุด	4,700	9,400
	– ทาสีข้อความเตือน “ลดความเร็ว” บนผิวทาง	103 ตร.ม.	372	38,122
	รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด			**2,975,235**

ที่มา: ผู้วิจัย

4.3.6.3 ผลการวิเคราะห์หาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน

การวิเคราะห์หาอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนแต่ละปี หรือ Benefit Cost Ratio (B/C) สามารถคำนวณได้ดังนี้

จาก Capital Recovery Factor $= \left[\frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$

กำหนดให้ i=12% และ n=5 (สนข., 2551)

Capital Recovery Factor $= \left[\frac{(1+0.12)^5}{(1+0.12)^5 - 1} \right]$

$= 0.277410$

จาก Equivalent Uniform Annual Cost หรือ EUAC

$EUAC = (I)\left[\frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$

$= 2,975,235 \times 0.277410$

$= 825,360$ บาท/ปี

กำหนดให้ ค่าบำรุงรักษาร้อยละ 5 ของค่าใช้จ่ายมาตรการ

$M = 0.05 \times I$

$= 0.05 \times 2,975,235$

$= 148,762$ บาท/ปี

ดังนั้น $B/C = \frac{B}{EUAC + M}$

$= \frac{10,799,821}{825,360 + 148,762}$

$= 11.1$

สรุปได้ว่า ผลประโยชน์ของมาตรการ เท่ากับ 10,799,821 บาท/ปี มีค่าใช้จ่ายมาตรการหรือการลงทุน เท่ากับ 825,360 บาท/ปี และค่าบำรุงรักษา เท่ากับ 148,762 บาท/ปี กำหนดให้ อัตราคิดลดร้อยละ 12 ต่อปี มีอายุการใช้งาน 5 ปี สามารถคำนวณค่า B/C หรือผลประโยชน์ต่อการลงทุน เท่ากับ 11.1 ดังนั้น มีความคุ้มค่าในการปรับปรุงบริเวณอันตรายนี้

4.4 ผลการศึกษาบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3

จากการศึกษาบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 ซึ่งประกอบด้วยการสำรวจลักษณะทางกายภาพของบริเวณดังกล่าว รวมทั้งศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุ ปริมาณการจราจร และความเร็วของยานพาหนะ เพื่อนำมาวิเคราะห์สภาพปัญหาและเสนอแนะมาตรการแก้ไข มีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้

4.4.1 ผลการสำรวจลักษณะทางกายภาพบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3

บริเวณอันตรายอันดับ 3 เป็นบริเวณทางแยกรูปตัว Y ตั้งอยู่บนถนนทางหลวงหมายเลข 4030 ช่วงถลาง-หาดราไวย์ ประมาณ กม.16+100 เชื่อมกับถนนนาคาสุด อยู่ในพื้นที่ ต.กมลา อ.กะทู้ จ.ภูเก็ต รูปที่ 4-15 แสดงภาพถ่ายทางอากาศบริเวณดังกล่าว โดยถนน ทล.4030 มีการเดินรถแบบ 2 ช่องจราจร (ซ้าย 1 ช่อง และขวา 1 ช่อง) แต่ละช่องมีความกว้างประมาณ 3.5 เมตร ส่วนถนนนาคาสุดมีการเดินรถแบบ 2 ช่องจราจร (ซ้าย 1 ช่อง และขวา 1 ช่อง) ช่องจราจรมีความกว้างประมาณ 3 เมตร ไม่มีเกาะกลางถนน แนวถนน ทล.4030 มีลักษณะเป็นทางโค้ง โดยมีถนนนาคาสุดที่มีลักษณะแนวตรงมาเชื่อมต่อบริเวณทางโค้ง ทั้งถนน ทล.4030 และถนนสาคาสุดมีลักษณะเป็นทางลาดชัน และยังมีหญ้าและต้นไม้ขึ้นสูงอยู่ข้างทาง โดยมีราวกันอันตรายตลอดแนวโค้ง และในเวลากลางคืนมีไฟฟ้าส่องสว่างใช้การได้ดี

ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-15 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3

4.4.2 ผลการศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3

ข้อมูลอุบัติเหตุที่เกิดบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 จากการรวบรวมข้อมูล พบว่า มีอุบัติเหตุทั้งหมด 14 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4-12 สามารถนำมาวาดแผนผังการชนได้ ดังแสดงในรูปที่ 4-16 ซึ่งผังการชนเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ถูกใช้ในการวินิจฉัยการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อแสดงถึงตำแหน่งที่เกิดเหตุและลักษณะของการเกิดอุบัติเหตุด้วยสัญลักษณ์ลูกศร ซึ่งแทนถึงยานพาหนะหรือคนเดินเท้า (รายละเอียดกล่าวไว้ในภาคผนวก ก) อย่างไรก็ตาม ตำแหน่งที่ปรากฏในผังการชนอาจเป็นตำแหน่งโดยประมาณ แต่สิ่งที่สำคัญคือ รหัสการชนที่บ่งบอกถึงลักษณะและทิศทางของการชน หากพิจารณาจากข้อมูลทั้งในตารางที่ 4-12 และรูปที่ 4-16 ทำให้ทราบถึงปัญหาหลักและแนวทางการแก้ไขการเกิดอุบัติเหตุในบริเวณนี้ได้ ซึ่งสามารถแบ่งปัญหาออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1) การเฉี่ยวชนกัน จากข้อมูลลำดับที่ 1 3 5 7 8 และ 9 (ตารางที่ 4-12) โดยส่วนใหญ่เป็นอุบัติเหตุการเฉี่ยวชนกันระหว่างรถจักรยานยนต์กับรถประเภทอื่น จากข้อมูลอุบัติเหตุแสดงให้เห็นว่า รถจักรยานยนต์มักถูกรถที่มีขนาดใหญ่กว่าเบียดเพื่อแซงหรือรถจักรยานยนต์เองที่เป็นฝ่ายต้องการแซงเลยถูกเบียด ประกอบกับลักษณะทางกายภาพถนนที่มีลักษณะเป็นทางโค้งและมีความลาดชัน จึงทำให้มีโอกาสเกิดการเฉี่ยวชนกันในลักษณะนี้ได้ง่าย

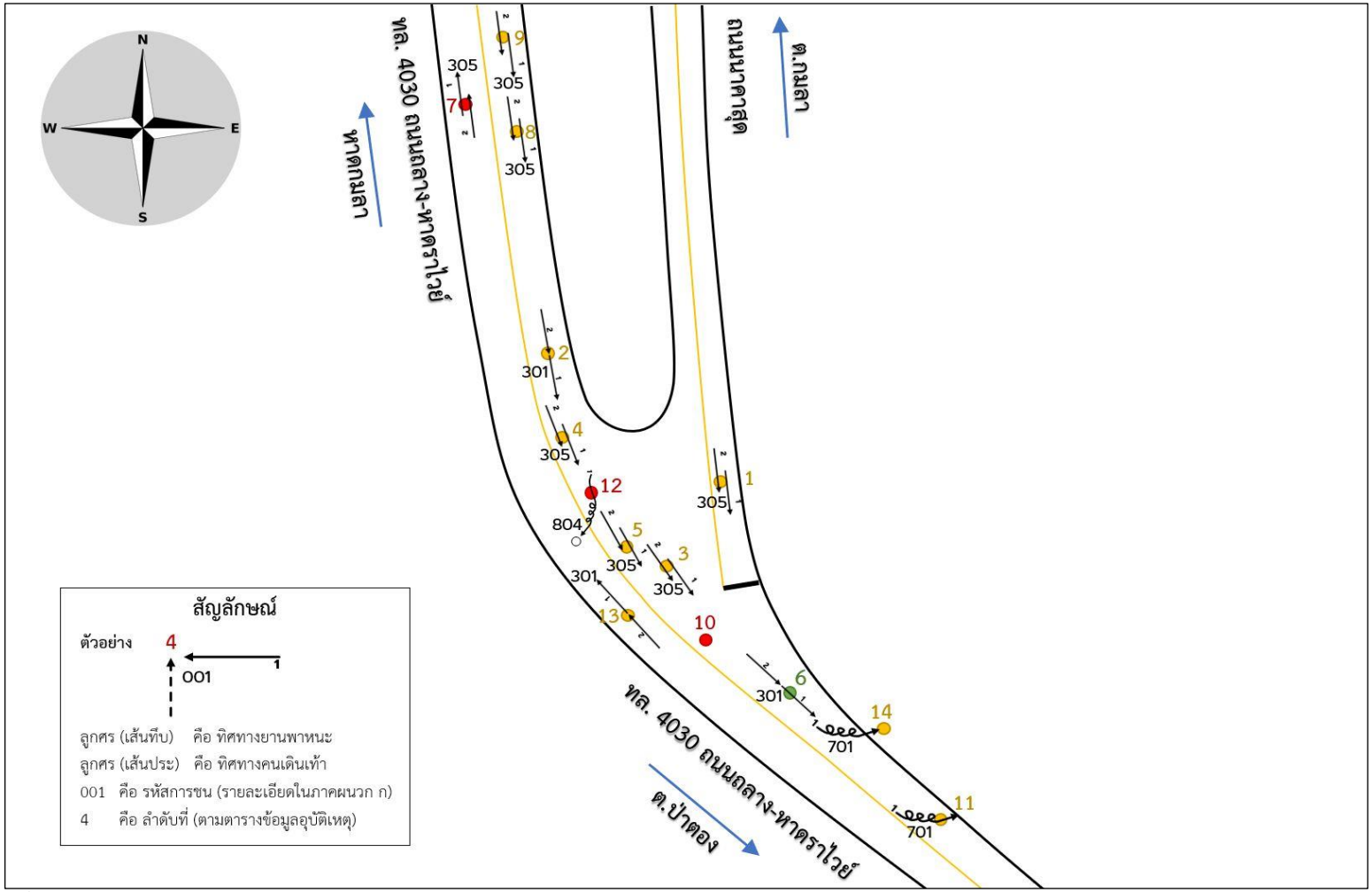
2) การเสียหลักตกข้างทาง จากข้อมูลลำดับที่ 10 11 12 และ 14 (ตารางที่ 4-12) มีทั้งเสียหลักตกข้างทางแล้วไปชนกับวัตถุถาวรและเสียหลักแล้วถูกรถที่ตามมาชน จากข้อมูลผังการชน (รูปที่ 4-16) พบว่า ตำแหน่งของอุบัติเหตุที่เสียหลัก เกิดในทิศทางลาดลงทั้งสิ้น และส่วนใหญ่เกิดจากรถจักรยานยนต์ อาจสันนิษฐานได้ว่า แรงยึดเกาะในทิศทางลาดลงไม่เพียงพอ

3) การชนท้ายกัน จากข้อมูลลำดับที่ 2 6 และ 13 (ตารางที่ 4-12) และตำแหน่งแผนผังการชน (รูปที่ 4-16) แสดงให้เห็นว่า การชนท้ายกันมักเกิดบริเวณที่ใกล้กับทางแยก อาจสันนิษฐานได้ว่า รถคันที่ถูกชนท้ายเป็นคันที่ต้องการเลี้ยว จึงชะลอหรือหยุดรถกะทันหัน ทำให้รถคันที่ตามหลังมาไม่ทันระวัง

ตารางที่ 4-12 รายละเอียดข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3

ลำดับ	วัน	เวลา	รหัสการชน	ลักษณะการชน	จำนวนผู้ประสบเหตุ (ราย)				ยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง			มูลเหตุสันนิษฐาน
					เสียชีวิต	สาหัส	เล็กน้อย	ไม่เจ็บ	คันที่ 1	คันที่ 2	คันที่ 3	
1	08/11/60	15.00	*305*	*เฉี่ยวชนกัน*	0	0	1	1	เก๋ง	*จยย.*	-	ไม่ระบุ
2	16/11/60	08.40	301	ชนท้าย	0	0	0	2	รถตู้	กระบะ	-	ไม่ระบุ
3	20/11/60	18.10	*305*	*เฉี่ยวชนกัน*	0	0	1	1	*จยย.*	เก๋ง	-	ไม่ระบุ
4	22/11/60	02.00	*305*	*เฉี่ยวชนกัน*	0	0	2	0	เก๋ง	ตุ๊กๆ	-	ไม่ระบุ
5	17/12/60	17.20	*305*	*เฉี่ยวชนกัน*	0	0	1	1	รถบัส	*จยย.*	-	ไม่ระบุ
6	06/02/61	12.20	301	ชนท้าย	0	0	0	2	รถตู้	6 ล้อ	-	ไม่ระบุ
7	17/02/61	04.10	*305*	*เฉี่ยวชนกัน*	*1*	0	0	1	เก๋ง	*จยย.*	-	ไม่ระบุ
8	16/03/61	13.30	*305*	*เฉี่ยวชนกัน*	0	0	1	1	เก๋ง	*จยย.*	-	ไม่ระบุ
9	19/03/61	14.10	*305*	*เฉี่ยวชนกัน*	0	0	3	1	รถตู้	*จยย.*	-	ไม่ระบุ
10	14/04/61	18.30	802	เสียหลักบนทางโค้งด้านซ้าย	*1*	0	0	2	*จยย.*	เก๋ง	รถตู้	ไม่ระบุ
11	20/04/61	18.10	701	เสียหลักบนทางตรงด้านซ้าย	0	0	1	0	*จยย.*	-	-	ไม่ระบุ
12	25/05/61	03.30	804	เสียหลักบนทางโค้ง ชนวัตถุ	*1*	0	0	0	*จยย.*	-	-	ไม่ระบุ
13	13/08/61	17.20	301	ชนท้าย	0	0	1	1	เก๋ง	*จยย.*	-	ไม่ระบุ
14	12/10/61	13.55	701	เสียหลักบนทางตรงด้านซ้าย	0	0	1	0	6 ล้อ	-	-	ไม่ระบุ

ที่มา: ผู้วิจัย



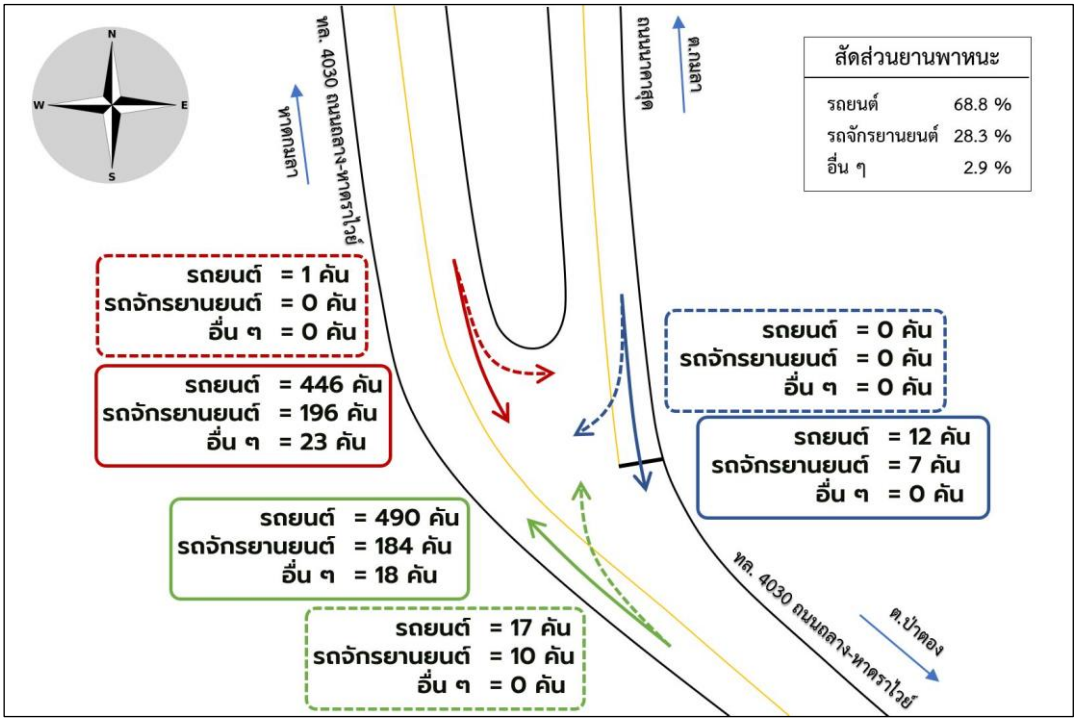
ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-16 แผนผังการชนบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3

4.4.3 ผลการศึกษาปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3

จากการศึกษาปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 ณ วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2561 เวลา13.40-14.40 น. ผลดังรูปที่ 4-17 พบว่า ปริมาณการจราจรที่สัญจรผ่านบริเวณนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 1,404 คัน/ชั่วโมง เมื่อพิจารณาปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทาง พบว่า ทิศที่มาจากหาดกมลา มีจำนวนยานพาหนะสัญจรผ่านทั้งหมด 666 คัน ส่วนทิศที่มาจาก ต.ป่าตอง มีจำนวนยานพาหนะสัญจรผ่านทั้งหมด 719 คัน และทิศที่มาจาก ต.กมลา มีจำนวนยานพาหนะสัญจรผ่านทั้งหมด 19 คัน

เมื่อพิจารณาสัดส่วนของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ พบว่า ส่วนมากเป็นรถยนต์ (รถเก๋งและรถกระบะ) ร้อยละ 68.8 รองลงมาเป็นรถจักรยานยนต์ร้อยละ 28.3 และยานพาหนะอื่น (รถบรรทุกและรถบัส) ร้อยละ 2.9 อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาจากข้อมูลอุบัติเหตุดังตารางที่ 4-12 พบว่า รถจักรยานยนต์ประสบอุบัติเหตุ มีจำนวน 10 คัน (ร้อยละ 41.7) รถยนต์ประสบอุบัติเหตุ มีจำนวน 8 คัน (ร้อยละ 33.3) และยานพาหนะอื่น มีจำนวน 6 คัน (ร้อยละ 25.0) เมื่อคำนวณหาโอกาสการเกิดอุบัติเหตุของทั้งรถยนต์และรถจักรยานยนต์เทียบกับปริมาณการจราจรบริเวณดังกล่าว อาจกล่าวได้ว่า รถจักรยานยนต์มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุมากกว่ารถประเภทอื่น ดังนั้น จึงควรเพิ่มมาตรการเพิ่มความปลอดภัยให้รถจักรยานยนต์ เช่น การแยกรถจักรยานยนต์ออกจากช่องจราจรหลัก รายละเอียดของมาตรการกล่าวในหัวข้อ 4.4.5



ที่มา: ผู้วิจัย

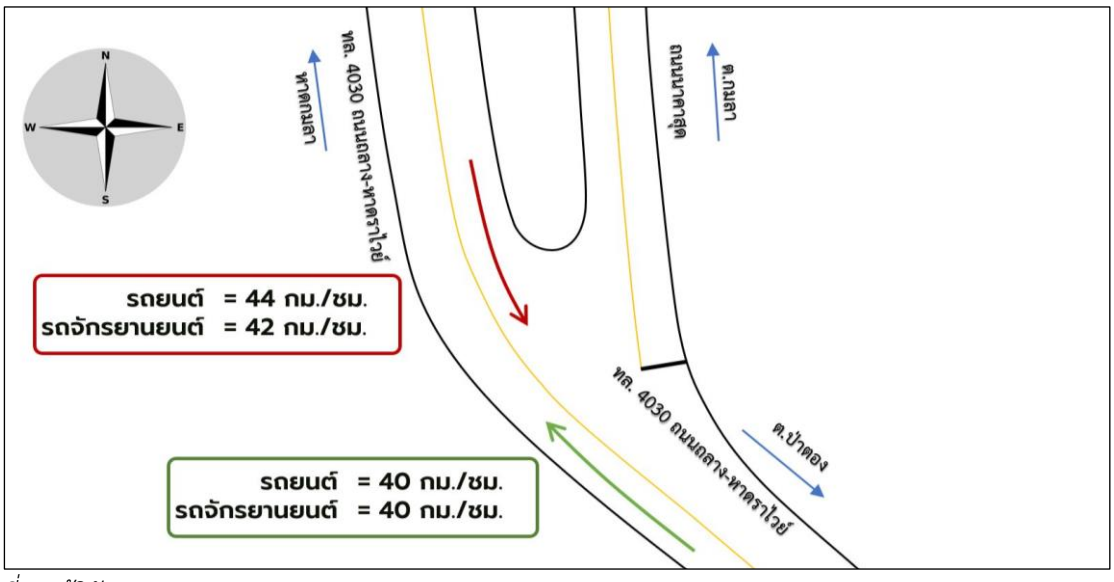
รูปที่ 4-17 ปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3

4.4.4 ผลการศึกษาความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3

ผลการศึกษาความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 ณ วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2561 เวลา13.40-14.40 น. ได้ศึกษาเฉพาะรถจักรยานยนต์และรถยนต์เท่านั้น ใน 2 ทิศทาง คือ ทิศทางที่มุ่งหน้าไป ต.ป่าตอง และทิศทางที่มุ่งหน้าไป หาดกมลา ซึ่งถนนบริเวณดังกล่าวมีการกำหนดความเร็วไม่เกิน 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับการศึกษาเรื่องความเร็ว ค่าที่นิยมนำมาวิเคราะห์กัน นั่นคือ ค่าความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ (รายละเอียดผลการศึกษาแสดงในภาคผนวก ง.)

จากรูปที่ 4-18 ผลการศึกษาการใช้ความเร็วของยานพาหนะในทิศทางที่มุ่งหน้าไป ต.ป่าตอง พบว่า ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของรถจักรยานยนต์มีค่า 42 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความเร็วที่กำหนด ส่วนรถยนต์มีค่าความเร็ว 44 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดเช่นเดียวกัน จากข้อมูล พบว่า ในบางกรณี รถจักรยานยนต์ใช้ความเร็วมากสุดที่ 55 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1.1 เท่าของความเร็วที่กำหนด) และรถยนต์มีการใช้ความเร็วมากที่สุดที่ 56 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1.1 เท่าของความเร็วที่กำหนด)

ส่วนผลการศึกษาความเร็วของยานพาหนะในทิศทางที่มุ่งหน้าไป หาดกมลา ดังรูปที่ 4-18 พบว่า ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของทั้งรถจักรยานยนต์และรถยนต์มีค่าความเร็วที่ใกล้เคียงกันมาก ดังนั้น รถจักรยานยนต์และรถยนต์มีความเร็วเท่ากัน มีค่า 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความเร็วที่กำหนด จากข้อมูล พบว่า ในบางกรณี รถจักรยานยนต์มีการใช้ความเร็วมากที่สุด 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และรถยนต์มีการใช้ความเร็วมากที่สุด 49 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-18 ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3

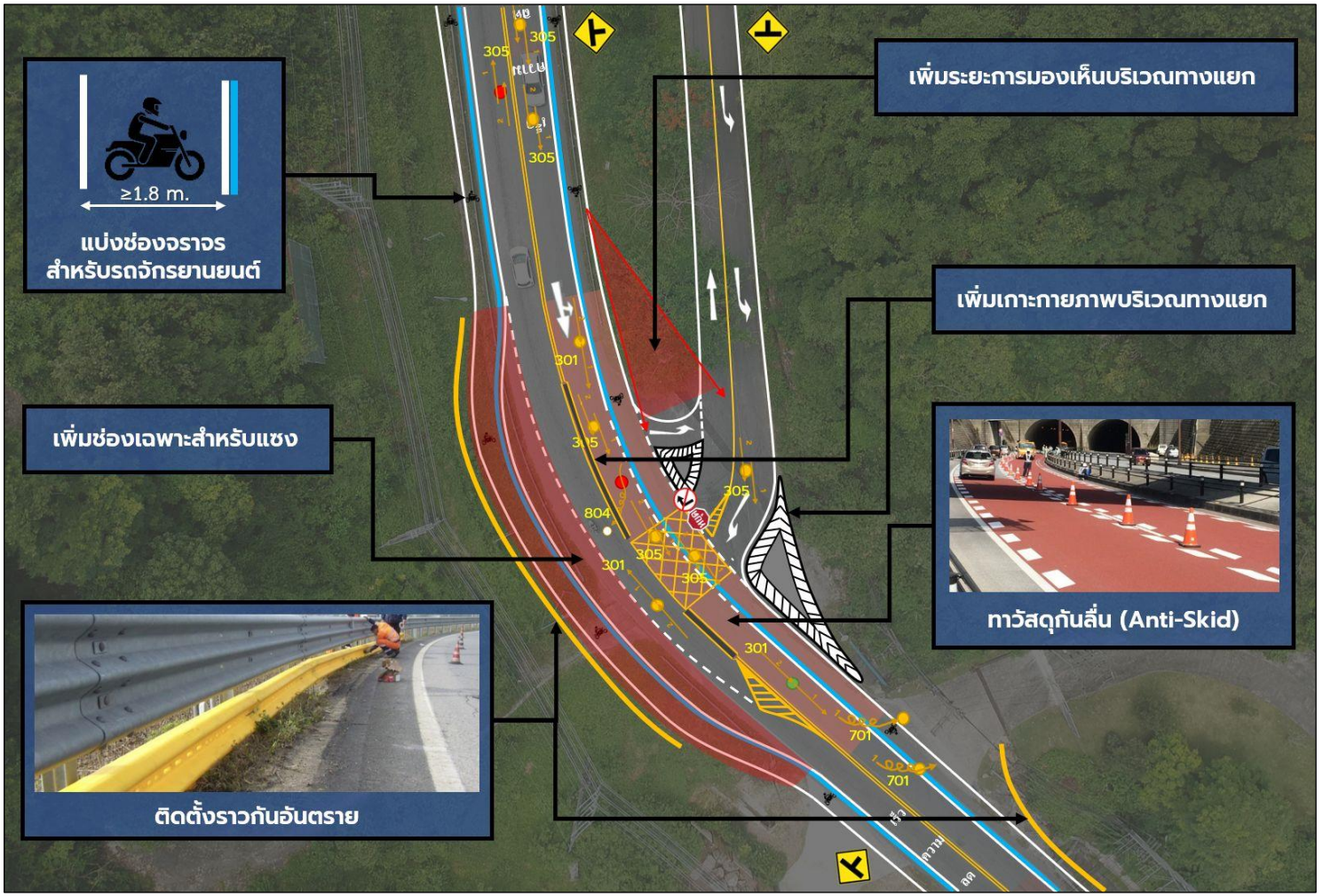
4.4.5 ผลการศึกษาปัญหาและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3

จากการสำรวจลักษณะทางกายภาพและการศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุ ปริมาณการจราจร และความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 ทำให้ทราบถึงสภาพปัญหาหลักที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุและความไม่ปลอดภัย จึงได้เสนอแนวทางการแก้ไขในแต่ละประเด็นไว้ในตารางที่ 4-13 ส่วนรูปภาพแนวทางการแก้ไขในพื้นที่แสดงในรูปที่ 4-19 สำหรับรูปตัวอย่างหลังการแก้ไขบริเวณอันตรายแสดงในรูปที่ 4-20

ตารางที่ 4-13 ปัญหาและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3

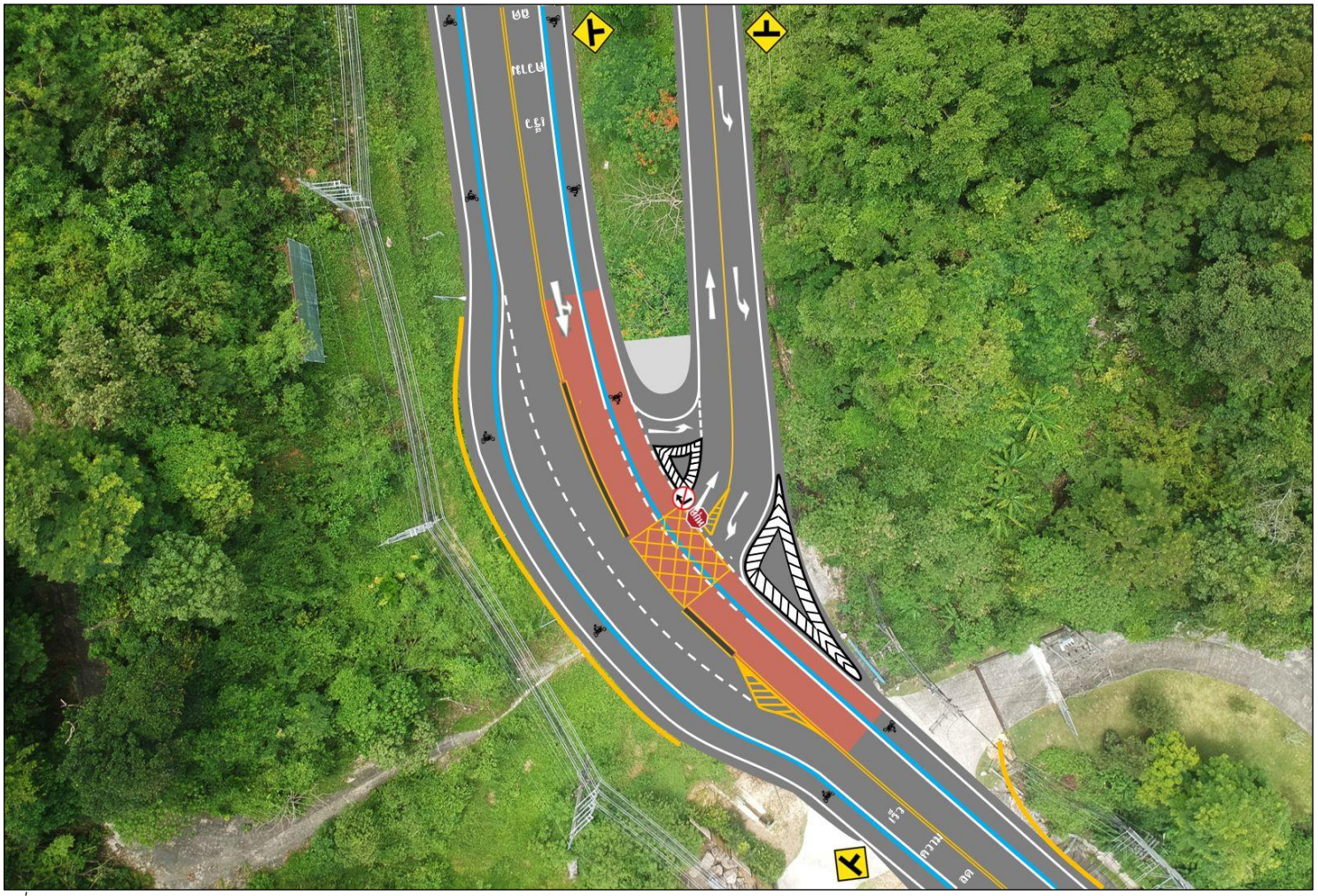
ลำดับ	ปัญหา	มาตรการแก้ไข
	ปัญหาที่พบจากข้อมูลอุบัติเหตุ	
1	มีอุบัติเหตุที่เกิดจากการเฉี่ยวชนกัน โดยเฉพาะการเฉี่ยวชนกันระหว่างรถจักรยานยนต์กับรถประเภทอื่น	เพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์ – แยกช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ เพื่อแยกกระแสจราจรของรถจักรยานยนต์
2	มีอุบัติเหตุที่เกิดจากการเสียหลักจากนั้นไปชนกับถาวรวัตถุข้างทางหรือชนกับรถคันอื่น	ปรับปรุงบริเวณทางโค้งให้มีความปลอดภัยยิ่งขึ้น – ติดตั้งราวกันอันตราย เพื่อป้องกันรถออกนอกข้างทาง – ทาวัสดุกันลื่น (Anti-Skid) เพื่อต้านทานการลื่นไถล – ติดตั้งป้ายเตือนทางโค้ง
3	มีอุบัติเหตุเกิดจากการชนท้ายกันบริเวณทางแยก	ปรับปรุงบริเวณทางแยกให้มีความปลอดภัยยิ่งขึ้น – ติดตั้งหรือทาสีเกาะกลางบริเวณทางแยก เพื่อแยกทิศทางของกระแสจราจรได้อย่างชัดเจน – เพิ่มระยะการมองเห็นบริเวณทางแยก – ติดตั้งป้ายเตือนก่อนถึงบริเวณทางแยก
	ปัญหาที่พบจากข้อมูลปริมาณการจราจร	
4	รถจักรยานยนต์มีโอกาสการเกิดอุบัติเหตุสูงกว่ารถประเภทอื่น	เพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์
	ปัญหาที่พบจากข้อมูลความเร็ว	
5	รถบรรทุกใช้ความเร็วต่ำกว่าปกติ เนื่องจากเป็นทางลาดขึ้น จึงทำให้รถที่ตามหลังต้องการแซง	เพิ่มมาตรการสำหรับการแซง – สร้างช่องจราจรเฉพาะสำหรับแซง
6	มีอุบัติเหตุเกิดจากการชนท้ายกันโดยเฉพาะขาลงเขา (ทิศไป ต.ป่าตอง)	เพิ่มมาตรการชะลอความเร็ว – ทาสีเตือนให้ลดความเร็ว

ที่มา: ผู้วิจัย



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-19 แนวทางการแก้ไขปัญหาความไม่ปลอดภัยบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-20 ตัวอย่างหลังการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3

4.4.6 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3

จากมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 ซึ่งนำเสนอในหัวข้อก่อนหน้านี้ สามารถนำมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าของมาตรการแก้ไข โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.4.6.1 ผลการประมาณการผลประโยชน์

ผลการประมาณการผลประโยชน์ของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 โดยใช้ค่าประสิทธิผลหรือร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุจากมาตรการแก้ไขแต่ละมาตรการ (รายละเอียดนำเสนอในภาคผนวก ข) มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4-14

ตารางที่ 4-14 ค่าประสิทธิผลของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3

ลำดับ	มาตรการแก้ไข	ร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุ (%)	ร้อยละที่เหลือของอุบัติเหตุ (%)[a]
1	เพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์		
	– แบ่งช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์	30	70
2	ปรับปรุงบริเวณทางโค้ง		
	– ปรับปรุงราวกันอันตรายให้รองรับรถจักรยานยนต์	32	68
	– ทาสีวัสดุเพิ่มความเสียดทาน (Anti-Skid)	35	65
	– ติดตั้งป้ายเตือนทางโค้ง	25	75
3	ปรับปรุงบริเวณทางแยก		
	– ทาสีเกาะกลาง	15	85
	– ทาสีช่องรอเลี้ยว	45	55
	– การปรับปรุงระยะการมองเห็นบริเวณทางแยก	30	70
	– ติดตั้งป้ายหยุด	25	75
	– ติดตั้งป้ายห้ามเลี้ยวขวา	60	40
	– ติดตั้งป้ายเตือนทางแยก	25	75
4	เพิ่มมาตรการสำหรับการแซง		
	สร้างช่องจราจรเฉพาะสำหรับแซง	25	75
5	เพิ่มมาตรการชะลอความเร็ว		
	– ทาสีข้อความเตือน “ลดความเร็ว” บนผิวทาง		
	รวมทุกมาตรการ	**98.7**[b]	

หมายเหตุ [a]ร้อยละที่เหลือของอุบัติเหตุ = 1 - ร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุ

[b]ร้อยละที่ลดลงของอุบัติเหตุทุกมาตรการ =1 - ร้อยละที่เหลือของอุบัติเหตุ

=1 - (0.70X0.68X0.65X0.75X0.85X0.55X0.70X0.75X0.4 X0.75X0.75)

= 0.987 หรือ ร้อยละ 98.7

ที่มา: ผู้วิจัย

จากข้อมูลอุบัติเหตุในบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 ซึ่งมีจำนวนข้อมูลอุบัติเหตุทั้งสิ้น 14 ครั้ง มีผู้ประสบเหตุเสียชีวิต 3 ราย และบาดเจ็บเล็กน้อย 12 ราย สามารถประมาณการผลประโยชน์ของอุบัติเหตุที่ลดลงได้จากมาตรการทั้งหมด ดังตารางที่ 4-15

ตารางที่ 4-15 ผลประโยชน์จากอุบัติเหตุที่ลดลงบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3

อาการผู้ประสบเหตุ	จำนวนผู้ประสบเหตุ (คน)	จำนวนผู้ประสบเหตุเฉลี่ยต่อปี[a] (คน/ปี)	มูลค่าอุบัติเหตุ[b] (บาท/ปี)	อัตราการลดของอุบัติเหตุ (ร้อยละ)	ผลประโยชน์จากอุบัติเหตุที่ลดลง (บาท/ปี)
เสียชีวิต	3	1	11,135,469	0.987	10,990,708
บาดเจ็บสาหัส	-	-	-	-	
บาดเจ็บเล็กน้อย	12	4	289,228	0.987	285,468
รวมผลประโยชน์ทั้งหมด					**11,276,176**

หมายเหตุ [a]ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึงปี พ.ศ. 2562

[b]พิจารณามูลค่าความสูญเสีย ณ ปี พ.ศ. 2561 (กรมทางหลวง, 2562)

ที่มา: ผู้วิจัย

4.4.6.2 ผลการประมาณการต้นทุน

การประมาณการต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายสำหรับมาตรการแก้ไข ตามแนวทางการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 4-19 รวมเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมด 787,716 บาท ดังแสดงในตารางที่ 4-16 โดยอ้างอิงราคาค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ตามราคากลางของหน่วยงานรัฐทั้งหมด

ตารางที่ 4-16 ค่าใช้จ่ายสำหรับมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3

ลำดับ	มาตรการแก้ไข	หน่วย	หน่วยละ (บาท)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	เพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์			
	– แบ่งช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์	32 ตร.ม.	372	12,023
2	ปรับปรุงบริเวณทางโค้ง			
	– ปรับปรุงราวกันอันตรายสำหรับรถจักรยานยนต์	38 ม.	1,350	51,300
	– ทาสีวัสดุเพิ่มความเสียดทาน (Anti-Skid)	151 ตร.ม.	1,200	181,200
	– ติดตั้งป้ายเตือนทางโค้ง	1 ชุด	4,830	4,830
3	ปรับปรุงบริเวณทางแยก			
	– ปรับปรุงผิวทางบริเวณทางแยก	158 ตร.ม.	1,170	184,780
	– ทาสีเกาะกลาง	154 ตร.ม.	372	58,664
	– ทาสีช่องรอเลี้ยว	57 ตร.ม.	372	21,204

ตารางที่ 4-14 ค่าใช้จ่ายสำหรับมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 (ต่อ)

ลำดับ	มาตรการแก้ไข	หน่วย	หน่วยละ (บาท)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
	– การปรับปรุงระยะการมองเห็นบริเวณทางแยก	211 ตร.ม.	30	6,324
	– ติดตั้งป้ายหยุด	1 ชุด	4,830	4,830
	– ติดตั้งป้ายห้ามเลี้ยวขวา	1 ชุด	4,830	4,830
	– ติดตั้งป้ายเตือนทางแยก	3 ชุด	4,830	14,490
4	เพิ่มมาตรการสำหรับการแซง			
	สร้างช่องจราจรเฉพาะสำหรับแซง	189 ตร.ม.	1,190	225,162
5	เพิ่มมาตรการชะลอความเร็ว			
	– ทาสีข้อความเตือน “ลดความเร็ว” บนผิวทาง	48.6 ตร.ม.	372	18,079
	รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด			**787,716**

ที่มา: ผู้วิจัย

4.4.6.3 ผลการวิเคราะห์หาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน

การวิเคราะห์หาอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนแต่ละปี หรือ Benefit Cost Ratio (B/C) สามารถคำนวณได้ดังนี้

จาก Capital Recovery Factor = $\left[\frac{(1+i)^n}{(1+i)^n-1}\right]$

กำหนดให้ i=12% และ n=5 (สนข., 2551)

Capital Recovery Factor = $\left[\frac{(1+0.12)^5}{(1+0.12)^5-1}\right]$

= 0.277410

จาก Equivalent Uniform Annual Cost หรือ EUAC

EUAC = $(I)\left[\frac{(1+i)^n}{(1+i)^n-1}\right]$

= 787,716 x 0.277410

= 218,520 บาท/ปี

กำหนดให้ ค่าบำรุงรักษาร้อยละ 5 ของค่าใช้จ่ายมาตรการ

M = 0.05 X I

= 0.05 x 787,716

= 39,385 บาท/ปี

$$\text{ดังนั้น} \quad B/C = \frac{B}{EUAC + M}$$

$$= \frac{11,276,176}{218,520 + 39,385}$$

$$= 43.7$$

สรุปได้ว่า ผลประโยชน์ของมาตรการ เท่ากับ 11,276,176 บาท/ปี มีค่าใช้จ่ายมาตรการหรือการลงทุน เท่ากับ 218,520 บาท/ปี และค่าบำรุงรักษา เท่ากับ 39,385 บาท/ปี กำหนดให้ อัตราคิดลดร้อยละ 12 ต่อปี มีอายุการใช้งาน 5 ปี สามารถคำนวณค่า B/C หรือผลประโยชน์ต่อการลงทุน เท่ากับ 43.7 ดังนั้น มีความคุ้มค่าในการปรับปรุงบริเวณอันตรายนี้

4.5 ผลการศึกษาบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4

จากการศึกษาบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 ซึ่งประกอบด้วยการสำรวจลักษณะทางกายภาพของบริเวณดังกล่าว รวมทั้งศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุ ปริมาณการจราจร และความเร็วของยานพาหนะ เพื่อนำมาวิเคราะห์สภาพปัญหาและเสนอแนะมาตรการแก้ไข มีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้

4.5.1 ผลการสำรวจลักษณะทางกายภาพบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4

บริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 เป็นบริเวณช่วงถนน ตั้งอยู่บนถนนทางหลวงหมายเลข 4029 ช่วงกะทู้-ป่าตอง ประมาณ กม.0+350 ถึง กม.0+450 อยู่ในพื้นที่ ต.ป่าตอง อ.กะทู้ จ.ภูเก็ต รูปที่ 4-21 แสดงภาพถ่ายทางอากาศบริเวณอันตรายดังกล่าว โดยมีการเดินรถแบบ 3 ช่องจราจร (มุ่งหน้าไป อ.กะทู้ 1 ช่อง และมุ่งหน้าไป อ.เมืองภูเก็ต 2 ช่อง) ช่องจราจรมีความกว้างช่องละประมาณ 3.5 เมตร ไม่มีมีเกาะกลางถนน ผิวทางเป็นแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete หรือ AC) แนวถนนมีลักษณะเป็นทางโค้งรูปตัว S มีลักษณะเป็นทางลาดชัน และยังมีต้นไม้ขนาดใหญ่และพุ่มหญ้าอยู่ข้างทาง โดยมีราวกันอันตรายแบบเหล็กตลอดช่วงถนน ส่วนในเวลากลางคืนมีไฟฟ้าส่องสว่างใช้การได้ดี

ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-21 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4

4.5.2 ผลการศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4

ข้อมูลอุบัติเหตุที่เกิดบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 จากการรวบรวมข้อมูล พบว่า มีอุบัติเหตุทั้งหมด 21 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4-17 สามารถนำมาวาดแผนผังการชนได้ ดังแสดงในรูปที่ 4-22 ซึ่งผังการชนเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ถูกใช้ในการวินิจฉัยการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อแสดงถึงตำแหน่งที่เกิดเหตุและลักษณะของการเกิดอุบัติเหตุด้วยสัญลักษณ์ลูกศร ซึ่งแทนถึงยานพาหนะหรือคนเดินเท้า (รายละเอียดกล่าวไว้ในภาคผนวก ก) อย่างไรก็ตาม ตำแหน่งที่ปรากฏในผังการชนอาจเป็นตำแหน่งโดยประมาณ แต่สิ่งที่สำคัญคือ รหัสการชนที่บ่งบอกถึงลักษณะและทิศทางของการชน หากพิจารณาจากข้อมูลทั้งในตารางที่ 4-17 และรูปที่ 4-22 ทำให้ทราบถึงปัญหาหลักและแนวทางการแก้ไขการเกิดอุบัติเหตุในบริเวณนี้ได้ ซึ่งสามารถแบ่งปัญหาออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1) การเสียหลักตกข้างทางบริเวณทางโค้ง จากข้อมูลลำดับที่ 1 2 8 10 13 14 และ 20 (ตารางที่ 4-17) โดยเฉพาะกรณีที่เกิดการเสียหลักแล้วไปชนกับถาวรวัตถุหรือเสียหลักแล้วไปชนกับยานพาหนะอื่น กรณีดังกล่าวเป็นการเพิ่มความรุนแรงของอุบัติเหตุอย่างยิ่ง จากข้อมูลผังการชน พบว่า ตำแหน่งของอุบัติเหตุที่เสียหลักมักเกิดบริเวณทางโค้งในทิศทางลาดลง จึงสันนิษฐานได้ว่าแรงยึดเกาะของผิวถนนไม่เพียงพอ

2) การเฉี่ยวชนกัน จากข้อมูลลำดับที่ 5 6 7 17 18 และ 19 (ตารางที่ 4-17) อุบัติเหตุทั้งหมดเกิดขึ้นโดยมีรถจักรยานยนต์เกี่ยวข้อง ประกอบกับลักษณะทางกายภาพของถนนเป็นทางโค้งรูปตัว S และมีความลาดชัน จึงสันนิษฐานได้ว่า รถจักรยานยนต์มักถูกรถที่มีขนาดใหญ่กว่าเบียดเพื่อแซง หรือการมองเห็นที่ไม่ชัดเจนในบริเวณทางโค้ง

3) การชนท้ายกันบริเวณทางโค้ง จากข้อมูลลำดับที่ 3 12 15 และ 16 (ตารางที่ 4-17) และแผนผังการชน (รูปที่ 4-22) แสดงให้เห็นว่า การชนท้ายมักเกิดในทิศทางที่ถนนมีความชันลาดลง อาจสันนิษฐานได้ว่า เกิดการลื่นไถลของรถคันที่ชนท้าย หรืออาจเกิดจากความเร็วของการขับขี่ระหว่างรถคันที่ชนและคันที่ถูกชนแตกต่างกัน เนื่องจากประสบการณ์และความชำนาญในการขับขี่ ซึ่งอาจเป็นอีกข้อมูลหนึ่งที่ต้องมีการจัดเก็บในข้อมูลอุบัติเหตุในอนาคต

ตารางที่ 4-17 รายละเอียดข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4

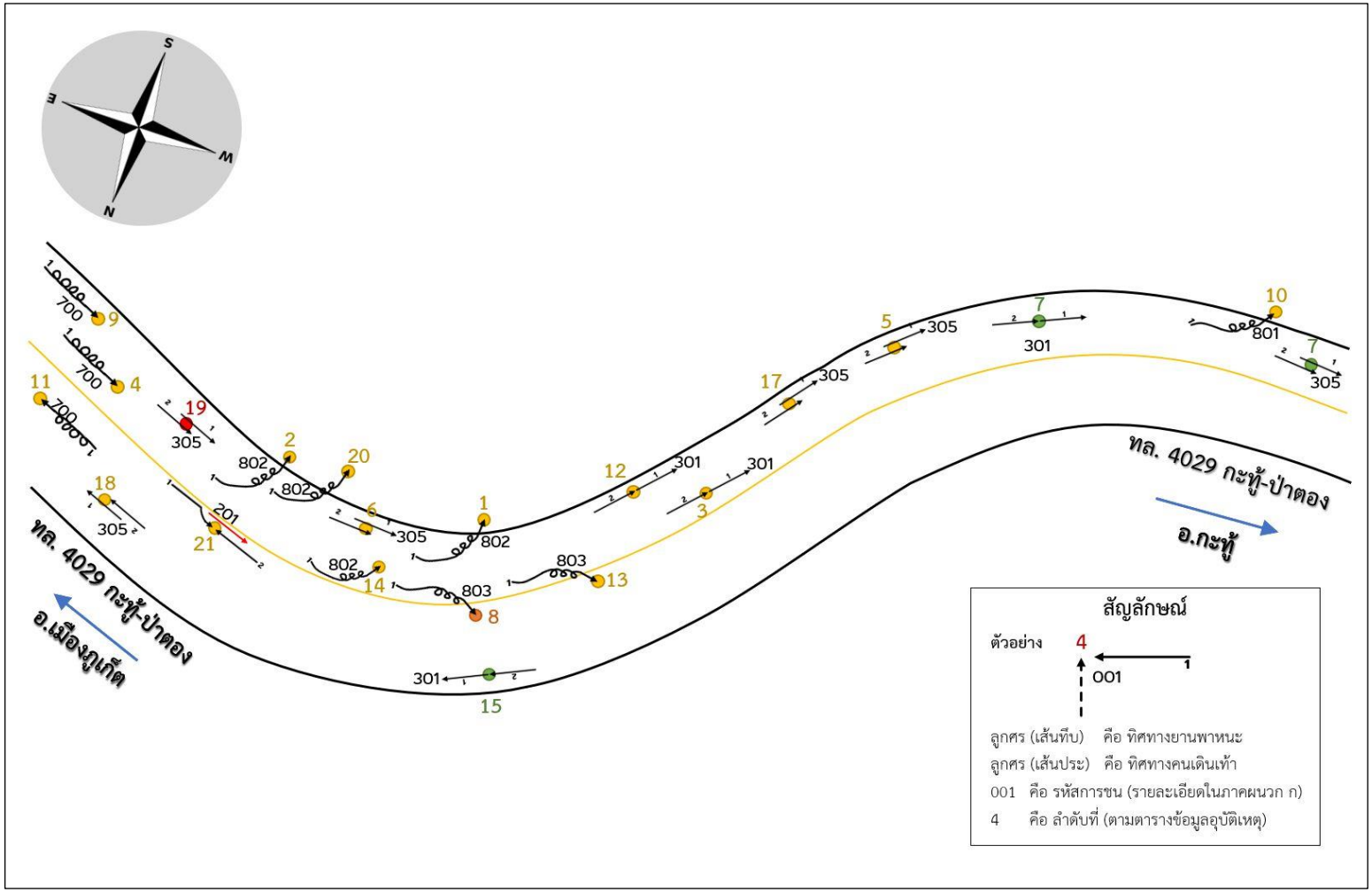
ลำดับ	วัน	เวลา	รหัสการชน	ลักษณะการชน	จำนวนผู้ประสบเหตุ (ราย)				ยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง			มูลเหตุสันนิษฐาน
					เสียชีวิต	สาหัส	เล็กน้อย	ไม่เจ็บ	คันที่ 1	คันที่ 2	คันที่ 3	
1	09/02/61	12.10	*802*	*เสียหลักบนทางโค้งด้านซ้าย*	0	0	2	0	*จยย.*	-	-	ไม่ระบุ
2	06/03/62	23.30	*802*	*เสียหลักบนทางโค้งด้านซ้าย*	0	0	1	0	*จยย.*	-	-	ไม่ระบุ
3	09/03/61	11.10	301	ชนท้าย	0	0	1	1	*จยย.*	รถตู้	-	ไม่ระบุ
4	06/04/61	02.40	800	บนทางโค้ง (ล้มเอง)	0	0	1	0	*จยย.*	-	-	ล้มเอง
5	04/06/61	18.30	*305*	*เฉี่ยวชนกัน*	0	0	1	1	*จยย.*	เก๋ง	-	ไม่ระบุ
6	21/06/61	09.55	*305*	*เฉี่ยวชนกัน*	0	0	2	0	*จยย.*	บิ๊กไบค์	-	ไม่ระบุ
7	25/06/61	17.00	*305*	*เฉี่ยวชนกัน*	0	0	0	2	*จยย.*	เก๋ง	-	ไม่ระบุ
8	28/06/61	11.30	*803*	*เสียหลักบนทางโค้ง ชนวัตถุ*	0	1	1	0	ฟ่วง	*จยย.*	-	แหกโค้งมาชน
9	22/08/61	13.00	800	บนทางโค้ง (ล้มเอง)	0	0	1	0	*จยย.*	-	-	ล้มเอง
10	28/08/61	12.40	*801*	*เสียหลักบนทางโค้งด้านขวา*	0	0	1	0	*จยย.*	-	-	ไม่ระบุ
11	29/08/61	06.10	800	บนทางโค้ง (ล้มเอง)	0	0	1	0	*จยย.*	-	-	ล้มเอง
12	14/09/61	10.30	301	ชนท้าย	0	0	2	2	*จยย.*	รถตู้	เก๋ง	ไม่ระบุ
13	23/09/61	07.30	*803*	*เสียหลักบนทางโค้ง ชนวัตถุ*	0	0	2	0	*จยย.*	*จยย.*	-	แหกโค้งมาชน
14	01/12/61	01.30	*802*	*เสียหลักบนทางโค้งด้านซ้าย*	0	0	2	0	*จยย.*	-	-	ไม่ระบุ
15	06/12/61	20.30	301	ชนท้าย	0	0	0	2	เก๋ง	เก๋ง	-	ไม่ระบุ
16	13/01/62	14.50	301	ชนท้าย	0	0	0	2	เก๋ง	กระบะ	-	ไม่ระบุ
17	06/03/62	04.30	*305*	*เฉี่ยวชนกัน*	0	0	2	1	เก๋ง	*จยย.*	-	ไม่ระบุ

ที่มา: ผู้วิจัย

ตารางที่ 4-17 รายละเอียดข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 (ต่อ)

ลำดับ	วัน	เวลา	รหัสการชน	ลักษณะการชน	จำนวนผู้ประสบเหตุ (ราย)				ยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง			มูลเหตุสันนิษฐาน
					เสียชีวิต	สาหัส	เล็กน้อย	ไม่เจ็บ	คันที่ 1	คันที่ 2	คันที่ 3	
18	14/03/62	10.10	*305*	*เฉี่ยวชนกัน*	0	0	1	1	*จยย.*	เก๋ง	-	ไม่ระบุ
19	17/06/62	07.45	*305*	*เฉี่ยวชนกัน*	*2*	0	0	0	*จยย.*	กระบะ	-	ไม่ระบุ
20	24/06/62	06.10	*802*	*เสียหลักบนทางโค้งด้านซ้าย*	0	0	1	0	*จยย.*	-	-	ไม่ระบุ
21	02/07/62	01.15	201	ชนประสานงา	0	0	2	0	เก๋ง	เก๋ง	-	ไม่ระบุ

ที่มา: ผู้วิจัย



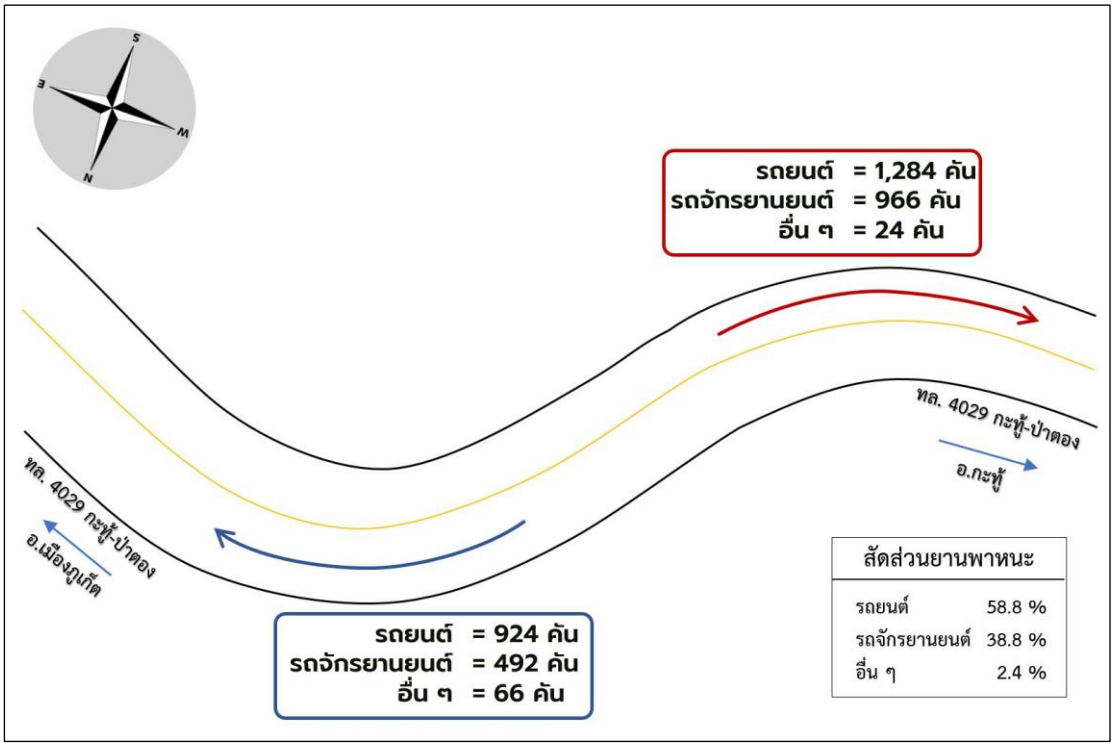
ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-22 แผนผังการชนบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4

4.5.3 ผลการศึกษาปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4

จากการศึกษาปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 ณ วันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ. 2562 เวลา 11.15-12.15 น. ดังรูปที่ 4-23 พบว่า ปริมาณการจราจรที่สัญจรผ่านบริเวณนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 3,756 คัน/ชั่วโมง เมื่อพิจารณาปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทาง พบว่า ทิศมุ่งหน้าไป อ.กะทู้ มีจำนวนยานพาหนะสัญจรผ่านทั้งหมด 2,274 คัน ส่วนทิศมุ่งหน้าไป อ.เมืองภูเก็ต มีจำนวนยานพาหนะสัญจรผ่านทั้งหมด 1,482 คัน

เมื่อพิจารณาสัดส่วนของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ พบว่า ส่วนมากเป็นรถยนต์ (รถเก๋งและรถกระบะ) ร้อยละ 58.8 รองลงมาเป็นรถจักรยานยนต์ร้อยละ 38.8 และยานพาหนะอื่น (รถบรรทุกและรถบัส) ร้อยละ 2.4 อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาจากข้อมูลอุบัติเหตุดังตารางที่ 4-17 พบว่า รถจักรยานยนต์ประสบอุบัติเหตุ มีจำนวน 20 คัน (ร้อยละ 58.8) รถยนต์ประสบอุบัติเหตุ มีจำนวน 12 คัน (ร้อยละ 35.3) และยานพาหนะอื่น มีจำนวน 2 คัน (ร้อยละ 5.9) เมื่อคำนวณหาโอกาสการเกิดอุบัติเหตุของทั้งรถยนต์และรถจักรยานยนต์เทียบกับปริมาณการจราจรบริเวณดังกล่าว อาจกล่าวได้ว่า รถจักรยานยนต์มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุมากกว่ารถประเภทอื่น ดังนั้น จึงควรเพิ่มมาตรการเพิ่มความปลอดภัยให้รถจักรยานยนต์ เช่น การแยกรถจักรยานยนต์ออกจากช่องจราจรหลัก รายละเอียดของมาตรการกล่าวในหัวข้อ 4.5.5



ที่มา: ผู้วิจัย

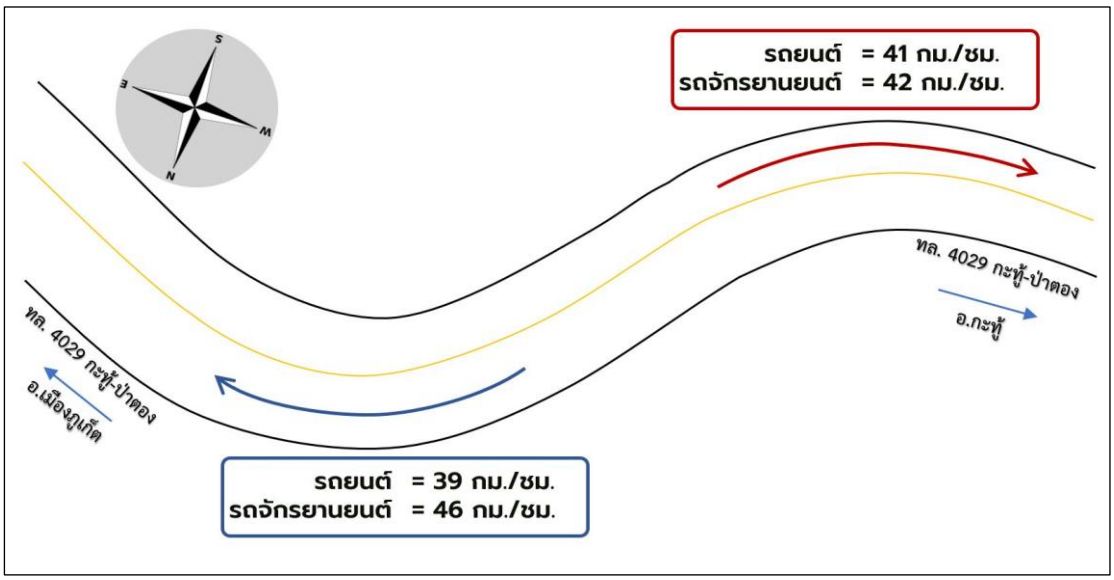
รูปที่ 4-23 ปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4

4.5.4 ผลการศึกษาความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4

การศึกษาความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 ณ วันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ. 2562 เวลา 11.15-12.15 น. ได้ศึกษาเฉพาะรถจักรยานยนต์และรถยนต์เท่านั้น ใน 2 ทิศทาง คือ ทิศทางที่มุ่งหน้าไป อ.กะทู้ และทิศทางที่มุ่งหน้าไป อ.เมืองภูเก็ต ซึ่งถนนบริเวณดังกล่าว มีการกำหนดความเร็วไม่เกิน 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับการศึกษาเรื่องความเร็ว ค่าที่นิยมนำมาวิเคราะห์กัน นั่นคือ ค่าความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ (รายละเอียดผลการศึกษาแสดงในภาคผนวก ง.)

จากรูปที่ 4-24 ผลการศึกษาการใช้ความเร็วของยานพาหนะในทิศทางที่มุ่งหน้าไป อ.กะทู้ พบว่า ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของรถจักรยานยนต์มีค่า 42 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความเร็วที่กำหนด ส่วนรถยนต์มีค่าความเร็ว 41 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดเช่นเดียวกัน จากข้อมูล พบว่า ในบางกรณี รถจักรยานยนต์ใช้ความเร็วมากสุดที่ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1.2 เท่าของความเร็วที่กำหนด) และรถยนต์มีการใช้ความเร็วมากที่สุดที่ 44 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1.1 เท่าของความเร็วที่กำหนด)

ส่วนผลการศึกษาความเร็วของยานพาหนะในทิศทางที่มุ่งหน้าไป อ.เมืองภูเก็ต ดังรูปที่ 4-24 พบว่า ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของรถจักรยานยนต์มีค่า 46 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และรถยนต์มีค่าความเร็ว 39 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด จากข้อมูล พบว่า ในบางกรณี รถจักรยานยนต์มีการใช้ความเร็วมากสุดถึง 52 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1.3 เท่าของความเร็วที่กำหนด) และรถยนต์มีการใช้ความเร็วมากที่สุด 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1.2 เท่าของความเร็วที่กำหนด)



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-24 ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4

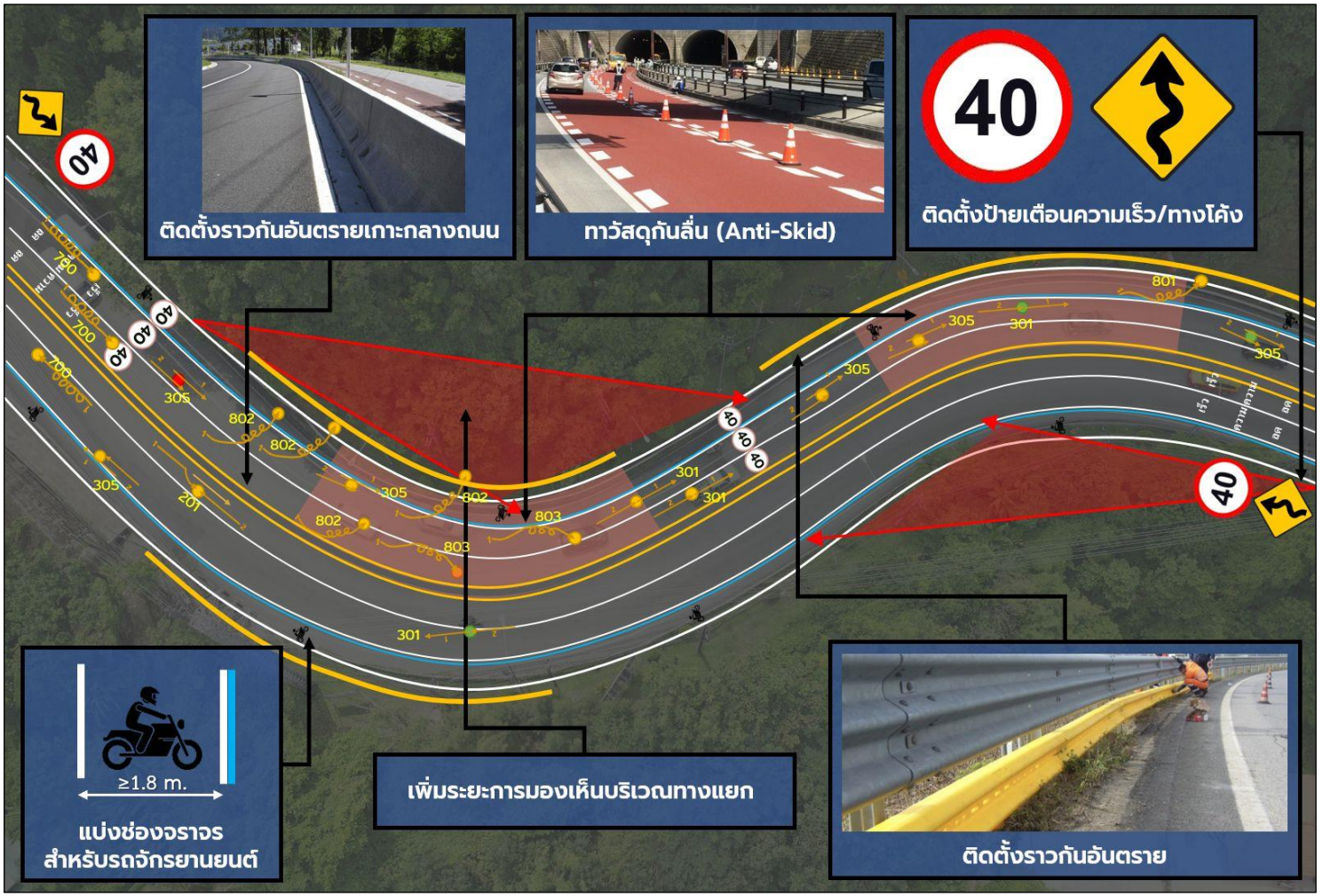
4.5.5 ผลการศึกษาปัญหาและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4

จากการสำรวจลักษณะทางกายภาพและการศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุ ปริมาณการจราจร และความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 ทำให้ทราบถึงสภาพปัญหาหลักที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุและความไม่ปลอดภัย จึงได้เสนอแนวทางการแก้ไขในแต่ละประเด็นไว้ในตารางที่ 4-18 ส่วนรูปภาพแนวทางการแก้ไขในพื้นที่แสดงในรูปที่ 4-25 สำหรับรูปตัวอย่างหลังการแก้ไขบริเวณอันตรายแสดงในรูปที่ 4-26

ตารางที่ 4-18 ปัญหาและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4

ลำดับ	ปัญหา	มาตรการแก้ไข
	ปัญหาที่พบจากข้อมูลอุบัติเหตุ	
1	มีอุบัติเหตุเสียหลักตกข้างทางบริเวณทางโค้ง จากนั้นไปชนกับวัตถุถาวรหรือยานพาหนะอื่น	ปรับปรุงบริเวณทางโค้งให้มีความปลอดภัยยิ่งขึ้น – ปรับปรุงราวกันอันตรายข้างทาง เพื่อให้รองรับรถจักรยานยนต์ออกนอกข้างทาง – ติดตั้งราวกันอันตรายเกาะกลางถนน เพื่อป้องกันรถหลุดโค้งมาชนรถทิศทางตรงข้าม – ทาวัสดุกันลื่น (Anti-Skid) เพื่อต้านทานการลื่นไถล – ติดตั้งป้ายเตือนทางโค้งรูปตัว S
2	มีอุบัติเหตุเฉี่ยวชนกัน โดยเฉพาะการเฉี่ยวชนกันระหว่างรถจักรยานยนต์กับยานพาหนะประเภทอื่น	เพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์ – แยกช่องจราจรและติดตั้งเสาล้มลุกสำหรับรถจักรยานยนต์ เพื่อแยกกระแสจราจรของรถจักรยานยนต์
3	มีอุบัติเหตุชนท้ายกันบริเวณทางโค้ง	ปรับปรุงทางโค้งให้มีความปลอดภัยยิ่งขึ้น – เพิ่มระยะการมองเห็น
	ปัญหาที่พบจากข้อมูลปริมาณการจราจร	
4	รถจักรยานยนต์มีโอกาสการเกิดอุบัติเหตุสูงกว่ารถประเภทอื่น	เพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์
	ปัญหาที่พบจากข้อมูลความเร็ว	
5	มีการใช้ความเร็วเกินกำหนด	เพิ่มมาตรการลดความเร็ว – ติดตั้งป้ายเตือนความเร็วที่กำหนด – ทาสีข้อความเตือนให้ลดความเร็วบนพื้นทาง – ทาสีเครื่องหมายความเร็ว 40 กม./ชม. บนพื้นทาง

ที่มา: ผู้วิจัย



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-25 แนวทางการแก้ไขปัญหาความไม่ปลอดภัยบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4

ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-26 ตัวอย่างหลังการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4

4.5.6 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4

จากมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 ซึ่งนำเสนอในหัวข้อก่อนหน้านี้ สามารถนำมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าของมาตรการแก้ไข โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.5.6.1 ผลการประมาณการผลประโยชน์

ผลการประมาณการผลประโยชน์ของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 โดยใช้ค่าประสิทธิผลหรือร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุจากมาตรการแก้ไขแต่ละมาตรการ (รายละเอียดนำเสนอในภาคผนวก ข) มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4-19

ตารางที่ 4-19 ค่าประสิทธิผลของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4

ลำดับ	มาตรการแก้ไข	ร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุ (%)	ร้อยละที่เหลือของอุบัติเหตุ (%)[a]
1	ปรับปรุงบริเวณทางโค้ง		
	– ปรับปรุงราวกันอันตรายให้รองรับรถจักรยานยนต์	32	68
	– ติดตั้งราวกันอันตรายเกาะกลางถนน	70	30
	– ทาสีวัสดุเพิ่มความเสียดทาน (Anti-Skid)	35	65
	– ติดตั้งป้ายเตือนทางโค้งรูปตัว S	25	75
	– เพิ่มระยะการมองเห็น	30	70
2	เพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์		
	– แบ่งช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์	30	70
3	เพิ่มมาตรการลดความเร็ว		
	– ติดตั้งป้ายเตือนลดความเร็ว	30	70
	– ทาสีข้อความเตือน “ลดความเร็ว” บนผิวทาง	30	70
	รวมทุกมาตรการ	**97.6**[b]	

หมายเหตุ [a]ร้อยละที่เหลือของอุบัติเหตุ = 1 - ร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุ

[b]ร้อยละที่ลดลงของอุบัติเหตุทุกมาตรการ =1 - ร้อยละที่เหลือของอุบัติเหตุ

=1 - (0.68X0.30X0.65X0.75X0.7X0.7X0.7X0.7)

= 0.976 หรือ ร้อยละ 97.6

ที่มา: ผู้วิจัย

จากข้อมูลอุบัติเหตุในบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 ซึ่งมีจำนวนข้อมูลอุบัติเหตุทั้งสิ้น 21 ครั้ง มีผู้ประสบเหตุเสียชีวิต 2 ราย บาดเจ็บสาหัส 1 ราย และบาดเจ็บเล็กน้อย 24 ราย สามารถประมาณการผลประโยชน์ของอุบัติเหตุที่ลดลงได้จากมาตรการ ดังแสดงในตารางที่ 4-20

ตารางที่ 4-20 ผลประโยชน์จากอุบัติเหตุที่ลดลงบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4

อาการผู้ประสบเหตุ	จำนวนผู้ประสบเหตุ (คน)	จำนวนผู้ประสบเหตุเฉลี่ยต่อปี[a] (คน/ปี)	มูลค่าอุบัติเหตุ[b] (บาท/ปี)	อัตราการลดของอุบัติเหตุ (ร้อยละ)	ผลประโยชน์จากอุบัติเหตุที่ลดลง (บาท/ปี)
เสียชีวิต	2	0.667	7,427,358	0.976	7,249,101
บาดเจ็บสาหัส	1	0.333	1,350,155	0.976	1,317,751
บาดเจ็บเล็กน้อย	24	8	578,456	0.976	564,573
รวมผลประโยชน์ทั้งหมด					**9,131,426**

หมายเหตุ [a]ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึงปี พ.ศ. 2562

[b]พิจารณามูลค่าความสูญเสีย ณ ปี พ.ศ. 2561 (กรมทางหลวง, 2562)

ที่มา: ผู้วิจัย

4.5.6.2 ผลการประมาณการต้นทุน

การประมาณการต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายสำหรับมาตรการแก้ไข ตามแนวทางการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 4-25 รวมเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมด 868,690 บาท ดังแสดงในตารางที่ 4-21 โดยอ้างอิงราคาค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ตามราคากลางของหน่วยงานรัฐทั้งหมด

ตารางที่ 4-21 ค่าใช้จ่ายสำหรับมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4

ลำดับ	มาตรการแก้ไข	หน่วย	หน่วยละ (บาท)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	ปรับปรุงบริเวณทางโค้ง			
	– ปรับปรุงราวกันอันตรายให้รองรับรถจักรยานยนต์	138.1 ม.	1,350	186,435
	– ติดตั้งราวกันอันตรายเกาะกลางถนน	98 ม.	2,060	201,834
	– ทาสีวัสดุเพิ่มความเสียดทาน (Anti-Skid)	339 ตร.ม.	1,200	407,280
	– ติดตั้งป้ายเตือนทางโค้งรูปตัว S	2 ชุด	4,880	9,660
	– เพิ่มระยะการมองเห็น	649 ตร.ม.	30	19,467
2	เพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์			
	– แบ่งช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์	58.9 ตรม.	372	21,907
3	เพิ่มมาตรการลดความเร็ว			
	– ติดตั้งป้ายเตือนลดความเร็ว	2 ชุด	4,700	9,400
	– ทาสีข้อความเตือน “ลดความเร็ว” บนผิวทาง	34.2 ตร.ม.	372	12,707
	รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด			**868,690**

ที่มา: ผู้วิจัย

4.5.6.3 ผลการวิเคราะห์หาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน

การวิเคราะห์หาอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนแต่ละปี หรือ Benefit Cost Ratio (B/C) สามารถคำนวณได้ดังนี้

จาก Capital Recovery Factor = $\left[\frac{(1+i)^n}{(1+i)^n-1}\right]$

กำหนดให้ i=12% และ n=5 (สนข., 2551)

Capital Recovery Factor = $\left[\frac{(1+0.12)^5}{(1+0.12)^5-1}\right]$

= 0.277410

จาก Equivalent Uniform Annual Cost หรือ EUAC

EUAC = $(I)\left[\frac{(1+i)^n}{(1+i)^n-1}\right]$

= 868,690 x 0.277410

= 240,984 บาท/ปี

กำหนดให้ ค่าบำรุงรักษาร้อยละ 5 ของค่าใช้จ่ายมาตรการ

M = 0.05 X I

= 0.05 x 868,690

= 43,435 บาท/ปี

ดังนั้น B/C = $\frac{B}{EUAC+M}$

= $\frac{9,131,426}{240,984+43,435}$

= 32.1

สรุปได้ว่า ผลประโยชน์ของมาตรการ เท่ากับ 9,131,426 บาท/ปี มีค่าใช้จ่ายมาตรการหรือการลงทุน เท่ากับ 240,984 บาท/ปี และค่าบำรุงรักษา เท่ากับ 43,435 บาท/ปี กำหนดให้ อัตราคิดลดร้อยละ 12 ต่อปี มีอายุการใช้งาน 5 ปี สามารถคำนวณค่า B/C หรือผลประโยชน์ต่อการลงทุน เท่ากับ 32.1 ดังนั้น มีความคุ้มค่าในการปรับปรุงบริเวณอันตรายนี้

4.6 ผลการศึกษาบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5

จากการศึกษาบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยการสำรวจลักษณะทางกายภาพของบริเวณดังกล่าว รวมทั้งศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุ ปริมาณการจราจร และความเร็วของยานพาหนะ เพื่อนำมาวิเคราะห์สภาพปัญหาและเสนอแนะมาตรการแก้ไข มีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้

4.6.1 ผลการสำรวจลักษณะทางกายภาพบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5

บริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 เป็นบริเวณช่วงถนน ตั้งอยู่บนถนนทางหลวงหมายเลข 4029 ช่วงกะทู้-ป่าตอง ประมาณ กม.1+400 อยู่ในพื้นที่ ต.ป่าตอง อ.กะทู้ จ.ภูเก็ต รูปที่ 4-27 แสดงภาพถ่ายทางอากาศบริเวณอันตรายดังกล่าว โดยมีการเดินรถแบบ 4 ช่องจราจร (ซ้าย 2 ช่อง และขวา 2 ช่อง) ช่องจราจรมีความกว้างช่องละประมาณ 3.5 เมตร ไม่มีเกาะกลางถนน ผิวทางเป็นแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete หรือ AC) แนวถนนมีลักษณะเป็นทางโค้งรูปตัว S มีลักษณะเป็นทางลาดชัน และยังมีต้นไม้ขนาดใหญ่ พุ่มหญ้า อาคารและโรงแรมอยู่ข้างทาง โดยมีราวกันอันตรายแบบเหล็กตลอดช่วงถนน ส่วนในเวลากลางคืนมีไฟฟ้าส่องสว่างใช้การได้ดี

ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-27 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5

4.6.2 ผลการศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5

ข้อมูลอุบัติเหตุที่เกิดบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 จากการรวบรวมข้อมูล พบว่า มีอุบัติเหตุทั้งหมด 21 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4-22 สามารถนำมาวาดแผนผังการชนได้ ดังแสดงในรูปที่ 4-28 ซึ่งผังการชนเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ถูกใช้ในการวินิจฉัยการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อแสดงถึงตำแหน่งที่เกิดเหตุและลักษณะของการเกิดอุบัติเหตุด้วยสัญลักษณ์ลูกศร ซึ่งแทนถึงยานพาหนะหรือคนเดินเท้า (รายละเอียดกล่าวไว้ในภาคผนวก ก) อย่างไรก็ตาม ตำแหน่งที่ปรากฏในผังการชนอาจเป็นตำแหน่งโดยประมาณ แต่สิ่งที่สำคัญคือ รหัสการชนที่บ่งบอกถึงลักษณะและทิศทางของการชน หากพิจารณาจากข้อมูลทั้งในตารางที่ 4-22 และรูปที่ 4-28 ทำให้ทราบถึงปัญหาหลักและแนวทางการแก้ไขการเกิดอุบัติเหตุในบริเวณนี้ได้ ซึ่งสามารถแบ่งปัญหาออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1) การเสียหลักตกข้างทางบริเวณทางโค้ง จากข้อมูลลำดับที่ 1 4 5 6 7 16 19 และ 20 (ตารางที่ 4-22) บางกรณีเป็นการล้มเอง เนื่องจากลื่นคราบน้ำมัน แต่หากพิจารณาจากแผนผังการชน (รูปที่ 4-28) แสดงให้เห็นว่า มักเกิดในทิศทางที่มีความชันลาดลง จึงสันนิษฐานว่าสาเหตุเกิดจากแรงยึดเกาะของถนนไม่เพียงพอ

2) การเฉี่ยวชนกัน จากข้อมูลลำดับที่ 2 8 11 17 และ 21 (ตารางที่ 4-22) ส่วนใหญ่เป็นการเกิดอุบัติเหตุโดยมีรถจักรยานยนต์เกี่ยวข้อง แสดงให้เห็นว่า รถจักรยานยนต์มักถูกรถที่มีขนาดใหญ่กว่าเบียดจากการแซง สาเหตุเกิดจากลักษณะทางกายภาพของถนนเป็นทางโค้งรูปตัว S และมีความลาดชัน จึงทำให้เกิดเหตุในลักษณะดังกล่าวง่ายขึ้น ประกอบกับสาเหตุจากการมองเห็นที่ไม่ชัดเจน เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นทางโค้ง

3) การชนท้ายกันบริเวณทางโค้ง จากข้อมูลอุบัติเหตุลำดับที่ 10 14 15 และ 18 (ตารางที่ 4-22) และแผนผังการชน (รูปที่ 4-22) แสดงให้เห็นว่า การชนท้ายมักเกิดในทิศทางที่ถนนมีความชันลาดลง อาจสันนิษฐานได้ว่า สาเหตุเกิดจากรถคันที่ชนท้ายลื่นไถลมาชนรถคันหน้า

ตารางที่ 4-22 รายละเอียดข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5

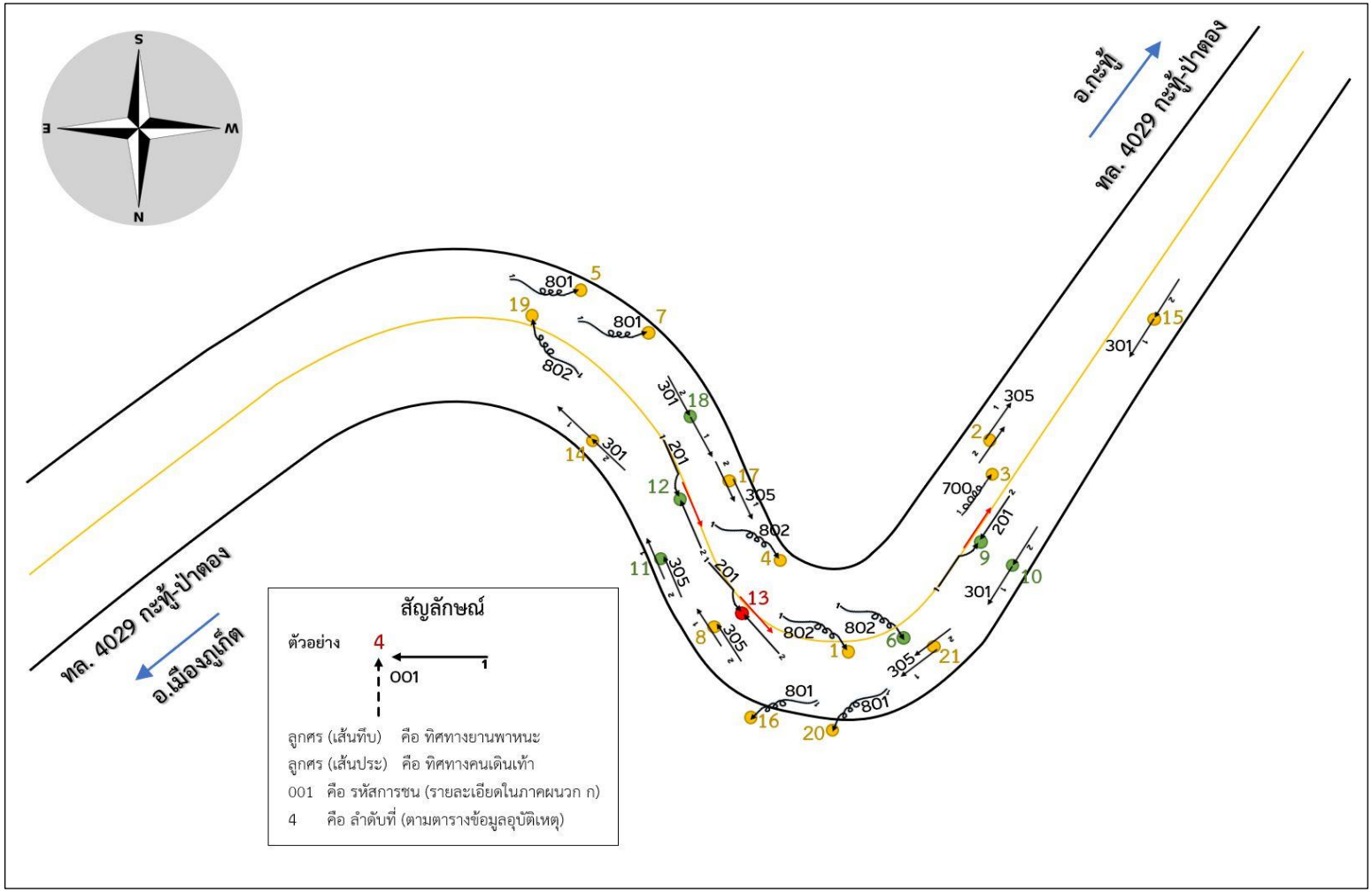
ลำดับ	วัน	เวลา	รหัสการชน	ลักษณะการชน	จำนวนผู้ประสบเหตุ (ราย)				ยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง			มูลเหตุสันนิษฐาน
					เสียชีวิต	สาหัส	เล็กน้อย	ไม่เจ็บ	คันที่ 1	คันที่ 2	คันที่ 3	
1	13/02/61	23.00	802	เสียหลักบนทางโค้งด้านซ้าย	0	0	4	1	รถบัส	จยย.	เก๋ง	ไม่ระบุ
2	05/03/61	13.20	305	เฉี่ยวชนกัน	0	0	1	1	จยย.	กระบะ	-	ไม่ระบุ
3	06/03/61	01.55	700	บนทางตรง (ล้มเอง)	0	0	1	0	จยย.	-	-	ล้มเอง
4	05/06/61	04.40	802	เสียหลักบนทางโค้งด้านซ้าย	0	0	1	0	จยย.	-	-	ลื่นคราบน้ำมัน
5	13/06/61	05.30	801	เสียหลักบนทางโค้งด้านขวา	0	0	1	0	จยย.	-	-	ไม่ระบุ
6	03/08/61	10.20	802	เสียหลักบนทางโค้งด้านซ้าย	0	0	0	1	รถตู้	-	-	ไม่ระบุ
7	26/10/61	07.00	801	เสียหลักบนทางโค้งด้านขวา	0	0	1	0	จยย.	-	-	ลื่นคราบน้ำมัน
8	06/11/61	16.40	305	เฉี่ยวชนกัน	0	0	1	1	จยย.	รถตู้	-	ไม่ระบุ
9	11/11/61	00.50	201	ชนประสานงา	0	0	0	2	กระบะ	รถพ่วง	-	ไม่ระบุ
10	17/12/61	12.10	301	ชนท้าย	0	0	0	3	กระบะ	เก๋ง	เก๋ง	ไม่ระบุ
11	16/01/62	15.30	305	เฉี่ยวชนกัน	0	0	0	2	รถตู้	เก๋ง	-	ไม่ระบุ
12	23/01/62	09.30	201	ชนประสานงา	0	0	0	2	รถบัส	กระบะ	-	ไม่ระบุ
13	10/02/62	22.40	201	ชนประสานงา	2	0	0	1	จยย.	กระบะ	-	ไม่ระบุ
14	12/02/62	11.00	301	ชนท้าย	0	0	1	1	จยย.	จยย.	-	ไม่ระบุ
15	20/02/62	09.00	301	ชนท้าย	0	0	0	2	กระบะ	กระบะ	-	ไม่ระบุ
16	08/03/62	06.40	801	เสียหลักบนทางโค้งด้านขวา	0	0	1	0	จยย.	-	-	ไม่ระบุ
17	31/05/62	08.00	305	เฉี่ยวชนกัน	0	0	1	1	จยย.	กระบะ	-	ไม่ระบุ

ที่มา: ผู้วิจัย

ตารางที่ 4-22 รายละเอียดข้อมูลอุบัติเหตุบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 (ต่อ)

ลำดับ	วัน	เวลา	รหัสการชน	ลักษณะการชน	จำนวนผู้ประสบเหตุ (ราย)				ยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง			มูลเหตุสันนิษฐาน
					เสียชีวิต	สาหัส	เล็กน้อย	ไม่เจ็บ	คันที่ 1	คันที่ 2	คันที่ 3	
18	29/08/62	17.10	301	ชนท้าย	0	0	0	2	กระบะ	เก๋ง	-	ไม่ระบุ
19	23/10/62	10.50	802	เสียหลักบนทางโค้งด้านซ้าย	0	0	1	0	จยย.	-	-	ไม่ระบุ
20	02/12/62	05.37	801	เสียหลักบนทางโค้งด้านขวา	0	0	1	0	จยย.	-	-	ไม่ระบุ
21	03/12/62	23.50	305	เฉี่ยวชนกัน	0	0	1	1	จยย.	จยย.	-	ไม่ระบุ

ที่มา: ผู้วิจัย



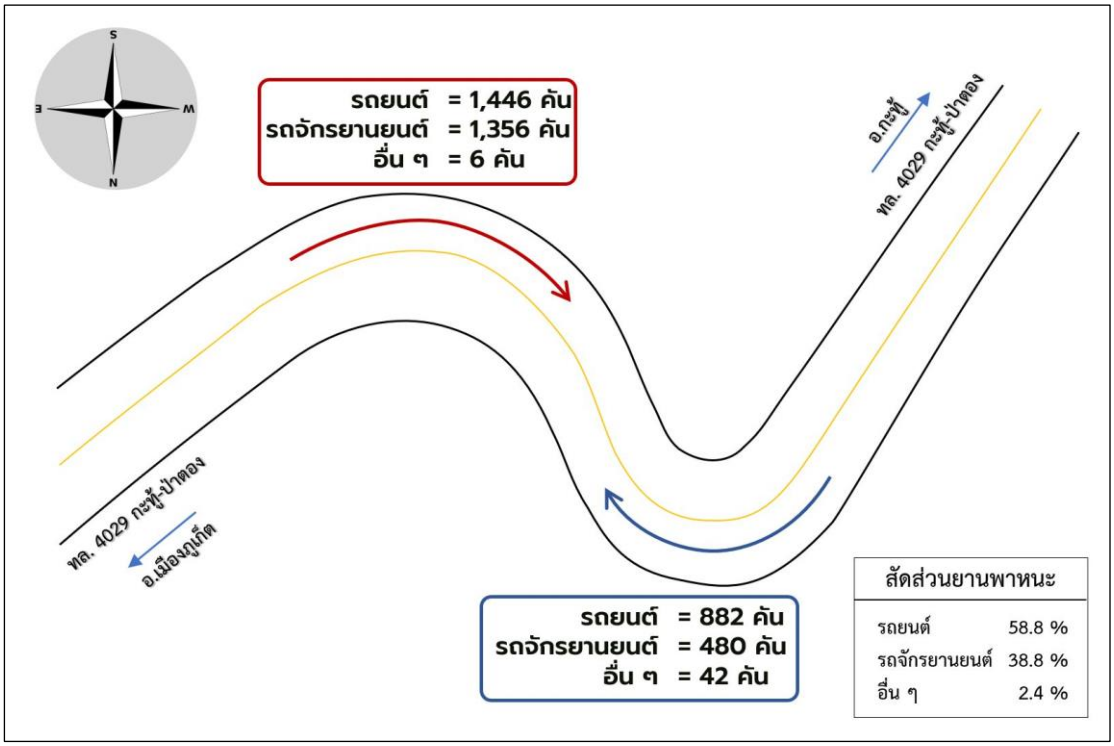
ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-28 แผนผังการชนบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5

4.6.3 ผลการศึกษาปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5

จากการศึกษาปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 ณ วันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ. 2562 เวลา 10.00-11.00 น. ผลดังรูปที่ 4-29 พบว่า ปริมาณการจราจรที่สัญจรผ่านบริเวณนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 4,212 คัน/ชั่วโมง เมื่อพิจารณาปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทาง ทิศมุ่งหน้าไป อ.กะทู้ มีจำนวนยานพาหนะสัญจรผ่านทั้งหมด 2,808 คัน ส่วนทิศมุ่งหน้าไป อ.เมืองภูเก็ต มีจำนวนยานพาหนะสัญจรผ่านทั้งหมด 1,404 คัน

เมื่อพิจารณาสัดส่วนของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ พบว่า ส่วนมากเป็นรถยนต์ (รถเก๋งและรถกระบะ) ร้อยละ 55.3 รองลงมาเป็นรถจักรยานยนต์ร้อยละ 43.6 และยานพาหนะอื่น (รถบรรทุกและรถบัส) ร้อยละ 1.1 อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาจากข้อมูลอุบัติเหตุดังตารางที่ 4-22 พบว่า รถจักรยานยนต์ประสบอุบัติเหตุ มีจำนวน 16 คัน (ร้อยละ 47.1) รถยนต์ประสบอุบัติเหตุ มีจำนวน 14 คัน (ร้อยละ 41.2) และยานพาหนะอื่น มีจำนวน 4 คัน (ร้อยละ 11.7) เมื่อคำนวณหาโอกาสการเกิดอุบัติเหตุของทั้งรถยนต์และรถจักรยานยนต์เทียบกับปริมาณการจราจรบริเวณดังกล่าว อาจกล่าวได้ว่า รถจักรยานยนต์มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุมากกว่ารถประเภทอื่น ดังนั้น จึงควรเพิ่มมาตรการเพิ่มความปลอดภัยให้รถจักรยานยนต์ เช่น การแยกรถจักรยานยนต์ออกจากช่องจราจรหลัก รายละเอียดของมาตรการกล่าวในหัวข้อ 4.6.5



ที่มา: ผู้วิจัย

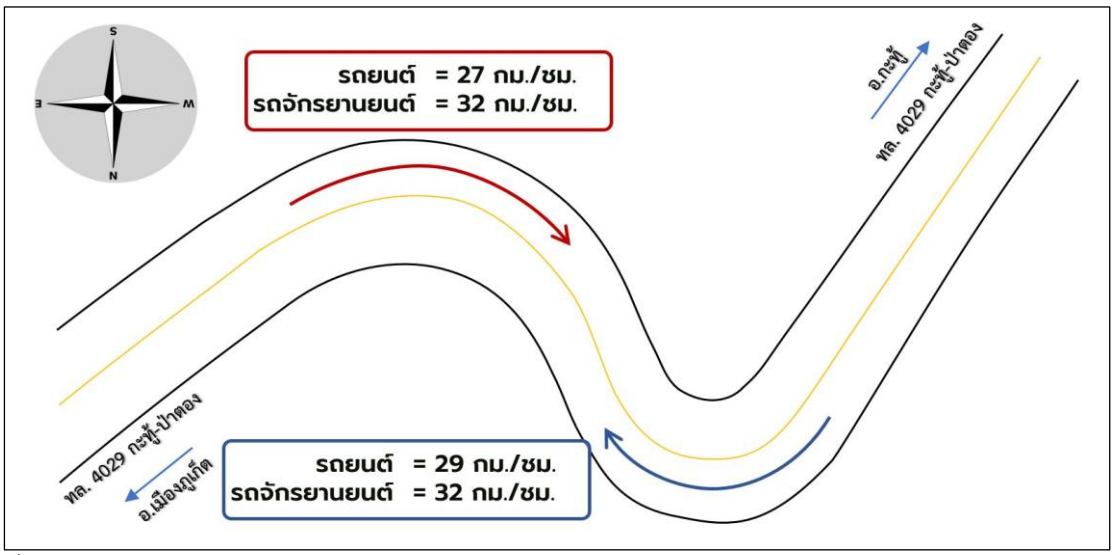
รูปที่ 4-29 ปริมาณการจราจรบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5

4.6.4 ผลการศึกษาความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5

ผลการศึกษาความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 ณ วันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ. 2562 เวลา 10.00-11.00 น. ได้ศึกษาเฉพาะรถจักรยานยนต์และรถยนต์เท่านั้น ใน 2 ทิศทาง คือ ทิศทางที่มุ่งหน้าไป อ.กะทู้ และทิศทางที่มุ่งหน้าไป อ.เมืองภูเก็ต ซึ่งถนนบริเวณดังกล่าวมีการกำหนดความเร็วไม่เกิน 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับการศึกษาเรื่องความเร็ว ค่าที่นิยมนำมาวิเคราะห์กัน นั่นคือ ค่าความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ (รายละเอียดผลการศึกษาแสดงในภาคผนวก ง.)

จากรูปที่ 4-30 ผลการศึกษาการใช้ความเร็วของยานพาหนะในทิศทางที่มุ่งหน้าไป อ.กะทู้ พบว่า ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของรถจักรยานยนต์มีค่า 32 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความเร็วที่กำหนด ส่วนรถยนต์มีค่าความเร็ว 27 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดเช่นเดียวกัน จากข้อมูล พบว่า ในบางกรณี รถจักรยานยนต์ใช้ความเร็วมากสุดที่ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1.2 เท่าของความเร็วที่กำหนด) และรถยนต์มีการใช้ความเร็วมากที่สุดที่ 44 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1.1 เท่าของความเร็วที่กำหนด)

ส่วนผลการศึกษาความเร็วของยานพาหนะในทิศทางที่มุ่งหน้าไป อ.เมืองภูเก็ต ดังรูปที่ 4-30 พบว่า ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ของรถจักรยานยนต์มีค่า 32 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และรถยนต์มีค่าความเร็ว 29 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด จากข้อมูล พบว่า ในบางกรณีรถจักรยานยนต์มีการใช้ความเร็วมากสุดถึง 52 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1.3 เท่าของความเร็วที่กำหนด) และรถยนต์มีการใช้ความเร็วมากที่สุด 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (1.2 เท่าของความเร็วที่กำหนด)



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-30 ความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5

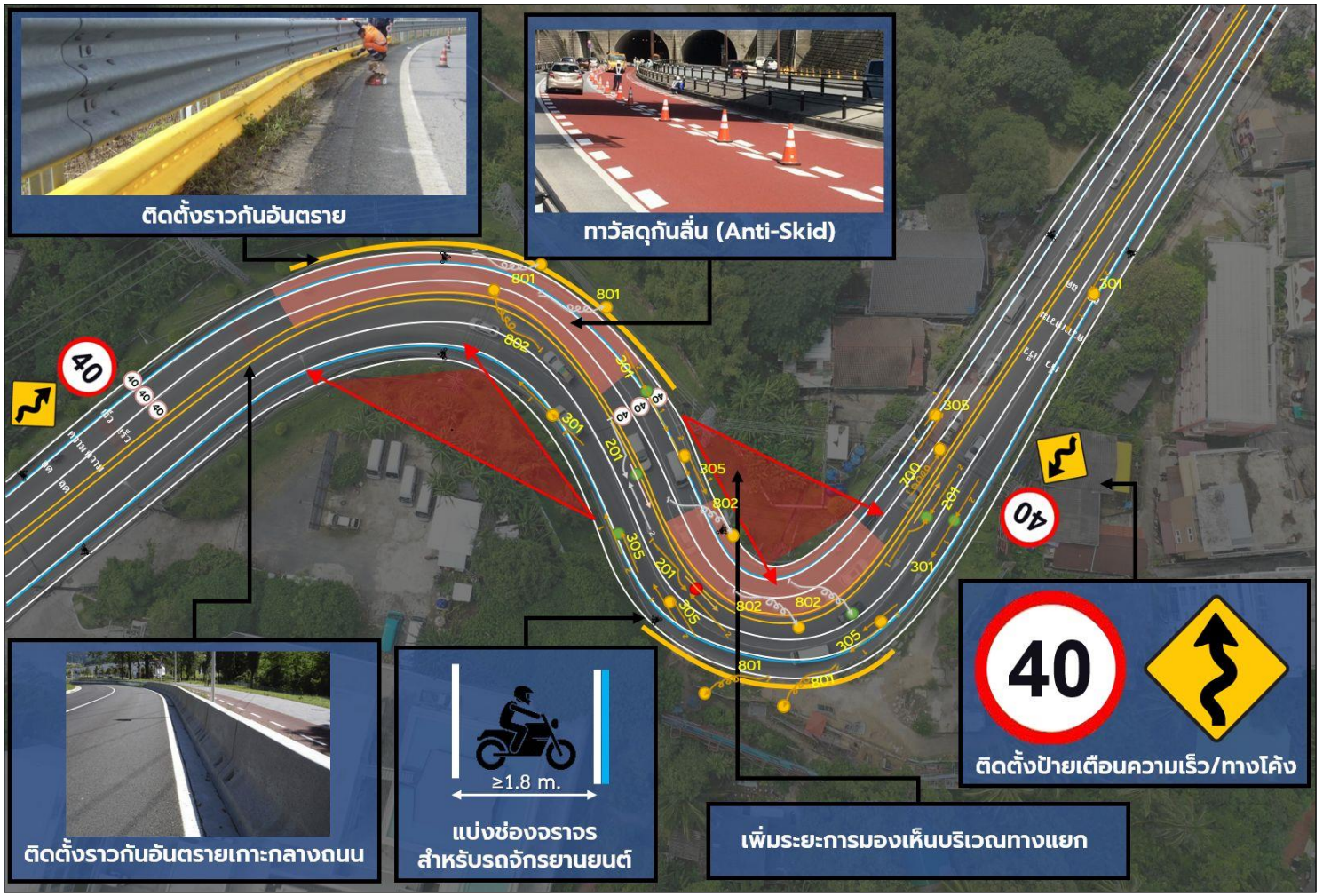
4.6.5 ผลการศึกษาปัญหาและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5

จากการสำรวจลักษณะทางกายภาพและการศึกษาข้อมูลอุบัติเหตุ ปริมาณการจราจร และความเร็วของยานพาหนะบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 ทำให้ทราบถึงสภาพปัญหาหลักที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุและความไม่ปลอดภัย จึงได้เสนอแนวทางการแก้ไขในแต่ละประเด็นไว้ในตารางที่ 4-23 ส่วนรูปภาพแนวทางการแก้ไขในพื้นที่แสดงในรูปที่ 4-31 สำหรับรูปตัวอย่างหลังการแก้ไขบริเวณอันตรายแสดงในรูปที่ 4-32

ตารางที่ 4-23 ปัญหาและมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5

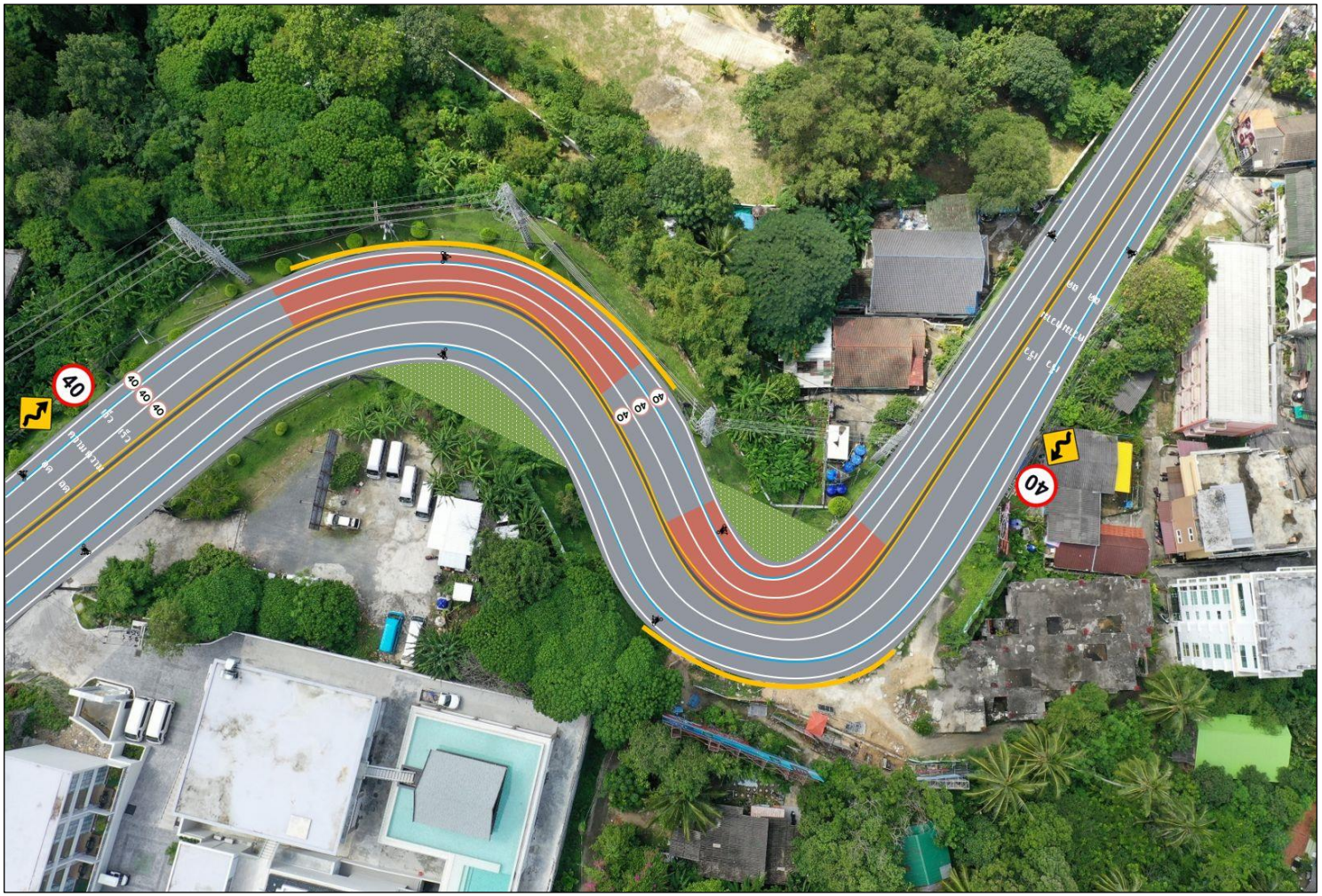
ลำดับ	ปัญหา	มาตรการแก้ไข
	ปัญหาที่พบจากข้อมูลอุบัติเหตุ	
1	มีอุบัติเหตุเสียหลักตกข้างทางบริเวณทางโค้ง จากนั้นไปชนกับวัตถุถาวรหรือยานพาหนะอื่น	ปรับปรุงบริเวณทางโค้งให้มีความปลอดภัยยิ่งขึ้น – ติดตั้งราวกันอันตรายข้างทาง เพื่อป้องกันรถออกนอกข้างทาง – ติดตั้งราวกันอันตรายเกาะกลางถนน เพื่อป้องกันรถหลุดโค้งมาชนรถทิศทางตรงข้าม – ทาวัสดุกันลื่น (Anti-Skid) เพื่อต้านทานการลื่นไถล – ติดตั้งป้ายเตือนทางโค้งรูปตัว S
2	มีอุบัติเหตุเฉี่ยวชนกัน โดยเฉพาะการเฉี่ยวชนกันระหว่างรถจักรยานยนต์กับยานพาหนะประเภทอื่น	เพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์ – แยกช่องจราจรและติดตั้งเสาล้มลุกสำหรับรถจักรยานยนต์ เพื่อแยกกระแสจราจรของรถจักรยานยนต์กับยานพาหนะอื่น
3	มีอุบัติเหตุชนท้ายกันบริเวณทางโค้ง	ปรับปรุงทางโค้งให้มีความปลอดภัยยิ่งขึ้น – เพิ่มระยะการมองเห็น
	ปัญหาที่พบจากข้อมูลปริมาณการจราจร	
4	รถจักรยานยนต์มีโอกาสการเกิดอุบัติเหตุสูงกว่ารถประเภทอื่น	เพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์
	ปัญหาที่พบจากข้อมูลความเร็ว	
5	มีการใช้ความเร็วเกินกำหนด	เพิ่มมาตรการลดความเร็ว – ติดตั้งป้ายเตือนความเร็วที่กำหนด – ทาสีข้อความเตือนให้ลดความเร็วบนพื้นทาง – ทาสีเครื่องหมายความเร็ว 40 กม./ชม. บนพื้นทาง

ที่มา: ผู้วิจัย



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-31 แนวทางการแก้ไขปัญหาความไม่ปลอดภัยบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 4-32 ตัวอย่างหลังการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5

4.6.6 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5

จากมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 ซึ่งนำเสนอในหัวข้อก่อนหน้านี้ สามารถนำมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าของมาตรการแก้ไข โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.6.6.1 ผลการประมาณการผลประโยชน์

ผลการประมาณการผลประโยชน์ของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 โดยใช้ค่าประสิทธิผลหรือร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุจากมาตรการแก้ไขแต่ละมาตรการ (รายละเอียดนำเสนอในภาคผนวก ข) มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4-24

ตารางที่ 4-24 ค่าประสิทธิผลของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5

ลำดับ	มาตรการแก้ไข	ร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุ (%)	ร้อยละที่เหลือของอุบัติเหตุ (%)[a]
1	ปรับปรุงบริเวณทางโค้ง		
	– ปรับปรุงราวกันอันตรายให้รองรับรถจักรยานยนต์	32	68
	– ติดตั้งราวกันอันตรายเกาะกลางถนน	70	30
	– ทาสีวัสดุเพิ่มความเสียดทาน (Anti-Skid)	35	65
	– ติดตั้งป้ายเตือนทางโค้งรูปตัว S	25	75
	– เพิ่มระยะการมองเห็น	30	70
2	เพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์		
	– แบ่งช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์	30	70
3	เพิ่มมาตรการลดความเร็ว		
	– ติดตั้งป้ายเตือนลดความเร็ว	30	70
	– ทาสีข้อความเตือน “ลดความเร็ว” บนผิวทาง	30	70
	รวมทุกมาตรการ	**97.6[b]**	

หมายเหตุ [a]ร้อยละที่เหลือของอุบัติเหตุ = 1 - ร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุ

[b]ร้อยละที่ลดลงของอุบัติเหตุทุกมาตรการ =1 - ร้อยละที่เหลือของอุบัติเหตุ

=1 - (0.68X0.30X0.65X0.75X0.7X0.7X0.7X0.7)

= 0.976 หรือ ร้อยละ 91.5

ที่มา: ผู้วิจัย

จากข้อมูลอุบัติเหตุในบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 ซึ่งมีจำนวนข้อมูลอุบัติเหตุทั้งสิ้น 21 ครั้ง มีผู้ประสบเหตุเสียชีวิต 2 ราย และบาดเจ็บเล็กน้อย 16 ราย สามารถประมาณการผลประโยชน์ของอุบัติเหตุที่ลดลงได้จากมาตรการทั้งหมด ดังตารางที่ 4-25

ตารางที่ 4-25 ผลประโยชน์จากอุบัติเหตุที่ลดลงบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5

อาการผู้ประสบเหตุ	จำนวนผู้ประสบเหตุ (คน)	จำนวนผู้ประสบเหตุเฉลี่ยต่อปี[a] (คน/ปี)	มูลค่าอุบัติเหตุ[b] (บาท/ปี)	อัตราการลดของอุบัติเหตุ (ร้อยละ)	ผลประโยชน์จากอุบัติเหตุที่ลดลง (บาท/ปี)
เสียชีวิต	2	0.667	7,427,358	0.976	7,249,101
บาดเจ็บสาหัส	-	-	-	-	-
บาดเจ็บเล็กน้อย	16	5.333	385,613	0.976	376,358
รวมผลประโยชน์ทั้งหมด					**7,625,460**

หมายเหตุ [a]ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึงปี พ.ศ. 2562

[b]พิจารณามูลค่าความสูญเสีย ณ ปี พ.ศ. 2561 (กรมทางหลวง, 2562)

ที่มา: ผู้วิจัย

4.6.6.2 ผลการประมาณการต้นทุน

การประมาณการต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายสำหรับมาตรการแก้ไข ตามแนวทางการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 4-31 รวมเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมด 1,169,010 บาท ดังแสดงในตารางที่ 4-26 โดยอ้างอิงราคาค่าใช้จ่ายตามราคากลางของหน่วยงานรัฐทั้งหมด

ตารางที่ 4-26 ค่าใช้จ่ายสำหรับมาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5

ลำดับ	มาตรการแก้ไข	หน่วย	หน่วยละ (บาท)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	ปรับปรุงบริเวณทางโค้ง			
	– ปรับปรุงราวกันอันตรายให้รองรับรถจักรยานยนต์	116.2 ม.	1,350	156,857
	– ติดตั้งราวกันอันตรายเกาะกลางถนน	140.3 ม.	2,060	289,118
	– ทาสีวัสดุเพิ่มความเสียดทาน (Anti-Skid)	527 ตร.ม.	1,200	632,016
	– ติดตั้งป้ายเตือนทางโค้งรูปตัว S	2 ชุด	4,880	9,660
	– เพิ่มระยะการมองเห็น	373 ตร.ม.	30	11,193
2	เพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์			
	– แบ่งช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์	129 ตร.ม.	372	48,059
3	เพิ่มมาตรการลดความเร็ว			
	– ติดตั้งป้ายเตือนลดความเร็ว	2 ชุด	4,700	9,400
	– ทาสีข้อความเตือน “ลดความเร็ว” บนผิวทาง	34.2 ตร.ม.	372	12,707
	รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด			**1,169,010**

ที่มา: ผู้วิจัย

4.6.6.3 ผลการวิเคราะห์หาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน

การวิเคราะห์หาอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุนแต่ละปี หรือ Benefit Cost Ratio (B/C) สามารถคำนวณได้ดังนี้

จาก Capital Recovery Factor = $\left[\frac{(1+i)^n}{(1+i)^n-1}\right]$

กำหนดให้ i=12% และ n=5 (สนข., 2551)

Capital Recovery Factor = $\left[\frac{(1+0.12)^5}{(1+0.12)^5-1}\right]$

= 0.277410

จาก Equivalent Uniform Annual Cost หรือ EUAC

EUAC = $(I)\left[\frac{(1+i)^n}{(1+i)^n-1}\right]$

= 1,169,010 x 0.277410

= 324,295 บาท/ปี

กำหนดให้ ค่าบำรุงรักษาร้อยละ 5 ของค่าใช้จ่ายมาตรการ

M = 0.05 X I

= 0.05 x 1,169,010

= 58,451 บาท/ปี

ดังนั้น B/C = $\frac{B}{EUAC+M}$

= $\frac{7,625,460}{324,295+58,451}$

= 19.9

สรุปได้ว่า ผลประโยชน์ของมาตรการ เท่ากับ 7,625,460 บาท/ปี มีค่าใช้จ่ายมาตรการหรือการลงทุน เท่ากับ 324,295 บาท/ปี และค่าบำรุงรักษา เท่ากับ 58,451 บาท/ปี กำหนดให้ อัตราคิดลดร้อยละ 12 ต่อปี มีอายุการใช้งาน 5 ปี สามารถคำนวณค่า B/C หรือผลประโยชน์ต่อการลงทุน เท่ากับ 19.9 ดังนั้น มีความคุ้มค่าในการปรับปรุงบริเวณอันตรายนี้

บทที่ 5
ผลการศึกษาสถานการณ์และปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน

การศึกษานี้ได้รวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ต เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนในเชิงระบบ (System-based) โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model หรือ SEM) บทนี้นำเสนอการอภิปรายผลการศึกษาเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย การวิเคราะห์ภาพรวมของอุบัติเหตุทางถนน และการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 ผลการวิเคราะห์สถานการณ์ของอุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ต

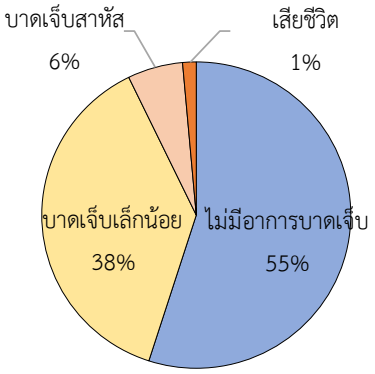
การวิเคราะห์เพื่อพิจารณาภาพรวมของข้อมูลเป็นส่วนแรกของการตรวจสอบข้อมูลก่อนนำข้อมูลไปใช้วิเคราะห์แบบจำลองทางสถิติ ข้อมูลเหล่านั้นต้องมีความครบถ้วนของชุดข้อมูล ไม่มีข้อมูลที่หายบางส่วนหรือกรอกข้อมูลไม่ครบถ้วน การศึกษานี้ได้รวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ต ระหว่างปี พ.ศ. 2559 ถึงปี พ.ศ. 2561 มีจำนวนอุบัติเหตุทั้งสิ้น 497 ชุดข้อมูล ข้อมูลถูกวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) เพื่อบรรยายถึงลักษณะทั่วไปของข้อมูลอุบัติเหตุที่นำมาศึกษา ได้ผลการศึกษาในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1) อาการของผู้ประสบเหตุจำแนกตามความรุนแรง
2) ยานพาหนะที่ประสบเหตุจำแนกตามประเภท
3) รายละเอียดของอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับรถจักรยานยนต์
4) ลักษณะของอุบัติเหตุจำแนกตามรูปแบบการชน
5) ลักษณะทางกายภาพและสภาพแวดล้อมที่เกิดเหตุ รวมถึงพฤติกรรมผู้ขับขี่

ซึ่งได้อธิบายรายละเอียดของประเด็นดังกล่าวในหัวข้อต่อไป

5.1.1 ความรุนแรงของผู้ประสบเหตุ

สัดส่วนของผู้ประสบเหตุจำแนกตามความรุนแรง ดังแสดงในรูปที่ 5-1 พบว่า มีจำนวนผู้ประสบเหตุทั้งสิ้น 986 ราย ส่วนมาก 542 ราย (ร้อยละ 55.0) ไม่มีอาการบาดเจ็บ รองลงมาเป็นผู้บาดเจ็บเล็กน้อย 373 ราย (ร้อยละ 37.8) ผู้บาดเจ็บสาหัส 57 ราย (ร้อยละ 5.8) และผู้เสียชีวิต 14 ราย (ร้อยละ 1.4) จากผลข้างต้นสามารถพิจารณาว่า ผู้ประสบเหตุส่วนใหญ่ไม่มีอาการบาดเจ็บและมีอาการบาดเจ็บเล็กน้อย (คิดเป็นร้อยละ 92.8) อาจเนื่องจากผู้ประสบเหตุส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้ความเร็วสูง หรือรูปแบบการชนที่เกิดขึ้นมีลักษณะไม่อันตรายมากนัก จึงส่งผลให้ผู้ประสบอุบัติเหตุส่วนใหญ่ไม่ถึงขั้นเสียชีวิต



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 5-1 สัดส่วนผู้ประสบเหตุจำแนกตามความรุนแรง

5.1.2 ยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง

ยานพาหนะที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุดังตารางที่ 5-1 พบว่า รถจักรยานยนต์ประสบอุบัติเหตุ มีจำนวนมากถึง 487 คัน หรือคิดเป็นร้อยละ 51.5 รองลงมาเป็น รถยนต์ส่วนบุคคล (รถเก๋งและรถกระบะ) 318 คัน (ร้อยละ 33.6) และยานพาหนะอื่น ๆ รวม 142 คัน (ร้อยละ 14.9) ตามลำดับ สาเหตุที่รถจักรยานยนต์เกิดอุบัติเหตุมากที่สุด อาจเนื่องจากจังหวัดภูเก็ตมีจำนวนรถจักรยานยนต์สูงถึง 306,339 คัน หรือคิดเป็นร้อยละ 60.7 ของจำนวนรถที่จดทะเบียนในจังหวัดภูเก็ตทั้งหมด ส่วนจำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลที่จดทะเบียน 173,466 คัน หรือคิดเป็นร้อยละ 34.4 (กรมการขนส่งทางบก, 2563)

ตารางที่ 5-1 ประเภทยานพาหนะที่ประสบอุบัติเหตุ

ประเภทยานพาหนะ	จำนวน (คัน)	ร้อยละ
รถจักรยานยนต์	487	51.5
รถเก๋ง	212	22.4
รถกระบะ	106	11.2
รถตู้สาธารณะ	43	4.5
รถโดยสาร 4 ล้อ	30	3.2
รถจักรยาน	21	2.2
รถ 6 ล้อ	14	1.5
รถบิ๊กไบค์ (400 cc ขึ้นไป)	11	1.2
รถ 10 ล้อ	6	0.7
รถจักรยานยนต์พ่วงข้าง	5	0.5
อื่น ๆ	11	1.1
รวม	**947**	**100.0**

ที่มา: ผู้วิจัย

5.1.3 อุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์

เนื่องจากตารางที่ 5-1 ได้แสดงจำนวนของยานพาหานะแต่ละประเภทที่ประสบเหตุ พบว่า รถจักรยานยนต์เป็นยานพาหนะที่มีจำนวนการเกิดอุบัติเหตุมากที่สุด ในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษารายละเอียดของข้อมูลเพิ่มเติมถึงคู่กรณีการชนที่เกี่ยวข้องกับรถจักรยานยนต์ ดังตารางที่ 5-2 ได้แสดงคู่กรณีของรถจักรยานยนต์ พบว่า รถจักรยานยนต์มีส่วนเกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุทางถนนมากถึง 387 ครั้ง จากทั้งหมด 497 ครั้ง หรือคิดเป็นร้อยละ 77.8 โดยรายละเอียดที่แสดงดังตาราง พบว่า รถจักรยานยนต์ชนกับยานพาหนะอื่น 204 ครั้ง (ร้อยละ 41.0) รองลงมาเป็นรถจักรยานยนต์ประสบเหตุเพียงคันเดียว 96 ครั้ง (ร้อยละ 19.4) และรถจักรยานยนต์ชนกับรถจักรยานยนต์ด้วยกันเอง 87 ครั้ง (ร้อยละ 17.4) จากข้อมูลดังกล่าว อาจกล่าวได้ว่า อุบัติเหตุทางถนนของรถจักรยานยนต์เป็นปัญหาสำคัญที่ควรศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ต หรืออาจเป็นแนวทางการศึกษาในพื้นที่อื่นต่อไปในอนาคต

ตารางที่ 5-2 คู่กรณีการชนของรถจักรยานยนต์

คู่กรณีการชน	จำนวน (ครั้ง)	ร้อยละ
รถจักรยานยนต์คันเดียว	96	19.4
รถจักรยานยนต์ชนกับรถจักรยานยนต์	87	17.4
รถจักรยานยนต์ชนกับยานพาหนะอื่น	204	41.0
การชนที่ไม่เกี่ยวข้องกับรถจักรยานยนต์	110	22.2
รวม	497	100.0

ที่มา: ผู้วิจัย

5.1.4 รูปแบบการชน

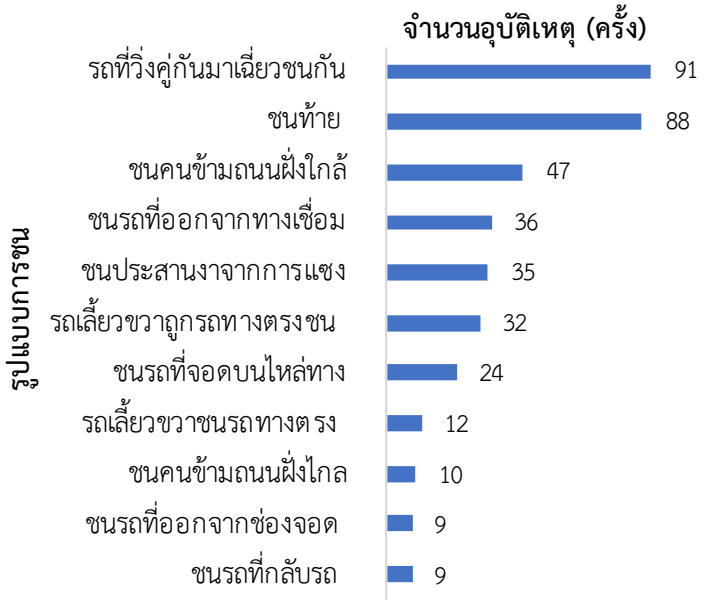
เมื่อจำแนกข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนตามรูปแบบการชนของกรมทางหลวงทั้ง 10 กลุ่ม (กรมทางหลวง, 2553) ผลดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า รูปแบบการชนที่พบมากสุด 4 อันดับแรก คือ การชนในทิศทางเดียวกัน (213 ครั้ง ร้อยละ 42.9) รองลงมาเป็นการชนในทิศทางตรงข้าม (80 ครั้ง ร้อยละ 16.1) การชนคนเดินเท้า (61 ครั้ง ร้อยละ 12.3) และความบกพร่องของผู้ขับขี่ (56 ครั้ง ร้อยละ 11.3) ตามลำดับ

ตารางที่ 5-3 จำนวนอุบัติเหตุทางถนนจำแนกตามรูปแบบการชน

รหัสการชน	รูปแบบการชน	จำนวน (ครั้ง)	ร้อยละ
0	ชนคนเดินเท้า	61	12.3
1	ชนบนแยกจากคนละถนน	30	6.0
2	ชนในทิศทางตรงข้าม	80	16.1
3	ชนในทิศทางเดียวกัน	213	42.9
4	ความบกพร่องของผู้ขับขี่	56	11.3
5	อุบัติเหตุจากการแซง	1	0.2
6	อุบัติเหตุบนข้างทาง	29	5.8
7	อุบัติเหตุบนทางตรง	10	2.0
8	อุบัติเหตุบนทางโค้ง	15	3.0
9	อุบัติเหตุอื่น ๆ	2	0.4
	รวม	497	100.0

ที่มา: ผู้วิจัย

เมื่อพิจารณารายละเอียดของรูปแบบการชนในแต่ละกลุ่มตามรหัสการชน ดังรูปที่ 5-2 แสดงรูปแบบการชนที่พบมากสุด 10 อันดับแรก พบว่า รถที่วิ่งคู่กันมาเฉี่ยวชนกันพบมากที่สุด รองลงมาเป็นรูปแบบการชนท้าย ชนคนเดินข้ามถนนฝั่งใกล้ ชนรถที่ออกจากทางเชื่อม ชนประสานงาจากการแซง รถเลี้ยวขวาถูกรถทางตรงชน ชนรถที่จอดบนไหล่ทาง รถเลี้ยวขวาชนรถทางตรง และชนคนเดินข้ามถนนฝั่งไกล ตามลำดับ ส่วนการชนรถที่ออกจากช่องจอด และการชนรถที่กลับรถ มีจำนวนเท่ากัน



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 5-2 รูปแบบการชนที่เกิดอุบัติเหตุ 10 อันดับแรก

5.1.5 ลักษณะกายภาพและสภาพแวดล้อมของที่เกิดเหตุ

ตารางที่ 5-4 สรุปลักษณะกายภาพและสภาพแวดล้อมของที่เกิดเหตุ รวมถึงพฤติกรรมของผู้ใช้ทางในพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ต ปัจจัยกลุ่มแรกเป็นปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพของบริเวณที่เกิดเหตุ ประกอบด้วย ประเภทถนน ลักษณะถนน ความลาดชัน ความเปียกผิวทาง ป้ายจราจร เครื่องหมายจราจร และอุปกรณ์เสริมความปลอดภัย กลุ่มที่สองเป็นปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมของบริเวณที่เกิดเหตุ ประกอบด้วย เวลาเกิดเหตุ สภาพอากาศ และ แสงสว่าง ส่วนกลุ่มสุดท้ายเป็นปัจจัยด้านพฤติกรรมของผู้ขับขี่ ประกอบด้วย มีอาการเมาขณะขับขี่และการใช้ความเร็วเกินกำหนด โดยข้อมูลด้านพฤติกรรมได้จากมูลเหตุสันนิษฐานของข้อมูลอุบัติเหตุที่รายงานโดยเจ้าหน้าที่ตำรวจ

ปัจจัยทั้งสามกลุ่มข้างต้นจัดเป็นตัวแปรที่อาจส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน ซึ่งนำไปพิจารณาในการพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) ของงานวิจัยนี้ (อธิบายในหัวข้อที่ 4.2) อย่างไรก็ตาม อาจมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนอีกมากมาย เช่น ช่องจราจร ความกว้างถนน ประเภทผิวทาง เกาะกลาง ไหล่ทาง อุปสรรคข้างทาง การใช้หมวกนิรภัย การคาดเข็มขัดนิรภัย หรือปัจจัยด้านยานพาหนะ ที่สามารถนำมาพิจารณาเพิ่มเติมได้ในการศึกษาต่อไปในอนาคต หากมีข้อมูลดังกล่าวโดยละเอียด ครบถ้วน และเพียงพอ สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นไปพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) หรือแบบจำลองอื่นในด้านความปลอดภัยทางถนน หรือด้านที่เกี่ยวข้อง

หลังจากการวิเคราะห์ภาพรวมของข้อมูลทั้งหมด จากนั้นนำข้อมูลเหล่านี้ไปพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) ดังแสดงในหัวข้อถัดไป นอกจากนี้ การกำหนดตัวแปรยังพิจารณาจากตัวแปรที่มีจำนวนตัวอย่าง 30 ข้อมูลขึ้นไป (Student, 1908) เพื่อให้ได้ผลที่น่าเชื่อถือ ในงานวิจัยนี้ จึงไม่พิจารณาปัจจัยจุดกลับรถ (10 ข้อมูล) เครื่องหมายจราจร (ไม่ชัดเจน 8 ข้อมูล) แสงสว่าง (มืด 9 ข้อมูล) และเมาแล้วขับ (เมา 15 ข้อมูล) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในอนาคตที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) รวมถึงแบบจำลองอื่นในด้านความปลอดภัยทางถนนควรนำปัจจัยดังกล่าวนี้มาศึกษาเพิ่มเติม

ตารางที่ 5-4 ลักษณะกายภาพและสภาพแวดล้อมของที่เกิดเหตุ

ปัจจัย	รายละเอียด	จำนวน (ครั้ง)	ร้อยละ (%)
	ลักษณะกายภาพ		
ประเภทถนน	ทางท้องถิ่น	135	27.2
	ทางหลวงชนบท	202	40.6
	ทางหลวง	160	32.2
ลักษณะถนน	ช่วงถนนทางตรง	236	47.5
	ช่วงถนนทางโค้ง	93	18.7
	ทางแยก	158	31.8
	จุดกลับรถ	10	2.0
ความลาดชัน	ราบ	389	783
	ลาดขึ้น/ลง	108	21.7
ความเปียกผิวทาง	แห้ง	446	89.7
	เปียก	51	10.3
ป้ายจราจร	ชัดเจน	467	94.0
	ไม่ชัดเจน	30	6.0
เครื่องหมายจราจร	ชัดเจน	489	98.4
	ไม่ชัดเจน	8	1.6
อุปกรณ์เสริมความปลอดภัย	มีอุปกรณ์ข้างทาง	140	28.2
	มีอุปกรณ์บนผิวทาง	4	0.8
	มีทั้งสองแบบ	5	1.0
	ไม่มี	348	70.0
	สภาพแวดล้อม		
เวลาเกิดเหตุ	กลางวัน	267	53.7
	กลางคืน	230	46.3
สภาพอากาศ	ปกติ	360	72.4
	แดดจัด	113	22.7
	ฝนตก	24	4.8
แสงสว่าง	เพียงพอ	488	98.2
	ไม่เพียงพอ/มืด	9	1.8
	พฤติกรรมผู้ใช้ทาง		
เมาแล้วขับ	ไม่มีอาการมึนเมา	482	97.0
	มีอาการมึนเมา	15	3.0
ใช้ความเร็วเกินกำหนด	ไม่ใช่	326	65.6
	ใช่	171	34.4

ที่มา: ผู้วิจัย

5.2 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนในจังหวัดภูเก็ต

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น เพื่อพิจารณาลักษณะภาพรวมของข้อมูลที่นำมาศึกษา จากนั้นในหัวข้อนี้เป็นการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่ออุบัติเหตุทางถนน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน โดยการใช้วิธีการพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) การศึกษานี้ประยุกต์จากงานวิจัยก่อนหน้าของ Eboli และ Mazzulla (2007) ซึ่งงานวิจัยดังกล่าว ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนเช่นเดียวกัน จึงทำให้ทราบโครงสร้างความสัมพันธ์ของแบบจำลองเบื้องต้นระหว่างตัวแปรสังเกตได้และตัวแปรแฝง ดังนั้นจึงใช้การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis หรือ CFA)

5.2.1 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแปร

ข้อมูลจากตารางที่ 5-4 ถูกนำมาปรับเป็นตัวแปรต้น ซึ่งในแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) เรียกว่า ตัวแปรสังเกตได้ภายนอก (Exogenous Observed Variables) เนื่องจากตัวแปรมีลักษณะเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ (Qualitative Variable) เป็นตัวแปรที่ไม่สามารถวัดค่าได้ จึงต้องกำหนดตัวแปรสังเกตได้ที่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้ให้เป็นตัวแปรหุ่น (Dummy Variable) แบบตัวแปรทวิภาค (Dichotomous Variable) เพื่อให้ตัวแปรมีค่าเพียง 2 ลักษณะ ส่วนตัวแปรตามหรือแปรสังเกตได้ภายใน (Endogenous Observed Variables) ต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ (Quantitative Variable) เป็นตัวแปรที่สามารถวัดค่าได้ (ชวลิต ทับสีรัก, 2555) ดังตารางที่ 5-5

ตารางที่ 5-5 การกำหนดตัวแปรสังเกตได้สำหรับแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM)

ตัวแปร	คำอธิบาย	ค่าตัวแปร	ลักษณะตัวแปร
		ตัวแปรสังเกตได้ภายนอก	
HIGHWAY	ถนนทางหลวง	1 = ใช่, 0 = ไม่ใช่ (ถนนท้องถิ่น)	เชิงคุณภาพ
JUNCTION	ทางแยก	1 = ใช่, 0 = ไม่ใช่ (ช่วงถนน)	เชิงคุณภาพ
SLOPE	มีความลาดชัน	1 = ใช่, 0 = ไม่ใช่ (ทางราบ)	เชิงคุณภาพ
SIGN	ป้ายจราจรไม่ชัดเจน	1 = ใช่, 0 = ไม่ใช่ (ป้ายชัดเจน)	เชิงคุณภาพ
NODEVICE	ไม่มีอุปกรณ์ความปลอดภัย	1 = ใช่, 0 = ไม่ใช่ (มีอุปกรณ์)	เชิงคุณภาพ
WET	ผิวทางมีน้ำ (เปียก)	1 = ใช่, 0 = ไม่ใช่ (ผิวทางแห้ง)	เชิงคุณภาพ
TIME_N	เกิดเหตุตอนกลางคืน	1 = ใช่, 0 = ไม่ใช่ (กลางวัน)	เชิงคุณภาพ
UNCLEAR	สภาพอากาศไม่ปกติ (แดดจัด/ฝนตก)	1 = ใช่, 0 = ไม่ใช่ (อากาศปกติ)	เชิงคุณภาพ
SPEEDING	ใช้ความเร็วเกินกำหนด	1 = ใช่, 0 = ไม่ใช่ (ไม่เกินกำหนด)	เชิงคุณภาพ
		ตัวแปรสังเกตได้ภายใน	
N_VEHICLE	จำนวนยานพาหนะ	ตัวแปรเชิงปริมาณ (คัน)	เชิงปริมาณ
N_VICTIM	จำนวนผู้ประสบเหตุ	ตัวแปรเชิงปริมาณ (คน)	เชิงปริมาณ

ที่มา: ผู้วิจัย

จากตารางที่ 5-5 ตัวแปรสังเกตได้ถูกนำมาตรวจความเหมาะสม โดยใช้วิธีการตรวจสอบความเบ้ (Skewness) และความโด่ง (Kurtosis) เพื่อตรวจสอบค่าการแจกแจงปกติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้ หากค่ามีความเบ้หรือโด่งมากเกินไป ตัวแปรสังเกตได้เหล่านั้นไม่สามารถนำมาพิจารณาในแบบจำลอง รวมถึงการหาสหสัมพันธ์ (Correlations) ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ภายนอก (ตัวแปรต้น) กับตัวแปรสังเกตได้ภายใน (ตัวแปรตาม) เพื่อตรวจสอบว่าตัวแปรสังเกตได้ภายนอกมีความสัมพันธ์หรือส่งผลต่อตัวแปรสังเกตได้ภายในหรือไม่ หากมีความสัมพันธ์กันน้อยไม่สามารถนำตัวแปรสังเกตได้ภายนอกเหล่านั้นมาพิจารณาในแบบจำลองเช่นเดียวกัน ผลการตรวจสอบดังที่กล่าวมาทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 5-6 และตารางที่ 5-7 พบว่า ตัวแปรป้ายจราจรไม่ชัดเจน (SIGN) ไม่มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ในแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) เนื่องจากมีค่าความเบ้ (|Skewness| > 3) และค่าความโด่ง (|Kurtosis| > 10) เกินกว่าค่าที่ยอมรับได้โดยปกติ ส่วนอีกสาเหตุเนื่องจากตัวแปรป้ายจราจรไม่ชัดเจน (SIGN) มีความสัมพันธ์กันน้อยกับตัวแปรจำนวนผู้ประสบเหตุ (N_VICTIM) ดังนั้น จึงตัดตัวแปรป้ายจราจรไม่ชัดเจน (SIGN) ออก ไม่นำมาพิจารณาเป็นตัวแปรในแบบจำลอง และเขียนแบบจำลองสมการโครงสร้างเริ่มต้น (Model 1) ได้ดังรูปที่ 5-3

ตารางที่ 5-6 การตรวจสอบการแจกแจงปกติของตัวแปรสังเกตได้

ตัวแปรสังเกตได้	ความเบ้ (Skewness)	ความโด่ง (Kurtosis)
HIGHWAY	-1.030	-0.943
JUNCTION	0.784	-1.390
SLOPE	1.375	-0.110
SIGN	*3.703**	*11.761**
NODEVICE	0.877	-1.237
WET	2.627	4.921
TIME_N	0.150	-1.986
UNCLEAR	1.007	-0.990
SPEEDING	0.658	-1.573
N_VEHICLE	0.178	4.668
N_VICTIM	1.580	6.312

*หมายเหตุ * คือ เกินค่ายอมรับได้ (|Skewness| > 3, |Kurtosis| > 10)*

ที่มา: ผู้วิจัย

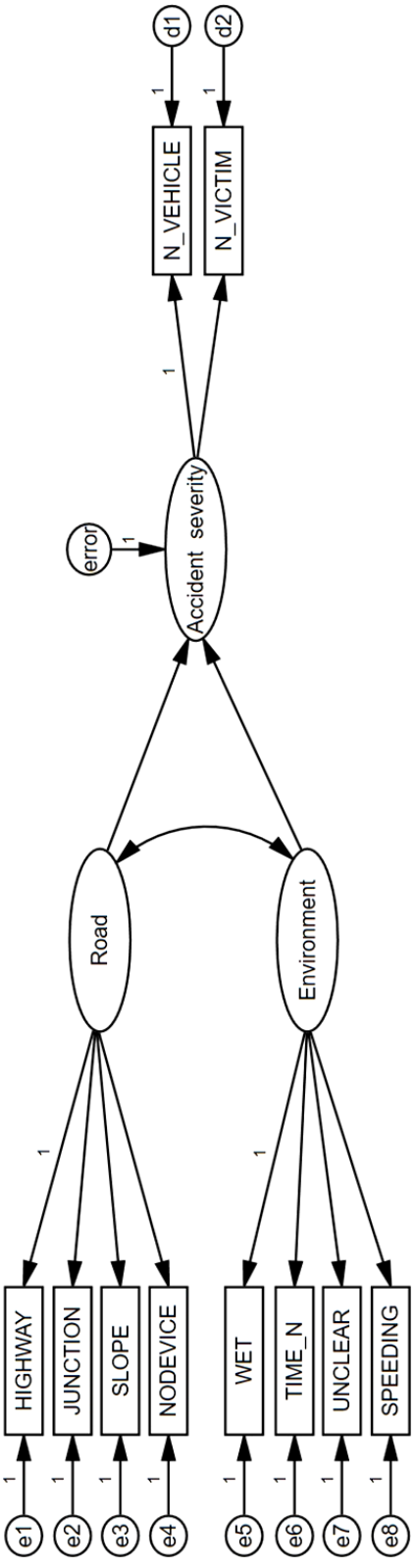
ตารางที่ 5-7 การตรวจสอบสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ภายนอกกับตัวแปรสังเกตได้ภายใน

ตัวแปรสังเกตได้	Correlation Coefficient	
	N_VEHICLE	N_VICTIM
HIGHWAY	0.081	0.072
JUNCTION	0.013	0.064
SLOPE	0.150	0.138
SIGN	*0.041*	*0.002***
NODEVICE	0.065	0.123
WET	0.059	0.069
TIME_N	0.075	0.056
UNCLEAR	-0.021	-0.037
SPEEDING	-0.105	-0.195
N_VEHICLE	1.000	0.723
N_VICTIM	0.723	1.000

*หมายเหตุ * คือ สัมพันธ์กันน้อย*

ที่มา: ผู้วิจัย

จากรูปที่ 5-3 แบบจำลองสมการโครงสร้างเริ่มต้น (Model 1) ประกอบด้วย ตัวแปรแฝงภายนอก (Exogenous Latent Variables) 2 ตัว คือ ตัวแปรด้านถนน (Road) และตัวแปรด้านสภาพแวดล้อม (Environment) ตัวแปรแฝงด้านถนน (Road) วัดค่าจากตัวแปรสังเกตได้ถนนทางหลวง (HIGHWAY) ตัวแปรทางแยก (JUNCTION) ตัวแปรความลาดชัน (SLOPE) และตัวแปรไม่มีอุปกรณ์เสริมความปลอดภัย (NODEVICE) ส่วนตัวแปรแฝงด้านสภาพแวดล้อม (Environment) วัดค่าจากตัวแปรสังเกตได้ผิวทางเปียก (WET) ตัวแปรเกิดเหตุตอนกลางคืน (TIME_N) ตัวแปรสภาพอากาศไม่ปกติ (UNCLEAR) และตัวแปรใช้ความเร็วเกินกำหนด (SPEEDING) นอกจากนั้น ยังมีตัวแปรแฝงความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน (Accident severity) เป็นตัวแปรแฝงภายใน (Endogenous Latent Variable) ซึ่งวัดค่าจากตัวแปรสังเกตได้จำนวนยานพาหนะ (N_VEHICLE) และตัวแปรจำนวนผู้ประสบเหตุ (N_VICTIM) และตัวแปรความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน (Accident severity) ยังมีความสัมพันธ์ต่อตัวแปรแฝงภายนอกทั้งตัวแปรด้านถนน (Road) และตัวแปรด้านสภาพแวดล้อม (Environment) อีกด้วย



รูปที่ 5-3 แบบจำลองสมการโครงสร้างเริ่มต้น (Model 1)

ที่มา: ผู้วิจัย

5.2.2 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองสมการโครงสร้าง

แบบจำลองสมการโครงสร้างเริ่มต้น (Model 1) ถูกนำมาวิเคราะห์และตรวจสอบความตรงของแบบจำลองด้วยค่าสถิติทดสอบความสอดคล้อง (Goodness of Fit Statistics) ตามเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างแบบจำลองกับข้อมูลเชิงประจักษ์ หากค่าสถิติทดสอบความสอดคล้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดต้องปรับแก้แบบจำลอง โดยการตัดตัวแปรสังเกตได้ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ หรือค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading หรือ FL) ของตัวแปรสังเกตได้ที่ส่งผลต่อตัวแปรแฝงน้อยที่สุดออกทีละตัว แล้ววิเคราะห์แบบจำลองใหม่อีกครั้ง จากนั้นพิจารณาค่าสถิติทดสอบความสอดคล้องใหม่ จนได้ค่าสถิติที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบความสอดคล้อง ดังแสดงผลการตรวจสอบความสอดคล้องและรายละเอียดการตัดตัวแปรดังตารางที่ 5-8

จากผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแบบจำลองที่ปรับแก้สุดท้าย (Model 4) ให้ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบความสอดคล้องผ่านเกณฑ์ในระดับดีทุกค่าที่ใช้ทดสอบ ซึ่งถือว่าผลจากแบบจำลองที่คาดไว้กับข้อมูลเชิงประจักษ์มีความสอดคล้องกันอย่างดีตามที่สมมติฐานไว้

ตารางที่ 5-8 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแบบจำลอง

ค่าทดสอบ	เกณฑ์ระดับดี	แบบจำลอง (Model)			
		Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Probability	>0.05	0.000	0.000	0.000	0.173[a]
C_{MIN}/DF	<2.00	3.641	4.398	3.902	1.384[a]
RMSEA	<0.05	0.073	0.083	0.076	0.028[a]
GFI	>0.95	0.954	0.954	0.968	0.992[a]
AGFI	>0.95	0.921	0.914	0.932	0.979[a]
RMR	<0.05	0.014	0.014	0.011	0.006[a]
IFI	>0.95	0.857	0.861	0.911	0.992[a]
NFI	>0.95	0.813	0.827	0.884	0.971[a]
CFI	>0.95	0.854	0.858	0.909	0.992[a]
TLI	>0.95	0.794	0.787	0.851	0.984[a]
HOELTER	>200	197	172	207	642[a]

หมายเหตุ: a คือ ค่าสถิติที่ผ่านเกณฑ์ความสอดคล้องในระดับดี

Model 1: แบบจำลองเริ่มต้น

Model 2: ตัดตัวแปรสังเกตได้ TIME_N ออก (FL= 0.00)

Model 3: ตัดตัวแปรสังเกตได้ SPEEDING ออก (FL= -0.07)

Model 4: ตัดตัวแปรสังเกตได้ JUNCTION ออก (FL= -0.09)

ที่มา: ผู้วิจัย

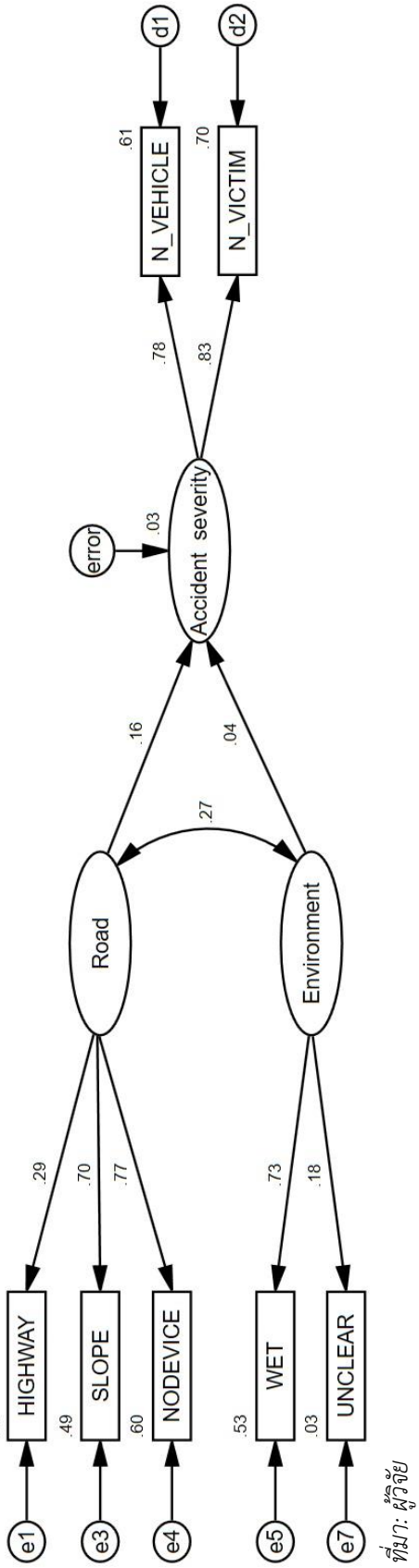
5.2.3 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง

หลังจากผ่านเกณฑ์การตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลอง ได้ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) ได้กำหนดความสัมพันธ์ของแบบจำลอง โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้และตัวแปรแฝงให้เป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัยก่อนหน้าของ Eboli และ Mazzulla (2007) สามารถนำมาเขียนแบบจำลองสมการโครงสร้างสุดท้ายดังแสดงในรูปที่ 5-4

ตารางที่ 5-9 แสดงค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรสังเกตได้ ประกอบด้วย ค่าน้ำหนักถดถอยไม่ได้มาตรฐาน (Unstandardized Regression Weight) ค่าน้ำหนักถดถอยมาตรฐาน (Standardized Regression Weight) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error หรือ S.E.) ค่าสัดส่วนวิกฤต (Critical Ratio หรือ C.R.) และค่าระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ (Level of statistical significance หรือ P) ในการประมาณค่า Standardized Regression Weight ได้ใช้เทคนิค Constraint (Eboli และ Mazzulla, 2007) โดยกำหนดค่า Regression Weight ของตัวแปรถนนทางหลวง (HIGHWAY) ตัวแปรผิวทางเปียก (WET) และจำนวนยานพาหนะ (N_VEHICLE) ให้เท่ากับ 1 ดังแสดงในรูปที่ 5-3 หลังจากการวิเคราะห์แบบจำลอง พบว่า ค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรส่วนใหญ่อยู่ในระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) ยกเว้นตัวแปรด้านสภาพแวดล้อม (Environment) ที่ไม่ส่งผลต่อตัวแปรความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน (Accident severity) [Accident severity<-Environment] เช่นเดียวกับตัวแปรสภาพอากาศไม่ปกติ (UNCLEAR) ที่ไม่ส่งผลต่อตัวแปรสภาพแวดล้อม (Environment) [UNCLEAR<-Environment]

จากค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้มาตรฐานแล้ว (Standardized Weight) ในตารางที่ 5-9 นำมาเขียนเป็นแผนผังของแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) สุดท้าย ดังรูปที่ 5-4 พบว่า ตัวแปรสังเกตได้ไม่มีอุปกรณ์เสริมความปลอดภัย (NODEVICE) มีอิทธิพลต่อตัวแปรแฝงภายนอกด้านถนน (Road) มากที่สุด โดยมีค่า Standard weight สูงถึง 0.771 รองลงมา คือ ตัวแปรความลาดชัน (SLOPE) มีค่า 0.698 และตัวแปรถนนทางหลวง (HIGHWAY) มีค่า 0.294 ตามลำดับ ส่วนตัวแปรสังเกตได้ที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรแฝงสภาพแวดล้อม (Environment) มากที่สุด คือ ตัวแปรผิวทางเปียก (WET) มีค่า 0.727 รองลงมาเป็นตัวแปรสภาพอากาศไม่ปกติ (UNCLEAR) มีค่า 0.182

สำหรับตัวแปรแฝงภายนอกด้านถนน (Road) และตัวแปรสภาพแวดล้อม (Environment) ส่งผลต่อตัวแปรแฝงภายในความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน (Accident severity) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.161 และ 0.037 ตามลำดับ ส่วนตัวแปรแฝงด้านถนน (Road) และตัวแปรแฝงสภาพอากาศ (Environment) มีค่าเท่ากับ 0.27 นอกจากนี้ ตัวแปรความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน (Accident severity) ยังมีค่าสัมประสิทธิ์กับตัวแปรสังเกตได้ภายในจำนวนผู้ประสบเหตุ (N_VICTIM) เท่ากับ 0.834 และตัวแปรจำนวนยานพาหนะ (N_VEHICLE) เท่ากับ 0.778 ตามลำดับ



รูปที่ 5-4 แบบจำลองสมการโครงสร้างสุดท้าย (Model 4)

ที่มา: ผู้วิจัย

ตารางที่ 5-9 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรสังเกตได้

			Unstand. Weight	S.E.	C.R.	P	Stand. Weight
Accident severity	<-	Road	0.592	0.281	2.107	0.035	0.161
Accident severity	<-	Environment	0.081	0.183	0.443	0.658[b]	0.037
N_VEHICLE	<-	Accident severity	1.000[C]				0.778
N_VICTIM	<-	Accident severity	1.251	0.394	3.176	0.001	0.834
HIGHWAY	<-	Road	1.000[C]				0.294
SLOPE	<-	Road	2.202	0.423	5.200	0.000	0.698
NODEVICE	<-	Road	2.705	0.546	4.954	0.000	0.771
WET	<-	Environment	1.000[C]				0.727
UNCLEAR	<-	Environment	0.370	0.393	0.940	0.347[b]	0.182

หมายเหตุ b คือ ไม่อยู่ในระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P<0.05)

c คือ Constrained value

ที่มา: ผู้วิจัย

จากผลการศึกษา กล่าวได้ว่าการไม่มีอุปกรณ์เสริมความปลอดภัยทางถนน (NODEVICE) ถนนที่มีความลาดชัน (SLOPE) และถนนทางหลวง (HIGHWAY) เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพถนน ส่วนความเปียกของถนน (WET) และสภาพอากาศที่ไม่ปกติ (UNCLEAR) เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อม ซึ่งทั้งสภาพถนนและสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน ส่วนตัวแปรถนนที่เป็นทางแยก (JUNCTION) - เทียบกับถนนทางตรงและทางโค้ง การเกิดเหตุในเวลากลางคืน (TIME_N) - เทียบกับเวลากลางวัน และการใช้ความเร็วเกินกำหนด (SPEEDING) - เทียบกับความเร็วปกติ ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญในพื้นที่ศึกษานี้ จากการตรวจสอบปัจจัยทางแยกและช่วงถนน และ ปัจจัยกลางคืนและกลางวัน พบว่า อัตราส่วนระหว่างจำนวนผู้ประสบเหตุและจำนวนยานพาหนะต่อจำนวนอุบัติเหตุแต่ละประเภทมีค่าใกล้เคียงกันทุกตัวแปร เช่นเดียวกับการใช้ความเร็ว ซึ่งในบทความนี้การใช้ความเร็วเป็นมูลเหตุสันนิษฐานเบื้องต้นของผู้บันทึกข้อมูล ซึ่งหากระบุความเร็วขณะเกิดเหตุได้ชัดเจน อาจทำให้ทราบถึงอิทธิผลของความเร็วที่แท้จริง จึงควรศึกษาตัวแปรเหล่านี้เพิ่มเติมในพื้นที่ศึกษาอื่น

จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง SEM ของงานวิจัยนี้กับงานวิจัยของ Eboli และ Mazzulla พบว่า ปัจจัยทางถนนมีอิทธิพลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุ โดยมีตัวแปรสังเกตได้ในแบบจำลองสุดท้ายคล้ายกัน ยกเว้นตัวแปรการเดินรถทางเดียว (One-way street) ที่งานวิจัยนี้ไม่มีข้อมูล ส่วนปัจจัยสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อความรุนแรงในลักษณะคล้ายกัน ทั้งตัวแปรสภาพอากาศและสภาพของผิวทาง (ความเปียกของผิวทาง) ยกเว้นปัจจัยด้านยานพาหนะที่การศึกษานี้ไม่นำมาวิเคราะห์ เนื่องจากมียานพาหนะหลายประเภทเกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุ ซึ่งควรศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

บทที่ 6
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาของงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ส่วนแรกเป็นผลการศึกษาการเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงความปลอดภัยด้านถนนบริเวณอันตราย 5 อันดับแรก พบว่า บริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1 เป็นบริเวณจุดกลับรถตั้งอยู่บนช่วงถนนทางหลวงหมายเลข 4024 ช่วงบางคู-ตีนเขา ประมาณ กม.2+300 มีมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ เท่ากับ 33,522,125 บาท จากการศึกษาทำให้ทราบปัญหาความไม่ปลอดภัย ประกอบด้วย 1) อุบัติเหตุที่เกิดบริเวณจุดกลับรถ มาจากการจัดการบริเวณจุดกลับรถที่ไม่ปลอดภัย จึงควรปรับปรุงบริเวณจุดกลับรถ โดยการเลื่อนตำแหน่งจุดกลับรถและติดตั้งเกาะกายภาพเพื่อแยกทิศทางและลดจุดขัดแย้งของกระแสจราจร 2) มีอุบัติเหตุรถชนคนเดินข้ามถนนเสียชีวิต จึงควรเพิ่มมาตรการห้ามคนข้ามบริเวณจุดกลับรถและพิจารณาหาตำแหน่งทางข้ามที่ปลอดภัย 3) รถจักรยานยนต์มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุสูงกว่ารถประเภทอื่น จึงควรแยกช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ออกจากช่องจราจรหลัก และ 4) มีการใช้ความเร็วเกินกำหนด จึงควรเพิ่มมาตรการลดความเร็วที่เหมาะสม ซึ่งหากดำเนินมาตรการทั้งหมดคาดว่าอัตราส่วนระหว่างผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C) เท่ากับ 45.6

ส่วนบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2 ช่วงถนนพระภูเก็ตแก้ว กม.0+350 ถึง กม.0+450 เป็นทางตรงต่อด้วยทางโค้ง มีมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ เท่ากับ 33,196,417 บาท ปัญหาความไม่ปลอดภัยที่ตรวจพบ ประกอบด้วย 1) ความรุนแรงของอุบัติเหตุที่เกิดมาจากการเสียหลักตกข้างทางบริเวณทางโค้ง จากนั้นไปชนกับวัตถุถาวรหรือยานพาหนะอื่น จึงควรติดตั้งราวกันอันตรายและควรปรับปรุงการยกโค้ง รวมทั้งทาวัสดุกันลื่น (Anti-Skid) บริเวณทางโค้ง 2) อุบัติเหตุจากการเฉี่ยวชนกัน โดยเฉพาะระหว่างรถจักรยานยนต์กับยานพาหนะประเภทอื่น จึงควรเพิ่มมาตรการป้องกันรถจักรยานยนต์โดยการแยกช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ออกจากช่องจราจรหลัก และ 3) การใช้ความเร็วเกินกำหนด จึงควรเพิ่มมาตรการลดความเร็ว ซึ่งหากดำเนินมาตรการทั้งหมดคาดว่าอัตราส่วนระหว่างผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C) เท่ากับ 11.1

สำหรับบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3 เป็นทางแยกบนทางลาดชันระหว่าง ทล.4030 กม.16+100 ตัดกับถนนนาคาสุด มีมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ เท่ากับ 31,547,714 บาท ปัญหาความไม่ปลอดภัยที่ตรวจพบ ประกอบด้วย 1) อุบัติเหตุที่เกิดจากการเฉี่ยวชนกัน โดยเฉพาะการเฉี่ยวชนกันระหว่างรถจักรยานยนต์กับรถประเภทอื่น จึงควรเพิ่มมาตรการแยกช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ออกจากช่องจราจรหลัก 2) ความรุนแรงของอุบัติเหตุที่เกิดจากการเสียหลัก จากนั้นไปชนกับถาวรวัตถุข้างทางหรือชนกับรถคันอื่น จึงควรติดตั้งราวกันอันตรายและควรทาวัสดุกันลื่น

(Anti-Skid) บริเวณทางโค้ง 3) อุบัติเหตุเกิดจากการชนท้ายกันบริเวณทางแยก จึงควรปรับปรุงทางแยกให้มองเห็นได้ชัดเจนในทุกทิศทาง โดยการทาสีเกาะกลางและเพิ่มระยะมองเห็นบริเวณทางแยก 4) รถบรรทุกใช้ความเร็วต่ำ เนื่องจากเป็นทางลาดขึ้น จึงควรเพิ่มช่องจราจรสำหรับการแซง และ 5) การใช้ความเร็วโดยเฉพาะทางลงเขา จึงเพิ่มมาตรการลดความเร็ว ซึ่งหากดำเนินมาตรการทั้งหมดคาดว่าอัตราส่วนระหว่างผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C) เท่ากับ 43.7

บริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4 ช่วงถนน ทล.4029 กม.0+350 ถึง กม.0+450 เป็นทางโค้งย้อนกลับบนทางเขา มีมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ เท่ากับ 25,570,297 บาท ปัญหาความไม่ปลอดภัยที่ตรวจพบ ประกอบด้วย 1) มีอุบัติเหตุเสียหลักตกข้างทางบริเวณทางโค้ง จากนั้นไปชนกับวัตถุถาวรหรือยานพาหนะอื่น จึงควรติดตั้งราวกันอันตรายและทาวัสดุกันลื่น (Anti-Skid) บริเวณทางโค้ง 2) มีอุบัติเหตุจากการเฉี่ยวชนกัน โดยเฉพาะระหว่างรถจักรยานยนต์กับยานพาหนะประเภทอื่น จึงควรแยกช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ออกจากช่องจราจรหลัก 3) อุบัติเหตุชนท้ายกันบริเวณทางโค้ง จึงควรเพิ่มระยะการมองเห็น และ 4) การใช้ความเร็วเกินกำหนดโดยเฉพาะทางลงเขา จึงควรเพิ่มมาตรการลดความเร็ว ซึ่งหากดำเนินมาตรการทั้งหมดคาดว่าอัตราส่วนระหว่างผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C) เท่ากับ 32.1

สุดท้ายบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5 ช่วงถนน ทล.4029 กม.1+450 ถึง กม.1+550 ซึ่งเป็นทางโค้งย้อนกลับบนทางเขา มีมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ เท่ากับ 22,097,565 บาท ปัญหาความไม่ปลอดภัยที่ตรวจพบ ประกอบด้วย 1) อุบัติเหตุเสียหลักตกข้างทางบริเวณทางโค้ง จากนั้นไปชนกับวัตถุถาวรหรือยานพาหนะอื่น จึงควรติดตั้งราวกันอันตรายข้างทาง ติดตั้งราวกันอันตรายเกาะกลางถนน และทาวัสดุกันลื่น (Anti-Skid) บริเวณทางโค้ง 2) อุบัติเหตุเฉี่ยวชนกันโดยเฉพาะระหว่างรถจักรยานยนต์กับยานพาหนะประเภทอื่น จึงควรแยกช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ออกจากช่องจราจรหลัก 3) อุบัติเหตุชนท้ายกันบริเวณทางโค้ง จึงควรเพิ่มระยะการมองเห็น และ 4) การใช้ความเร็วเกินกำหนดโดยเฉพาะทางลงเขา จึงควรเพิ่มมาตรการลดความเร็ว ซึ่งหากดำเนินมาตรการทั้งหมดคาดว่าอัตราส่วนระหว่างผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C) เท่ากับ 19.9

จากบริเวณอันตรายทั้ง 5 ตำแหน่งในพื้นที่ศึกษา พบปัญหาหลักเชิงพื้นที่ที่มีความคล้ายกัน ประกอบด้วย 1) อุบัติเหตุเกิดจากการเสียหลักตกข้างทางบริเวณทางโค้ง แล้วไปชนวัตถุอันตรายข้างทาง 2) อุบัติเหตุที่เกิดจากการเฉี่ยวชนโดยเฉพาะรถจักรยานยนต์กับยานพาหนะประเภทอื่น 3) การใช้ความเร็วที่เกินกำหนด ซึ่งหน่วยงานทางถนนในพื้นที่ควรให้ความสำคัญกับปัญหาหลักดังกล่าว ในการปรับปรุงความปลอดภัยบริเวณอันตราย หรือบริเวณอื่น ๆ ที่มีความเสี่ยง โดยเฉพาะบริเวณที่มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุในลักษณะเสียหลักตกข้างทาง หรือบริเวณที่รถจักรยานยนต์มีโอกาสเฉี่ยวชนกับยานพาหนะอื่น อีกทั้งบริเวณที่มีการใช้ความเร็วเกินกำหนด บริเวณที่มีลักษณะดังกล่าวควรปรับปรุงให้มีความปลอดภัยมากขึ้น เพื่อลดความรุนแรงหากเกิดอุบัติเหตุทางถนน

ผลการศึกษาส่วนที่สองเป็นการพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (CFA) พบว่า ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุ (จำนวนผู้ประสบเหตุและจำนวนยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง) มาจากปัจจัยหลักด้านถนน (การขาดอุปกรณ์เสริมความปลอดภัย ถนนลาดชัน และถนนทางหลวง) ส่วนปัจจัยรองมาจากปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม (ถนนเปียกและสภาพอากาศไม่สดใส) ซึ่งหน่วยงานทางถนนควรให้ความสำคัญกับปัจจัยข้างต้น เช่น การติดตั้งอุปกรณ์เสริมความปลอดภัยให้ครบถ้วน โดยเฉพาะบริเวณทางลาดชันและบนถนนทางหลวง การเพิ่มการระบายน้ำและความเสียดทานของผิวทางเพื่อป้องกันถนนเปียกลื่น การรณรงค์ขับขี่ปลอดภัยขณะสภาพอากาศไม่สดใส เป็นต้น

เมื่อเปรียบเทียบประเด็นปัญหาความไม่ปลอดภัยที่พบจากบริเวณอันตรายทั้ง 5 อันดับแรก ซึ่งเป็นการศึกษาในเชิงพื้นที่กับการศึกษาในเชิงระบบโดยการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนด้วยแบบจำลองสมการโครงสร้าง พบว่า ปัจจัยถนนทางหลวงมีอิทธิพลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน ซึ่งบริเวณอันตราย 4 ตำแหน่งตั้งอยู่บนถนนทางหลวง ปัจจัยความลาดชันมีอิทธิพลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน ซึ่งบริเวณอันตราย 3 ตำแหน่งตั้งอยู่บนทางเขา จากปัจจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าประเด็นปัญหาในเชิงพื้นที่มีความสอดคล้องกับปัจจัยในเชิงระบบ

6.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการจัดการบริเวณอันตรายเพื่อเสนอแนะมาตรการแก้ไข และพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้างเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน โดยมีข้อเสนอแนะสำหรับใช้งานการศึกษานี้ รวมถึงการเสนอแนะต่อการศึกษาในอนาคต สรุปได้ดังนี้

6.2.1 ข้อเสนอแนะในการประยุกต์ใช้งานวิจัยนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางการนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัย มีดังนี้

1) การทราบแผนผังการชนจะนำไปสู่มาตรการแก้ไขบริเวณอันตรายที่เป็นไปได้ (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ข) ประกอบกับการสำรวจพื้นที่จริงเพื่อเลือกมาตรการแก้ไขที่เหมาะสมและสอดคล้องกับการแก้ไขปัญหาในแต่ละบริเวณ

2) หากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำแนวทางการเสนอแนะการจัดการบริเวณอันตรายทั้ง 5 ตำแหน่ง (รายละเอียดอยู่ในบทที่ 4) ไปใช้ในการปฏิบัติ ควรศึกษาและพิจารณาประเด็นในพื้นที่เพิ่มเติม รวมไปถึงการสอบถามเพื่อการมีส่วนร่วมของชุมชนและสะท้อนประเด็นปัญหาต่าง ๆ ให้ครอบคลุมทุกมิติ เพื่อให้การออกแบบสามารถรองรับความไม่ปลอดภัยที่อาจเกิดขึ้นและเกิดความคุ้มค่าสูงสุดต่อพื้นที่

3) การทราบปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษาของงานวิจัยนี้ เป็นการนำไปสู่การจัดการความปลอดภัยทางถนนในแนวทางเชิงรุก ดังนี้

– บริเวณจุดกลับรถตั้งอยู่บนช่วงถนนทางหลวง จึงควรปรับปรุงบริเวณจุดกลับรถโดยการเลื่อนตำแหน่งจุดกลับรถและเพิ่มมาตรการลดความเร็ว

– บริเวณช่วงถนนทางตรงต่อด้วยทางโค้ง ควรติดตั้งราวกันอันตรายบริเวณโค้ง เพิ่มมาตรการลดความเร็วก่อนถึงทางโค้ง และแยกช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์

– บริเวณทางแยกบนทางลาดชัน ควรปรับปรุงการมองเห็นทางแยกให้ชัดเจนจากทุกทิศทาง แยกช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ เพิ่มมาตรการลดความเร็วและทาวัสดุกันลื่น

– บริเวณทางโค้งย้อนกลับบนทางลาดชัน ควรติดตั้งราวกันอันตราย แยกช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์ เพิ่มมาตรการลดความเร็วและทาวัสดุกันลื่น

หากหน่วยงานทางถนนหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ให้ความสำคัญ ควรนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงบริเวณที่มีลักษณะดังกล่าว

6.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต มีดังนี้

1) ควรเพิ่มเติมและศึกษาค่าประสิทธิผลร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุ (CRF) ให้ครอบคลุมกับลักษณะการชนทุกกรณี และควรมีการประเมินประสิทธิผลของมาตรการหลังการติดตั้งอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย เพื่อศึกษาค่าประสิทธิผลของการลดอุบัติเหตุ (CRF) ของประเทศไทย

2) ควรเพิ่มแหล่งข้อมูลอุบัติเหตุจากหน่วยงานอื่นในการวิเคราะห์ อีกทั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรประสานความร่วมมือในการจัดการข้อมูลอุบัติเหตุให้เป็นระบบเดียวกัน

3) ควรเพิ่มเติมวิธีการบ่งชี้บริเวณอันตรายด้วยวิธีอื่น เพื่อนำมาเปรียบเทียบการจัดลำดับบริเวณอันตรายร่วมกับวิธีมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

4) ควรพิจารณาประสิทธิผลและผลกระทบของการแก้ไขบริเวณอันตราย ที่ส่งผลต่อบริเวณใกล้เคียง หรือทั้งโครงข่ายถนนหลังจากการปรับปรุง

5) ควรเพิ่มเติมองค์ประกอบของปัจจัยหรือข้อมูลอุบัติเหตุที่นำมาศึกษา เช่น ข้อมูลของยานพาหนะ ข้อมูลของผู้ขับขี่ ซึ่งเป็นหนึ่งในข้อมูลที่ควรมีการจัดเก็บไว้ในข้อมูลอุบัติเหตุทางถนน

6) หากต้องการพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง ตัวแปรสังเกตได้ภายใน (ตัวแปรตาม) ต้องเป็นตัวแปรประเภทเชิงปริมาณเท่านั้น ส่วนตัวแปรสังเกตได้ภายนอก (ตัวแปรอิสระ) ควรเป็นตัวแปรเชิงปริมาณเช่นเดียวกัน แต่หากตัวแปรสังเกตได้ภายนอก (ตัวแปรอิสระ) เป็นตัวแปรประเภทเชิงคุณภาพต้องมีการจัดการกับตัวแปรดังกล่าวก่อนนำไปวิเคราะห์ อย่างเช่น วิธีการปรับเปลี่ยนเป็นตัวแปรหุ่นที่ใช้ในงานวิจัยนี้

บรรณานุกรม

เกษม ชูจารุกุล. 2557. การพัฒนาแบบจำลองอุบัติเหตุสำหรับถนนทางหลวงในประเทศไทย. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19.* ขอนแก่น. 2418-2422.

เมษา ทิพเวช. 2555. แบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุบริเวณที่ลาดชัน. *ATRANS SYMPOSIUM.* กรุงเทพมหานคร. 262-267.

กรมการขนส่งทางบก กองแผนงาน กลุ่มสถิติการขนส่ง. 2563. *รายงานสถิติการขนส่ง ประจำปี พ.ศ. 2562.*

กรมการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. 2554. *แผนที่นำทางเชิงกลยุทธ์ทศวรรษแห่งความปลอดภัยทางถนน พ.ศ. 2554-2563.*

กรมควบคุมโรค. 2563. ระบบบูรณาการข้อมูลการตายจากอุบัติเหตุทางถนน. www.rti.ddc.moph.go.th (สืบค้นเมื่อ 10 มิถุนายน 2563).

กรมทางหลวง. 2550. *โครงการศึกษามูลค่าอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย.* สงขลา: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

กรมทางหลวง. 2553. ผังการชน. ใน *โครงการพัฒนาระบบสารสนเทศ (GIS) และข้อมูล*, 18-23.

กรมทางหลวง. 2561. *คู่มือมาตรฐานป้ายจราจร.*

กรมทางหลวง. 2562. *โครงการตรวจสอบความปลอดภัยบนโครงข่ายทางหลวงแผ่นดิน เพื่อเพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ทาง (ระยะที่ 1).*

กรมทางหลวงชนบท. 2562. *โครงการพัฒนามาตรฐานผู้ตรวจสอบความปลอดภัยงานทางระดับกลาง (Auditor).*

กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น. 2552. *มาตรฐานการป้องกันอุบัติภัยทางถนน.* กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น.

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2562. *การวิเคราะห์สมการโครงสร้าง (SEM) ด้วย AMOS.* 4. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดสามลดา.

ชลัท ทิพากรเกียรติ. 2557. แบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุสำหรับทางหลวงที่มีการให้บริการจุดพักรถโดยใช้ตัวแบบการถดถอยแบบปัวซองและการถดถอยแบบทวินามเชิงลบ. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19.* ขอนแก่น. 2409-2417.

ชวลิต ทับสีรัก. 2555. ตัวแปรเชิงคุณภาพกับการวิเคราะห์การถดถอย. *วารสารการวัดผลการศึกษา* 1 (17): 31-42.

ทวี อุทัยเศรษฐวัฒน์. 2550. *การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการหาจุดอันตรายในทางพิเศษ.* กรุงเทพมหานครฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542. *โมเดลลิสเรล: สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย.* 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปฏิวัติ ฤทธิเดช. 2550. *แบบจำลองทำนายอุบัติเหตุและจัดลำดับการปรับปรุงถนน บนถนนสองช่องจราจรในเขตนอกเมือง กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา.* มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ประสิทธิ์ จึงสงวนพรสุข. 2544. *เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข้ จุดอันตรายบนถนน (รุ่นที่ 2).* ขอนแก่น: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พัชรี หล้าแหล่ง. 2563. *การสร้างโมเดลสมการโครงสร้าง.*

พิชัย ธานีรณานนท์. 2542. *วิศวกรรมความปลอดภัยทางถนน.* สงขลา: ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พิชัย ธานีรณานนท์. 2554. *ถนนปลอดภัยด้วยหลักวิศวกรรม (Engineering Safer Roads).* 2. สงขลา: บริษัท ลิมบราเดอร์ การพิมพ์ จำกัด.

วัฒนวงศ์ รัตนวราห, ชิษณุ อัมพรายน์, และ ชยพล ถาวรทนต์. 2550. การพิสูจน์จุดอันตรายต่อการเกิดอุบัติเหตุบริเวณถนนรามอินทราและถนนแจ้งวัฒนะ. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 12* 189-201.

วิศว์ รัตนโชติ, และ สันติภาพ ศิริยงค์. 2553. ระบบบริหารงานวิศวกรรมความปลอดภัยทางถนนกับการแก้ไขจุดอันตราย: กรณีศึกษาทางต่างระดับเชื่อมต่อถนนนครอินทร์กับถนนกาญจนาภิเษกด้านตะวันตก. *วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร* 85-91.

วุฒิพงษ์ ธรรมศรี, และ ประสิทธ์ จึงสงวนพรสุข. 2554. การบ่งชี้จุดอันตรายบนทางหลวงในประเทศไทยด้วยวิธีอัตราการเกิดอุบัติเหตุวิกฤต. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น* 1-8.

ศิริธงชัย ชูนาคา. 2558. การศึกษาความปลอดภัยทางถนนในเขตชุมชนเมือง กรณีศึกษาบ้านคลองแงะ อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 20.*

ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย (TARC). 2552. *การพัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุ.* 2.

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (TDRI). 2560. *โครงการการปรับเทียบมูลค่าปี พ.ศ. 2560.*

สมาคมวิจัยวิทยาการขนส่งแห่งเอเชีย (ATRANS). 2563. รายงานจุดอุบัติเหตุทางถนน. www.atrans-safety.com (สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2563).

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.). 2546. *มาตรฐานความปลอดภัยการจราจรและขนส่ง.*

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.). 2547. *การตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขจุดอันตรายบนถนน.* กรุงเทพมหานคร: สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.).

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.). 2548. *คู่มือการปรับปรุงแก้ไขจุดอันตรายบริเวณทางแยก.* กรุงเทพมหานคร: สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.).

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.). 2551. *เอกสารประกอบการอบรม การแก้ไขจุดอันตราย.*

สำนักงานสาธารณสุข. 2560. *สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านสุขภาพเบื้องต้น.*

สำนักอำนวยความปลอดภัย. 2546. *รายงานการศึกษาวิเคราะห์บริเวณอันตรายที่มิใช่ทางแยก.* กรุงเทพมหานคร: กรมทางหลวง. กระทรวงคมนาคม.

สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง. 2549. การวิเคราะห์จุดอันตราย. ใน *คู่มือการเฝ้าระวังและแก้ไขปัญหาการเกิดอุบัติเหตุบนทางหลวง*, 20.

สำนักอำนวยความปลอดภัย. 2561. *อุบัติเหตุจราจรบนทางหลวงแผ่นดิน ปี 2560.*

สุทธิชัย งามจันทร์. 2553. *แบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางด่วน กรณีศึกษาทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2).* มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. 2558. *เป้าหมายการพัฒนาแห่งสหัสวรรษ Sustainable Development Goals (SDGs) ฉบับเต็ม.*

องค์การอนามัยโลก. 2560. *ความปลอดภัยของรถสองและรถสามล้อเครื่อง: คู่มือความปลอดภัยทางถนนสำหรับผู้มีอำนาจตัดสินใจและผู้ปฏิบัติงาน.*

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 2001. *A Policy on Geometric Design of Highway and Streets.* United States of America.

Austroads. 1997. *Guide to traffic engineering practice part 5 Intersection at Grade.* Australia.

Austroads. 2015. Austroads Road Safety Engineering Toolkit. www.engtoolkit.com.au (accessed 6 June 2020).

Bentler, P. M., and Bonett, D. G. 1980. Significance Tests and Goodness-of-Fit in Analysis of Covariance Structures. *Psychological Bulletin* 588-606.

Bollen, K. A. 1986. Sample size and Bentler and Bonett's nonnormed fit index. *Psychometrika* 375-377.

Bollen, K. A. 1989. Structural equations with latent variables. *Kwantitatieve Methoden* (Wiley) 124-131.

Carmines, E. G., and McIver, J. P. 1981. Analyzing Models with Unobserved Variables: Analysis of Covariance Structures. *Social Measurement: Current Issues* (Sage Publications, Inc) 65-115.

Hong., D. 2005. DEVELOPMENT OF TRAFFIC ACCIDENT PREDICTION MODELS BY TRAFFIC AND ROAD CHARACTERISTICS IN URBAN AREAS. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies.* 2046-2061.

Dhruvit, S., and Pranay., S. M. 2016. Road Accident Analysis and Identify the black spot location On State Highway-5 (Halol-Godhra Section). *International Journal of Engineering Development and Research (IJEDR)* 507-513.

Diamantopoulos, A., and Siguaw., J. 2000. *Introducing LISREL A Guide for the Uninitiated.* Sage Publications Ltd.

Mohan., D. 2002. Road safety in less-motorized environments: future concerns. *International Journal of Epidemiology* 527-532.

Eboli, L., and Mazzulla., G. 2007. A Structural equation model for road accident analysis. *International SIIV Congress* 4.

European Commission. 2003. *Road Infrastructure Safety Management – Report of the Working Group on Infrastructure Safety.* DG Energy and Transport, High Level Group – Road Safety.

European Union Road Feration. 2002. Good Practice Guidelines to Infrastructure Road Safety. 8-9.

Farah, H., Abishai, P., and Cohen., M. A. 2007. Multivariate Analyses for Infrastructure-Based Crash Prediction Models for Rural Highways. *Road & Transport Research: A Journal of Australian and New Zealand Research and Practice.*

FHWA. 2020. Crash Modification Factors Clearinghouse. www.cmfclearinghouse.org (accessed 6 June 2020).

German Road and Transportation Research Association (GRTRA). 2003. *Guidelines for Safety Analysis of Road Networks (ESN).* Working group Traffic Engineering and Safety.

Hu, L. T., and Bentler., P. M. 1995. Structural equation modeling. Concepts, issues, and applications. *Evaluating model fit. In R.H. Hoyle (Ed.)* 76-99.

Hu, L. T., and Bentler., P. M. 1999. Cutoff Criteria for Fit Indexes in Covariance Structure Analysis: Conventional Criteria Versus New Alternatives. *Structural Equation Modeling* 1-55.

Hummer, J. E., Hultgren, C. A., and Khattak., A. J. 2003. Identification of Promising Sites on Secondary Highways Using Inventory Data. *82nd Annual Meeting, Transportation Research Board.*

Jadaan, K., Alkhaledi, Q., and Najjar, A. 2016. *DEVELOPMENT OF AN ACCIDENT PREDICTION MODEL USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK.*

Jöreskog, K. G., and Sörbom, D. 1989. LISREL 7: A Guide to the Program and Applications. Chicago: IL: SPSS.

Kononov, J. 2002. Identifying Locations with Potential for Accident Reductions – Use of Direct Diagnostics and Pattern Recognition Methodologies. *Transportation Research Record* 153-158.

Leur, P., and Sayed, T. 2002. Development of a Road Safety Risk Index. *Transportation Research Record* 33-42.

Lord, D., and Mannering, F. 2010. The Statistical Analysis of Crash-Frequency Data: A Review and Assessment of Methodological Alternatives. *Transportation Research Part A Policy and Practice*, June.

McGuigan, D. R. D. 1982. Non-junction accident rates and their use in blackspot identification. *Traffic Engineering & Control* 23 (2): 60-65.

Mertner, J., Simonsen, P., and Nielsen, M. A. 2006. Grå strækningsanalyser – de første erfaringer. *Dansk Vejtidsskrift* 86 (3): 12-15.

Mitchell, H. K. 2011. *Multivariable Analysis : A Practical Guide for Clinicians and Public Health Researchers.* New York: Cambridge University Press.

Mohamad, W., Bin, A., and Afthanorhan, W. 2013. A comparison of Partial Least Square Structural Equation Modeling (PLS-SEM) and Covariance Based Structural Equation Modeling (CB-SEM) for Confirmatory Factor Analysis. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)* 5: 198-205.

Mustakim, F., and Fujita, M. 2011. Development of Accident Predictive Model for Rural Roadway. *World Academy of Science, Engineering and Technology,*

International Journal of Civil and Environmental Engineering Vol:5, No:10 408-413.

New South Wales Government. 2019. *Local Government Road Safety Program Guidelines.*

OECD. 2008. *TOWARDS ZERO: Ambitious Road Safety Targets and the Safe System Approach.*

Office of Transport and Traffic Policy and Planning. 2000. *Collision Diagram.*

Ogden, K. W. 1996. *Safer Road: A Guide to Road Safety Engineering*. Department of Civil Engineering, Monash University, Melbourne.

Persaud, B. 1990. *Blackspot Identification and Treatment Evaluation, The Research and Development Branch.* Ontario Ministry of Transportation, Ontario: Downsview.

Ragnøy, A., and Elvik, R. n.d. *Trafikksikkerhetsanalyse av stamvegnettet i Norge.* Transportøkonomisk institutt, Oslo: rapport 649.

Reurings, M., and Janssen, T. 2007. *Accident prediction models for urban and rural carriageways.* SWOV, Leidschendam, 2007.

Salifu, M. 2004. Accident Prediction Models for Unsignalised Urban Junctions in Ghana. 28 (1): 68-81.

Schumacker, R. E., and Lomax, R. G. 2010. *A beginner's guide to structural equation modeling.* 3. New jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Schumacker, R. E., and Lomax, R. G. 2004. *A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling.* Lawrence Erlbaum Associates.

Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA). 2003. "Sure Approach – Guide for the study of Issues Detailed Process." France.

Rahman, S. 2012. Development of an Accident Prediction Model for Intersections of Dhaka City, Bangladesh. *International Journal of Computer Applications* 10-16.

Sorensen, M. 2006. Grey Road Sections on Main Roads in Rural Areas - Development, application and assessment of a Category Based Identification Method. *The annual transport conference at Aalborg University.* Aalborg.

Sorensen, M. 2007. *Best Practice Guidelines on Black Spot Management and Safety Analysis of Road Networks.* Oslo: Institute of Transport Economics Norwegian Centre for Research.

Steiger, J. H., and Lind, J. C. 1980. Statistically-based tests for the number of common factors. *Psychometric Society.* Iowa.

Student. 1908. The Probable Error of a Mean. *Biometrika* 6: 1-25.

Thorson, O. 1970. *Metoder til udpegning af sorte pletter på vejnettet og til prioritering af uheldsbekæmpende foranstaltninger.* Rådet for TrafiksikkerhedsForskning.

United Nations Thailand. 2015. The Global Goals for Sustainable Development. www.un.or.th (accessed 6 July 2020).

Utainarumol, S., and Stammer, R. E. 1999. An evaluation of methods for identifying hazardous highway locations. *Journal of the R Eastern Asia Society for Transportation Studies.*

World Health Organization (WHO). 2011. United Nations Road Safety Collaboration. Global Plan for the decade of action for road safety 2011–2020. Geneva. www.who.int (accessed 17 August 2016).

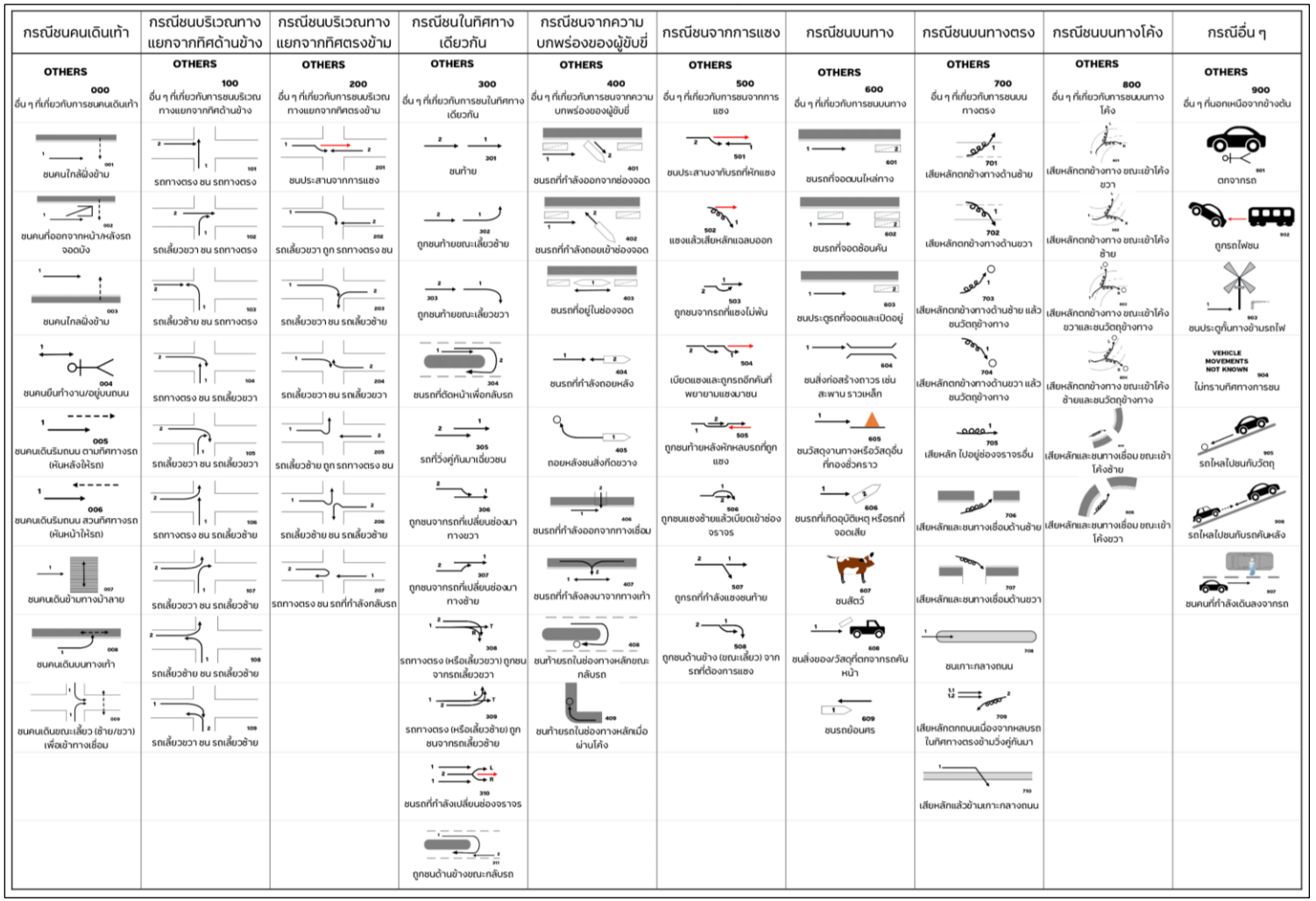
World Health Organization (WHO). 2017. *Powered two- and three-wheeler safety: a road safety manual for decision-makers and practitioners.*

World Health Organization (WHO). 2018. *Global status report on road safety 2018*. Geneva.

World Health Organization (WHO). 2020. *Road traffic injuries.*

Yamane, T. 1973. Statistics: An Introductory Analysis. 3rdEd. New York.Harper and Row Publications.

ภาคผนวก ก
ลักษณะการชน



ที่มา: ปรับปรุงจาก กรมทางหลวง (2553)

รูปที่ ก-1 สรุปลักษณะการชนรูปแบบต่าง ๆ

ภาคผนวก ข
มาตรการแก้ไขปัญหาบริเวณอันตราย

ภาคผนวก ข-1 มาตรการปรับปรุงความปลอดภัยบริเวณอันตรายจำแนกตามประเภทการชน

ตารางที่ ข-1 มาตรการปรับปรุงกรณีชนคนเดินเท้า

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนคนเดินเท้า									
		000	001	002	003	004	005	006	007	008	009
กลุ่ม ก. ค่าก่อสร้างน้อยกว่า 150,000 บาท											
ก.1	การติดตั้งป้ายแนะนำความเร็ว										
ก.2	การเพิ่มเวลาสัญญาณไฟแดงทุกทิศทาง										
ก.3	การติดตั้งป้ายเตือนแนวทางโค้ง										
ก.4	การติดตั้งป้ายเตือนทางโค้ง										
ก.5	การติดตั้งป้ายให้ทาง/ป้ายหยุด	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.6	การปรับปรุงเส้นจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.7	การห้ามจอดรถ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.8	การติดตั้งรั้วกันคนเดิน										
ก.9	การติดตั้งปุ่ม/หมุดสะท้อนแสง										
ก.10	การคืนสภาพไหล่ทาง										
ก.11	การจำกัดการเชื่อมต่อ										
ก.12	การติดตั้งเส้นแบ่งทิศจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.13	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณทางแยก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.14	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณช่วงถนน										
ก.15	การปรับขีดจำกัดความเร็ว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.16	การตรวจสอบการทำงานของสัญญาณไฟจราจร										
ก.17	การห้ามเลี้ยว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.18	การติดตั้งป้ายเตือน										
กลุ่ม ข ค่าก่อสร้าง 150,000-600,000 บาท											
ข.1	การติดตั้งเส้นจราจรห้ามแซง										
ข.2	การติดตั้งอุปกรณ์บนทางสำหรับจักรยาน										
ข.3	การขยายเขตปลอดภัย										
ข.4	การติดตั้งอุปกรณ์ซับแรงกระแทก										
ข.5	การติดตั้งป้ายบอกทิศทาง (นำทาง)										
ข.6	การปรับขอบผิวทางที่ต่างระดับ										
ข.7	การติดตั้งเส้นจราจรขอบทาง										
ข.8	การติดตั้งป้ายนำทาง										
ข.9	การขยายขอบคันหิน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.10	การติดตั้งเกาะกลางแบบทาสี										

ตารางที่ ข-1 มาตรการปรับปรุงกรณีชนคนเดินเท้า (ต่อ)

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนคนเดินเท้า									
		000	001	002	003	004	005	006	007	008	009
ข.11	การติดตั้งเกาะพักสำหรับคนข้ามถนน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.12	การติดตั้งเส้นจราจรแบบสันนูน										
ข.13	การติดตั้งทางข้ามแบบยก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.14	การติดตั้งกล้องฝ่าไฟแดง										
ข.15	การเคลื่อนย้ายพุ่มไม้/ต้นไม้	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.16	การติดตั้งราวกันอันตราย										
ข.17	การเพิ่มความชัดเจนของสัญญาณไฟจราจร										
ข.18	การเพิ่มความเสียดทานของผิวจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.19	การประสานสัญญาณไฟจราจร										
กลุ่ม ค ค่าก่อสร้าง 600,000 ถึง 1,500,000 บาท											
ค.1	การปรับมุมจอดรถให้ขนานขอบทาง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ค.2	การปิดปลายของเกาะกลาง										
ค.3	การทำช่องรอเลี้ยวแบบทาสี										
ค.4	การปรับปรุงการระบายน้ำของผิวทาง										
ค.5	การติดตั้งเกาะแยกกระแสจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ค.6	การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ค.7	การขยายความกว้างช่องจราจร										
ค.8	การติดตั้งป้ายแจ้งเตือนแบบกระตุ้น										
กลุ่ม ง ค่าก่อสร้าง 1,500,000 ถึง 3,000,000 บาท											
ง.1	การรวมจุดเชื่อมต่อ										
ง.2	การจัดช่วงสัญญาณไฟจราจรเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวา	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
กลุ่ม จ ค่าก่อสร้างมากกว่า 3,000,000 บาท											
จ.1	การก่อสร้างช่องจราจรเฉพาะสำหรับแซง										
จ.2	การขยายช่วงทางโค้ง										
จ.3	การก่อสร้างทางยกระดับ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.4	การสร้างที่จอดรถข้างทางแบบแยกจากทางวิ่ง										
จ.5	การติดตั้งเกาะกลางเพิ่มเติม	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.6	การปรับปรุงทางข้ามบริเวณทางเลี้ยว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.7	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรสำหรับคนข้ามถนน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.8	การปรับปรุงทางตัดรถไฟ										
จ.9	การปรับแนวทางถนน										

ตารางที่ ข-1 มาตรการปรับปรุงกรณีชนคนเดินเท้า (ต่อ)

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนคนเดินเท้า									
		000	001	002	003	004	005	006	007	008	009
จ.10	การติดตั้งวงเวียน										
จ.11	การขยาย/ปูผิวไหล่ทาง										
จ.12	การปรับปรุงมุมช่องทางเลี้ยว										
จ.13	การทำแยกเยื้องกัน										
จ.14	การปรับปรุงการยกโค้ง										
จ.15	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.16	การก่อสร้างช่องจราจรสำหรับเลี้ยว										

ตารางที่ ข-2 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบริเวณทางแยกจากทิศทางด้านข้าง

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนบริเวณทางแยกจากทิศทางด้านข้าง									
		100	101	102	103	104	105	106	107	108	109
กลุ่ม ก. ค่าก่อสร้างน้อยกว่า 150,000 บาท											
ก.1	การติดตั้งป้ายแนะนำความเร็ว										
ก.2	การเพิ่มเวลาสัญญาณไฟแดงทุกทิศทาง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.3	การติดตั้งป้ายเตือนแนวทางโค้ง										
ก.4	การติดตั้งป้ายเตือนทางโค้ง										
ก.5	การติดตั้งป้ายให้ทาง/ป้ายหยุด	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.6	การปรับปรุงเส้นจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.7	การห้ามจอดรถ										
ก.8	การติดตั้งรั้วกันคนเดิน										
ก.9	การติดตั้งปุ่ม/หมุดสะท้อนแสง										
ก.10	การคืนสภาพไหล่ทาง										
ก.11	การจำกัดการเชื่อมต่อ										
ก.12	การติดตั้งเส้นแบ่งทิศจราจร										
ก.13	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณทางแยก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.14	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณช่วงถนน										
ก.15	การปรับขีดจำกัดความเร็ว										
ก.16	การตรวจสอบการทำงานของสัญญาณไฟจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.17	การห้ามเลี้ยว										
ก.18	การติดตั้งป้ายเตือน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ ข-2 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบริเวณทางแยกจากทิศทางด้านข้าง (ต่อ)

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนบริเวณทางแยกจากทิศทางด้านข้าง									
		100	101	102	103	104	105	106	107	108	109
กลุ่ม ข ค่าก่อสร้าง 150,000-600,000 บาท											
ข.1	การติดตั้งเส้นจราจรห้ามแซง										
ข.2	การติดตั้งอุปกรณ์บนทางสำหรับจักรยาน										
ข.3	การขยายเขตปลอดภัย										
ข.4	การติดตั้งอุปกรณ์ซับแรงกระแทก										
ข.5	การติดตั้งป้ายบอกทิศทาง (นำทาง)										
ข.6	การปรับขอบผิวทางที่ต่างระดับ										
ข.7	การติดตั้งเส้นจราจรขอบทาง										
ข.8	การติดตั้งป้ายนำทาง										
ข.9	การขยายขอบคันหิน										
ข.10	การติดตั้งเกาะกลางแบบทาสี										
ข.11	การติดตั้งเกาะพักสำหรับคนข้ามถนน										
ข.12	การติดตั้งเส้นจราจรแบบสันนูน										
ข.13	การติดตั้งทางข้ามแบบยก										
ข.14	การติดตั้งกล้องฝ่าไฟแดง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.15	การเคลื่อนย้ายพุ่มไม้/ต้นไม้	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.16	การติดตั้งราวกันอันตราย										
ข.17	การเพิ่มความชัดเจนของสัญญาณไฟจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.18	การเพิ่มความเสียดทานของผิวจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.19	การประสานสัญญาณไฟจราจร										
กลุ่ม ค ค่าก่อสร้าง 600,000 ถึง 1,500,000 บาท											
ค.1	การปรับมุมจอดรถให้ขนานขอบทาง										
ค.2	การปิดปลายของเกาะกลาง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ค.3	การทำช่องรอเลี้ยวแบบทาสี										
ค.4	การปรับปรุงการระบายน้ำของผิวทาง										
ค.5	การติดตั้งเกาะแยกกระแสจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ค.6	การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ค.7	การขยายความกว้างช่องจราจร										
ค.8	การติดตั้งป้ายแจ้งเตือนแบบกระตุ้น										
กลุ่ม ง ค่าก่อสร้าง 1,500,000 ถึง 3,000,000 บาท											
ง.1	การรวมจุดเชื่อมต่อ										

ตารางที่ ข-2 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบริเวณทางแยกจากทิศทางด้านข้าง (ต่อ)

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนบริเวณทางแยกจากทิศทางด้านข้าง									
		100	101	102	103	104	105	106	107	108	109
ง.2	การจัดช่วงสัญญาณไฟเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวา										
กลุ่ม จ ค่าก่อสร้างมากกว่า 3,000,000 บาท											
จ.1	การก่อสร้างช่องจราจรเฉพาะสำหรับแซง										
จ.2	การขยายช่วงทางโค้ง										
จ.3	การก่อสร้างทางยกระดับ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.4	การสร้างที่จอดรถข้างทางแบบแยกจากทางวิ่ง										
จ.5	การติดตั้งเกาะกลางเพิ่มเติม										
จ.6	การปรับปรุงทางข้ามบริเวณทางเลี้ยว										
จ.7	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรสำหรับคนข้ามถนน										
จ.8	การปรับปรุงทางตัดรถไฟ										
จ.9	การปรับแนวทางถนน										
จ.10	การติดตั้งวงเวียน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.11	การขยาย/ปูผิวไหล่ทาง										
จ.12	การปรับปรุงมุมช่องทางเลี้ยว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.13	การทำแยกเยื้องกัน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.14	การปรับปรุงการยกโค้ง										
จ.15	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.16	การก่อสร้างช่องจราจรสำหรับเลี้ยว										

ตารางที่ ข-3 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบริเวณทางแยกจากทิศทางตรงข้าม

รหัส	มาตรการ	กรณีชนบริเวณทางแยกจากทิศทางตรงข้าม							
		200	201	202	203	204	205	206	207
กลุ่ม ก. ค่าก่อสร้างน้อยกว่า 150,000 บาท									
ก.1	การติดตั้งป้ายแนะนำความเร็ว								
ก.2	การเพิ่มเวลาสัญญาณไฟแดงทุกทิศทาง	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
ก.3	การติดตั้งป้ายเตือนแนวทางโค้ง		✓						
ก.4	การติดตั้งป้ายเตือนทางโค้ง		✓						
ก.5	การติดตั้งป้ายให้ทาง/ป้ายหยุด								
ก.6	การปรับปรุงเส้นจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.7	การห้ามจอดรถ								
ก.8	การติดตั้งรั้วกันคนเดิน								

ตารางที่ ข-3 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบริเวณทางแยกจากทิศทางตรงข้าม (ต่อ)

รหัส	มาตรการ	กรณีชนบริเวณทางแยกจากทิศทางตรงข้าม							
		200	201	202	203	204	205	206	207
ก.9	การติดตั้งปุ่ม/หมุดสะท้อนแสง		✓						
ก.10	การคืนสภาพไหล่ทาง		✓						
ก.11	การจำกัดการเชื่อมต่อ	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
ก.12	การติดตั้งเส้นแบ่งทิศจราจร		✓						
ก.13	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณทางแยก	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.14	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณช่วงถนน		✓						
ก.15	การปรับขีดจำกัดความเร็ว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
ก.16	การตรวจสอบการทำงานของสัญญาณไฟจราจร	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
ก.17	การห้ามเลี้ยว	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.18	การติดตั้งป้ายเตือน								
กลุ่ม ข ค่าก่อสร้าง 150,000-600,000 บาท									
ข.1	การติดตั้งเส้นจราจรห้ามแซง		✓						✓
ข.2	การติดตั้งอุปกรณ์บนทางสำหรับจักรยาน								
ข.3	การขยายเขตปลอดภัย								
ข.4	การติดตั้งอุปกรณ์ซับแรงกระแทก								
ข.5	การติดตั้งป้ายบอกทิศทาง (นำทาง)								
ข.6	การปรับขอบผิวทางที่ต่างระดับ		✓						
ข.7	การติดตั้งเส้นจราจรขอบทาง		✓						
ข.8	การติดตั้งป้ายนำทาง		✓						
ข.9	การขยายขอบคันหิน								
ข.10	การติดตั้งเกาะกลางแบบทาสี		✓						
ข.11	การติดตั้งเกาะพักสำหรับคนข้ามถนน								
ข.12	การติดตั้งเส้นจราจรแบบสันนูน		✓						
ข.13	การติดตั้งทางข้ามแบบยก								
ข.14	การติดตั้งกล้องฝ่าไฟแดง	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
ข.15	การเคลื่อนย้ายพุ่มไม้/ต้นไม้								
ข.16	การติดตั้งราวกันอันตราย		✓						
ข.17	การเพิ่มความชัดเจนของสัญญาณไฟจราจร	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.18	การเพิ่มความเสียดทานของผิวจราจร	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
ข.19	การประสานสัญญาณไฟจราจร								

ตารางที่ ข-3 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบริเวณทางแยกจากทิศทางตรงข้าม (ต่อ)

รหัส	มาตรการ	กรณีชนบริเวณทางแยกจากทิศทางตรงข้าม							
		200	201	202	203	204	205	206	207
กลุ่ม ค ค่าก่อสร้าง 600,000 ถึง 1,500,000 บาท									
ค.1	การปรับมุมจอดรถให้ขนานขอบทาง								
ค.2	การปิดปลายของเกาะกลาง	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
ค.3	การทำช่องรอเลี้ยวแบบทาสี								
ค.4	การปรับปรุงการระบายน้ำของผิวทาง								
ค.5	การติดตั้งเกาะแยกกระแสจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
ค.6	การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ค.7	การขยายความกว้างช่องจราจร		✓						✓
ค.8	การติดตั้งป้ายแจ้งเตือนแบบกระตุ้น								
กลุ่ม ง ค่าก่อสร้าง 1,500,000 ถึง 3,000,000 บาท									
ง.1	การรวมจุดเชื่อมต่อ								
ง.2	การจัดช่วงสัญญาณไฟเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวา	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
กลุ่ม จ ค่าก่อสร้างมากกว่า 3,000,000 บาท									
จ.1	การก่อสร้างช่องจราจรเฉพาะสำหรับแซง		✓						
จ.2	การขยายช่วงทางโค้ง								
จ.3	การก่อสร้างทางยกระดับ								
จ.4	การสร้างที่จอดรถข้างทางแบบแยกจากทางวิ่ง								
จ.5	การติดตั้งเกาะกลางเพิ่มเติม		✓						✓
จ.6	การปรับปรุงทางข้ามบริเวณทางเลี้ยว								
จ.7	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรสำหรับคนข้ามถนน								
จ.8	การปรับปรุงทางตัดรถไฟ								
จ.9	การปรับแนวทางถนน		✓						
จ.10	การติดตั้งวงเวียน	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.11	การขยาย/ปูผิวไหล่ทาง		✓						
จ.12	การปรับปรุงมุมช่องทางเลี้ยว								
จ.13	การทำแยกเยื้องกัน								
จ.14	การปรับปรุงการยกโค้ง								
จ.15	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
จ.16	การก่อสร้างช่องจราจรสำหรับเลี้ยว								

ตารางที่ ข-4 มาตรการปรับปรุงกรณีชนในทิศทางเดียวกัน

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนบริเวณทางแยกจากทิศทางด้านข้าง										
		300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310
กลุ่ม ก. ค่าก่อสร้างน้อยกว่า 150,000 บาท												
ก.1	การติดตั้งป้ายแนะนำความเร็ว						✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.2	การเพิ่มเวลาสัญญาณไฟแดงทุกทิศทาง		✓	✓	✓							
ก.3	การติดตั้งป้ายเตือนแนวทางโค้ง						✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.4	การติดตั้งป้ายเตือนทางโค้ง						✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.5	การติดตั้งป้ายให้ทาง/ป้ายหยุด											
ก.6	การปรับปรุงเส้นจราจร					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.7	การห้ามจอดรถ						✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.8	การติดตั้งรั้วกันคนเดิน											
ก.9	การติดตั้งปุ่ม/หมุดสะท้อนแสง											
ก.10	การคืนสภาพไหล่ทาง											
ก.11	การจำกัดการเชื่อมต่อ											
ก.12	การติดตั้งเส้นแบ่งทิศจราจร											
ก.13	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณทางแยก					✓						
ก.14	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณช่วงถนน						✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.15	การปรับขีดจำกัดความเร็ว											
ก.16	การตรวจสอบการทำงานของสัญญาณไฟจราจร		✓	✓	✓							
ก.17	การห้ามเลี้ยว		✓	✓	✓	✓						
ก.18	การติดตั้งป้ายเตือน		✓	✓	✓							
กลุ่ม ข ค่าก่อสร้าง 150,000-600,000 บาท												
ข.1	การติดตั้งเส้นจราจรห้ามแซง					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.2	การติดตั้งอุปกรณ์บนทางสำหรับจักรยาน						✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.3	การขยายเขตปลอดภัย						✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.4	การติดตั้งอุปกรณ์ซับแรงกระแทก											
ข.5	การติดตั้งป้ายบอกทิศทาง (นำทาง)						✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.6	การปรับขอบผิวทางที่ต่างระดับ											
ข.7	การติดตั้งเส้นจราจรขอบทาง											
ข.8	การติดตั้งป้ายนำทาง											
ข.9	การขยายขอบคันหิน											
ข.10	การติดตั้งเกาะกลางแบบทาสี											
ข.11	การติดตั้งเกาะพักสำหรับคนข้ามถนน											

ตารางที่ ข-4 มาตรการปรับปรุงกรณีชนในทิศทางเดียวกัน (ต่อ)

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนบริเวณทางแยกจากทิศทางด้านข้าง										
		300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310
ข.12	การติดตั้งเส้นจราจรแบบสันนูน											
ข.13	การติดตั้งทางข้ามแบบยก											
ข.14	การติดตั้งกล้องฝ่าไฟแดง											
ข.15	การเคลื่อนย้ายพุ่มไม้/ต้นไม้											
ข.16	การติดตั้งราวกันอันตราย						✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.17	การเพิ่มความชัดเจนของสัญญาณไฟจราจร		✓	✓	✓	✓						
ข.18	การเพิ่มความเสียดทานของผิวจราจร		✓	✓	✓							
ข.19	การประสานสัญญาณไฟจราจร		✓	✓	✓							
กลุ่ม ค ค่าก่อสร้าง 600,000 ถึง 1,500,000 บาท												
ค.1	การปรับมุมจอดรถให้ขนานขอบทาง		✓	✓	✓							
ค.2	การปิดปลายของเกาะกลาง		✓	✓	✓	✓						
ค.3	การทำช่องรอเลี้ยวแบบทาสี		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
ค.4	การปรับปรุงการระบายน้ำของผิวทาง		✓	✓	✓							
ค.5	การติดตั้งเกาะแยกกระแสจราจร											
ค.6	การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง					✓						
ค.7	การขยายความกว้างช่องจราจร					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ค.8	การติดตั้งป้ายแจ้งเตือนแบบกระตุ้น		✓	✓	✓							
กลุ่ม ง ค่าก่อสร้าง 1,500,000 ถึง 3,000,000 บาท												
ง.1	การรวมจุดเชื่อมต่อ											
ง.2	การจัดช่วงสัญญาณไฟเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวา					✓						
กลุ่ม จ ค่าก่อสร้างมากกว่า 3,000,000 บาท												
จ.1	การก่อสร้างช่องจราจรเฉพาะสำหรับแซง											
จ.2	การขยายช่วงทางโค้ง											
จ.3	การก่อสร้างทางยกระดับ		✓	✓	✓							
จ.4	การสร้างที่จอดรถข้างทางแบบแยกจากทางวิ่ง						✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.5	การติดตั้งเกาะกลางเพิ่มเติม					✓						
จ.6	การปรับปรุงทางข้ามบริเวณทางเลี้ยว											
จ.7	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรสำหรับคนข้ามถนน											
จ.8	การปรับปรุงทางตัดรถไฟ											
จ.9	การปรับแนวทางถนน						✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.10	การติดตั้งวงเวียน		✓	✓	✓	✓						

ตารางที่ ข-4 มาตรการปรับปรุงกรณีชนในทิศทางเดียวกัน (ต่อ)

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนบริเวณทางแยกจากทิศทางด้านข้าง										
		300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310
จ.11	การขยาย/ปูผิวไหล่ทาง											
จ.12	การปรับปรุงมุมช่องทางเลี้ยว						✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.13	การทำแยกเยื้องกัน											
จ.14	การปรับปรุงการยกโค้ง						✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.15	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร											
จ.16	การก่อสร้างช่องจราจรสำหรับเลี้ยว		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ ข-5 มาตรการปรับปรุงกรณีชนจากความบกพร่องของผู้ขับขี่

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนจากความบกพร่องของผู้ขับขี่									
		400	401	402	403	404	405	406	407	408	409
กลุ่ม ก. ค่าก่อสร้างน้อยกว่า 150,000 บาท											
ก.1	การติดตั้งป้ายแนะนำความเร็ว										
ก.2	การเพิ่มเวลาสัญญาณไฟแดงทุกทิศทาง										
ก.3	การติดตั้งป้ายเตือนแนวทางโค้ง										
ก.4	การติดตั้งป้ายเตือนทางโค้ง										
ก.5	การติดตั้งป้ายให้ทาง/ป้ายหยุด										
ก.6	การปรับปรุงเส้นจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
ก.7	การห้ามจอดรถ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.8	การติดตั้งรั้วกันคนเดิน										
ก.9	การติดตั้งปุ่ม/หมุดสะท้อนแสง										
ก.10	การคืนสภาพไหล่ทาง										
ก.11	การจำกัดการเชื่อมต่อ	✓						✓	✓	✓	✓
ก.12	การติดตั้งเส้นแบ่งทิศจราจร										
ก.13	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณทางแยก	✓						✓	✓	✓	✓
ก.14	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณช่วงถนน	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
ก.15	การปรับขีดจำกัดความเร็ว										
ก.16	การตรวจสอบการทำงานของสัญญาณไฟจราจร										
ก.17	การห้ามเลี้ยว										
ก.18	การติดตั้งป้ายเตือน	✓						✓	✓	✓	✓
กลุ่ม ข ค่าก่อสร้าง 150,000-600,000 บาท											
ข.1	การติดตั้งเส้นจราจรห้ามแซง	✓						✓	✓	✓	✓

ตารางที่ ข-5 มาตรการปรับปรุงกรณีชนจากความบกพร่องของผู้ขับขี่ (ต่อ)

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนจากความบกพร่องของผู้ขับขี่									
		400	401	402	403	404	405	406	407	408	409
ข.2	การติดตั้งอุปกรณ์บนทางสำหรับจักรยาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
ข.3	การขยายเขตปลอดภัย										
ข.4	การติดตั้งอุปกรณ์ซับแรงกระแทก										
ข.5	การติดตั้งป้ายบอกทิศทาง (นำทาง)										
ข.6	การปรับขอบผิวทางที่ต่างระดับ										
ข.7	การติดตั้งเส้นจราจรขอบทาง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.8	การติดตั้งป้ายนำทาง										
ข.9	การขยายขอบคันหิน	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
ข.10	การติดตั้งเกาะกลางแบบทาสี										
ข.11	การติดตั้งเกาะพักสำหรับคนข้ามถนน										
ข.12	การติดตั้งเส้นจราจรแบบสันนูน										
ข.13	การติดตั้งทางข้ามแบบยก	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
ข.14	การติดตั้งกล้องฝ่าไฟแดง										
ข.15	การเคลื่อนย้ายพุ่มไม้/ต้นไม้	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.16	การติดตั้งราวกันอันตราย										
ข.17	การเพิ่มความชัดเจนของสัญญาณไฟจราจร										
ข.18	การเพิ่มความเสียดทานของผิวจราจร										
ข.19	การประสานสัญญาณไฟจราจร										
กลุ่ม ค ค่าก่อสร้าง 600,000 ถึง 1,500,000 บาท											
ค.1	การปรับมุมจอดรถให้ขนานขอบทาง	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
ค.2	การปิดปลายของเกาะกลาง										
ค.3	การทำช่องรอเลี้ยวแบบทาสี										
ค.4	การปรับปรุงการระบายน้ำของผิวทาง										
ค.5	การติดตั้งเกาะแยกกระแสจราจร										
ค.6	การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง										
ค.7	การขยายความกว้างช่องจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
ค.8	การติดตั้งป้ายแจ้งเตือนแบบกระตุ้น										
กลุ่ม ง ค่าก่อสร้าง 1,500,000 ถึง 3,000,000 บาท											
ง.1	การรวมจุดเชื่อมต่อ	✓						✓	✓	✓	✓
ง.2	การจัดช่วงสัญญาณไฟเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวา										

ตารางที่ ข-5 มาตรการปรับปรุงกรณีชนจากความบกพร่องของผู้ขับขี่ (ต่อ)

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนจากความบกพร่องของผู้ขับขี่									
		400	401	402	403	404	405	406	407	408	409
กลุ่ม จ ค่าก่อสร้างมากกว่า 3,000,000 บาท											
จ.1	การก่อสร้างช่องจราจรเฉพาะสำหรับแซง										
จ.2	การขยายช่วงทางโค้ง										
จ.3	การก่อสร้างทางยกระดับ										
จ.4	การสร้างที่จอดรถข้างทางแบบแยกจากทางวิ่ง	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
จ.5	การติดตั้งเกาะกลางเพิ่มเติม										
จ.6	การปรับปรุงทางข้ามบริเวณทางเลี้ยว										
จ.7	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรสำหรับคนข้ามถนน										
จ.8	การปรับปรุงทางตัดรถไฟ										
จ.9	การปรับแนวทางถนน										
จ.10	การติดตั้งวงเวียน										
จ.11	การขยาย/ปูผิวไหล่ทาง	✓						✓	✓	✓	✓
จ.12	การปรับปรุงมุมช่องทางเลี้ยว										
จ.13	การทำแยกเยื้องกัน										
จ.14	การปรับปรุงการยกโค้ง										
จ.15	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร										
จ.16	การก่อสร้างช่องจราจรสำหรับเลี้ยว										

ตารางที่ ข-6 มาตรการปรับปรุงกรณีชนจากการแซง

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนจากความบกพร่องของผู้ขับขี่								
		500	501	502	503	504	505	506	507	508
กลุ่ม ก. ค่าก่อสร้างน้อยกว่า 150,000 บาท										
ก.1	การติดตั้งป้ายแนะนำความเร็ว									
ก.2	การเพิ่มเวลาสัญญาณไฟแดงทุกทิศทาง									
ก.3	การติดตั้งป้ายเตือนแนวทางโค้ง	✓	✓							
ก.4	การติดตั้งป้ายเตือนทางโค้ง	✓	✓							
ก.5	การติดตั้งป้ายให้ทาง/ป้ายหยุด									
ก.6	การปรับปรุงเส้นจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.7	การห้ามจอดรถ									
ก.8	การติดตั้งรั้วกันคนเดิน									
ก.9	การติดตั้งปุ่ม/หมุดสะท้อนแสง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ ข-6 มาตรการปรับปรุงกรณีชนจากการแซง (ต่อ)

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนจากความบกพร่องของผู้ขับขี่								
		500	501	502	503	504	505	506	507	508
ก.10	การคืนสภาพไหล่ทาง	✓	✓							
ก.11	การจำกัดการเชื่อมต่อ									
ก.12	การติดตั้งเส้นแบ่งทิศจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.13	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณทางแยก									
ก.14	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณช่วงถนน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.15	การปรับขีดจำกัดความเร็ว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.16	การตรวจสอบการทำงานของสัญญาณไฟจราจร									
ก.17	การห้ามเลี้ยว									
ก.18	การติดตั้งป้ายเตือน									
กลุ่ม ข ค่าก่อสร้าง 150,000-600,000 บาท										
ข.1	การติดตั้งเส้นจราจรห้ามแซง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.2	การติดตั้งอุปกรณ์บนทางสำหรับจักรยาน									
ข.3	การขยายเขตปลอดภัย	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.4	การติดตั้งอุปกรณ์ซับแรงกระแทก									
ข.5	การติดตั้งป้ายบอกทิศทาง (นำทาง)									
ข.6	การปรับขอบผิวทางที่ต่างระดับ	✓	✓							
ข.7	การติดตั้งเส้นจราจรขอบทาง	✓	✓							
ข.8	การติดตั้งป้ายนำทาง	✓	✓							
ข.9	การขยายขอบคันหิน									
ข.10	การติดตั้งเกาะกลางแบบทาสี	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.11	การติดตั้งเกาะพักสำหรับคนข้ามถนน									
ข.12	การติดตั้งเส้นจราจรแบบสันนูน	✓	✓							
ข.13	การติดตั้งทางข้ามแบบยก									
ข.14	การติดตั้งกล้องฝ่าไฟแดง									
ข.15	การเคลื่อนย้ายพุ่มไม้/ต้นไม้	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.16	การติดตั้งราวกันอันตราย	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.17	การเพิ่มความชัดเจนของสัญญาณไฟจราจร									
ข.18	การเพิ่มความเสียดทานของผิวจราจร									
ข.19	การประสานสัญญาณไฟจราจร									

ตารางที่ ข-6 มาตรการปรับปรุงกรณีชนจากการแซง (ต่อ)

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนจากความบกพร่องของผู้ขับขี่								
		500	501	502	503	504	505	506	507	508
กลุ่ม ค ค่าก่อสร้าง 600,000 ถึง 1,500,000 บาท										
ค.1	การปรับมุมจอดรถให้ขนานขอบทาง									
ค.2	การปิดปลายของเกาะกลาง									
ค.3	การทำช่องรอเลี้ยวแบบทาสี									
ค.4	การปรับปรุงการระบายน้ำของผิวทาง	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ค.5	การติดตั้งเกาะแยกกระแสจราจร	✓	✓							
ค.6	การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง	✓	✓							
ค.7	การขยายความกว้างช่องจราจร	✓	✓							
ค.8	การติดตั้งป้ายแจ้งเตือนแบบกระตุ้น									
กลุ่ม ง ค่าก่อสร้าง 1,500,000 ถึง 3,000,000 บาท										
ง.1	การรวมจุดเชื่อมต่อ									
ง.2	การจัดช่วงสัญญาณไฟเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวา									
กลุ่ม จ ค่าก่อสร้างมากกว่า 3,000,000 บาท										
จ.1	การก่อสร้างช่องจราจรเฉพาะสำหรับแซง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.2	การขยายช่วงทางโค้ง									
จ.3	การก่อสร้างทางยกระดับ									
จ.4	การสร้างที่จอดรถข้างทางแบบแยกจากทางวิ่ง									
จ.5	การติดตั้งเกาะกลางเพิ่มเติม	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.6	การปรับปรุงทางข้ามบริเวณทางเลี้ยว									
จ.7	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรสำหรับคนข้ามถนน									
จ.8	การปรับปรุงทางตัดรถไฟ									
จ.9	การปรับแนวทางถนน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.10	การติดตั้งวงเวียน									
จ.11	การขยาย/ปูผิวไหล่ทาง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.12	การปรับปรุงมุมช่องทางเลี้ยว									
จ.13	การทำแยกเยื้องกัน									
จ.14	การปรับปรุงการยกโค้ง									
จ.15	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร									
จ.16	การก่อสร้างช่องจราจรสำหรับเลี้ยว									

ตารางที่ ข-7 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบนทาง

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนบนทาง									
		600	601	602	603	604	605	606	607	608	609
กลุ่ม ก. ค่าก่อสร้างน้อยกว่า 150,000 บาท											
ก.1	การติดตั้งป้ายแนะนำความเร็ว										
ก.2	การเพิ่มเวลาสัญญาณไฟแดงทุกทิศทาง										
ก.3	การติดตั้งป้ายเตือนแนวทางโค้ง										
ก.4	การติดตั้งป้ายเตือนทางโค้ง										
ก.5	การติดตั้งป้ายให้ทาง/ป้ายหยุด										
ก.6	การปรับปรุงเส้นจราจร	✓	✓	✓	✓			✓			
ก.7	การห้ามจอดรถ	✓	✓	✓	✓			✓			
ก.8	การติดตั้งรั้วกันคนเดิน										
ก.9	การติดตั้งปุ่ม/หมุดสะท้อนแสง										
ก.10	การคืนสภาพไหล่ทาง	✓							✓		
ก.11	การจำกัดการเชื่อมต่อ										
ก.12	การติดตั้งเส้นแบ่งทิศจราจร										
ก.13	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณทางแยก										
ก.14	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณช่วงถนน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
ก.15	การปรับขีดจำกัดความเร็ว										
ก.16	การตรวจสอบการทำงานของสัญญาณไฟจราจร										
ก.17	การห้ามเลี้ยว										
ก.18	การติดตั้งป้ายเตือน	✓							✓		
กลุ่ม ข ค่าก่อสร้าง 150,000-600,000 บาท											
ข.1	การติดตั้งเส้นจราจรห้ามแซง										
ข.2	การติดตั้งอุปกรณ์บนทางสำหรับจักรยาน	✓	✓	✓	✓			✓			
ข.3	การขยายเขตปลอดภัย	✓							✓		
ข.4	การติดตั้งอุปกรณ์ซับแรงกระแทก	✓				✓	✓				
ข.5	การติดตั้งป้ายบอกทิศทาง (นำทาง)										
ข.6	การปรับขอบผิวทางที่ต่างระดับ	✓							✓		
ข.7	การติดตั้งเส้นจราจรขอบทาง	✓	✓	✓	✓			✓			
ข.8	การติดตั้งป้ายนำทาง										
ข.9	การขยายขอบคันหิน	✓	✓	✓	✓			✓			
ข.10	การติดตั้งเกาะกลางแบบทาสี										
ข.11	การติดตั้งเกาะพักสำหรับคนข้ามถนน										

ตารางที่ ข-7 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบนทาง (ต่อ)

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนบนทาง									
		600	601	602	603	604	605	606	607	608	609
ข.12	การติดตั้งเส้นจราจรแบบสันนูน										
ข.13	การติดตั้งทางข้ามแบบยก	✓	✓	✓	✓			✓			
ข.14	การติดตั้งกล้องฝ่าไฟแดง										
ข.15	การเคลื่อนย้ายพุ่มไม้/ต้นไม้	✓	✓	✓	✓			✓			
ข.16	การติดตั้งราวกันอันตราย										
ข.17	การเพิ่มความชัดเจนของสัญญาณไฟจราจร										
ข.18	การเพิ่มความเสียดทานของผิวจราจร	✓							✓		
ข.19	การประสานสัญญาณไฟจราจร										
กลุ่ม ค ค่าก่อสร้าง 600,000 ถึง 1,500,000 บาท											
ค.1	การปรับมุมจอดรถให้ขนานขอบทาง	✓	✓	✓	✓			✓			
ค.2	การปิดปลายของเกาะกลาง										
ค.3	การทำช่องรอเลี้ยวแบบทาสี										
ค.4	การปรับปรุงการระบายน้ำของผิวทาง										
ค.5	การติดตั้งเกาะแยกกระแสจราจร										
ค.6	การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง	✓				✓	✓				
ค.7	การขยายความกว้างช่องจราจร	✓	✓	✓	✓			✓			
ค.8	การติดตั้งป้ายแจ้งเตือนแบบกระตุ้น										
กลุ่ม ง ค่าก่อสร้าง 1,500,000 ถึง 3,000,000 บาท											
ง.1	การรวมจุดเชื่อมต่อ										
ง.2	การจัดช่วงสัญญาณไฟเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวา										
กลุ่ม จ ค่าก่อสร้างมากกว่า 3,000,000 บาท											
จ.1	การก่อสร้างช่องจราจรเฉพาะสำหรับแซง										
จ.2	การขยายช่วงทางโค้ง										
จ.3	การก่อสร้างทางยกระดับ										
จ.4	การสร้างที่จอดรถข้างทางแบบแยกจากทางวิ่ง	✓	✓	✓	✓			✓			
จ.5	การติดตั้งเกาะกลางเพิ่มเติม										
จ.6	การปรับปรุงทางข้ามบริเวณทางเลี้ยว										
จ.7	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรสำหรับคนข้ามถนน										
จ.8	การปรับปรุงทางตัดรถไฟ										
จ.9	การปรับแนวทางถนน										
จ.10	การติดตั้งวงเวียน										

ตารางที่ ข-7 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบนทาง (ต่อ)

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนบนทาง									
		600	601	602	603	604	605	606	607	608	609
จ.11	การขยาย/ปูผิวไหล่ทาง	✓							✓		
จ.12	การปรับปรุงมุมช่องทางเลี้ยว										
จ.13	การทำแยกเยื้องกัน										
จ.14	การปรับปรุงการยกโค้ง										
จ.15	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร										
จ.16	การก่อสร้างช่องจราจรสำหรับเลี้ยว										

ตารางที่ ข-8 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบนทางตรง

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนบนทางตรง										
		700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710
กลุ่ม ก. ค่าก่อสร้างน้อยกว่า 150,000 บาท												
ก.1	การติดตั้งป้ายแนะนำความเร็ว	✓						✓	✓			
ก.2	การเพิ่มเวลาสัญญาณไฟแดงทุกทิศทาง											
ก.3	การติดตั้งป้ายเตือนแนวทางโค้ง											
ก.4	การติดตั้งป้ายเตือนทางโค้ง	✓						✓	✓			
ก.5	การติดตั้งป้ายให้ทาง/ป้ายหยุด											
ก.6	การปรับปรุงเส้นจราจร	✓						✓	✓			
ก.7	การห้ามจอดรถ											
ก.8	การติดตั้งรั้วกันคนเดิน											
ก.9	การติดตั้งปุ่ม/หมุดสะท้อนแสง	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
ก.10	การคืนสภาพไหล่ทาง	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
ก.11	การจำกัดการเชื่อมต่อ											
ก.12	การติดตั้งเส้นแบ่งทิศจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
ก.13	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณทางแยก	✓						✓	✓			
ก.14	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณช่วงถนน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.15	การปรับขีดจำกัดความเร็ว											
ก.16	การตรวจสอบการทำงานของสัญญาณไฟจราจร											
ก.17	การห้ามเลี้ยว	✓						✓	✓			
ก.18	การติดตั้งป้ายเตือน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ ข-8 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบนทางตรง (ต่อ)

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนบนทางตรง										
		700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710
กลุ่ม ข ค่าก่อสร้าง 150,000-600,000 บาท												
ข.1	การติดตั้งเส้นจราจรห้ามแซง											
ข.2	การติดตั้งอุปกรณ์บนทางสำหรับจักรยาน											
ข.3	การขยายเขตปลอดภัย	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.4	การติดตั้งอุปกรณ์ซับแรงกระแทก											
ข.5	การติดตั้งป้ายบอกทิศทาง (นำทาง)	✓						✓	✓			
ข.6	การปรับขอบผิวทางที่ต่างระดับ	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
ข.7	การติดตั้งเส้นจราจรขอบทาง	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
ข.8	การติดตั้งป้ายนำทาง	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
ข.9	การขยายขอบคันหิน											
ข.10	การติดตั้งเกาะกลางแบบทาสี											
ข.11	การติดตั้งเกาะพักสำหรับคนข้ามถนน											
ข.12	การติดตั้งเส้นจราจรแบบสันนูน	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
ข.13	การติดตั้งทางข้ามแบบยก											
ข.14	การติดตั้งกล้องฝ่าไฟแดง											
ข.15	การเคลื่อนย้ายพุ่มไม้/ต้นไม้											
ข.16	การติดตั้งราวกันอันตราย	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.17	การเพิ่มความชัดเจนของสัญญาณไฟจราจร	✓						✓	✓			
ข.18	การเพิ่มความเสียดทานของผิวจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.19	การประสานสัญญาณไฟจราจร	✓						✓	✓			
กลุ่ม ค ค่าก่อสร้าง 600,000 ถึง 1,500,000 บาท												
ค.1	การปรับมุมจอดรถให้ขนานขอบทาง											
ค.2	การปิดปลายของเกาะกลาง											
ค.3	การทำช่องรอเลี้ยวแบบทาสี	✓						✓	✓			
ค.4	การปรับปรุงการระบายน้ำของผิวทาง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ค.5	การติดตั้งเกาะแยกกระแสจราจร	✓						✓	✓			
ค.6	การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ค.7	การขยายความกว้างช่องจราจร	✓						✓	✓			
ค.8	การติดตั้งป้ายแจ้งเตือนแบบกระตุ้น	✓						✓	✓			

ตารางที่ ข-8 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบนทางตรง (ต่อ)

รหัส	มาตรการแก้ไข	กรณีชนบนทางตรง										
		700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710
กลุ่ม ง ค่าก่อสร้าง 1,500,000 ถึง 3,000,000 บาท												
ง.1	การรวมจุดเชื่อมต่อ	✓						✓	✓			
ง.2	การจัดช่วงสัญญาณไฟเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวา	✓						✓	✓			
กลุ่ม จ ค่าก่อสร้างมากกว่า 3,000,000 บาท												
จ.1	การก่อสร้างช่องจราจรเฉพาะสำหรับแซง	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
จ.2	การขยายช่วงทางโค้ง											
จ.3	การก่อสร้างทางยกระดับ											
จ.4	การสร้างที่จอดรถข้างทางแบบแยกจากทางวิ่ง											
จ.5	การติดตั้งเกาะกลางเพิ่มเติม											
จ.6	การปรับปรุงทางข้ามบริเวณทางเลี้ยว											
จ.7	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรสำหรับคนข้ามถนน											
จ.8	การปรับปรุงทางตัดรถไฟ											
จ.9	การปรับแนวทางถนน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.10	การติดตั้งวงเวียน	✓						✓	✓			
จ.11	การขยาย/ปูผิวไหล่ทาง	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
จ.12	การปรับปรุงมุมช่องทางเลี้ยว	✓						✓	✓			
จ.13	การทำแยกเยื้องกัน											
จ.14	การปรับปรุงการยกโค้ง											
จ.15	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร											
จ.16	การก่อสร้างช่องจราจรสำหรับเลี้ยว	✓						✓	✓			

ตารางที่ ข-9 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบนทางโค้ง

รหัส	มาตรการ	กรณีชนบบทางโค้ง						
		800	801	802	803	804	805	806
กลุ่ม ก. ค่าก่อสร้างน้อยกว่า 150,000 บาท								
ก.1	การติดตั้งป้ายแนะนำความเร็ว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.2	การเพิ่มเวลาสัญญาณไฟแดงทุกทิศทาง							
ก.3	การติดตั้งป้ายเตือนแนวทางโค้ง	✓	✓	✓	✓	✓		
ก.4	การติดตั้งป้ายเตือนทางโค้ง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.5	การติดตั้งป้ายให้ทาง/ป้ายหยุด							
ก.6	การปรับปรุงเส้นจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ ข-9 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบนทางโค้ง (ต่อ)

รหัส	มาตรการ	กรณีชนบบทางโค้ง						
		800	801	802	803	804	805	806
ก.7	การห้ามจอดรถ							
ก.8	การติดตั้งรั้วกันคนเดิน							
ก.9	การติดตั้งปุ่ม/หมุดสะท้อนแสง	✓	✓	✓	✓	✓		
ก.10	การคืนสภาพไหล่ทาง	✓	✓	✓	✓	✓		
ก.11	การจำกัดการเชื่อมต่อ							
ก.12	การติดตั้งเส้นแบ่งทิศจราจร	✓	✓	✓	✓	✓		
ก.13	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณทางแยก	✓					✓	✓
ก.14	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณช่วงถนน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.15	การปรับขีดจำกัดความเร็ว							
ก.16	การตรวจสอบการทำงานของสัญญาณไฟจราจร							
ก.17	การห้ามเลี้ยว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ก.18	การติดตั้งป้ายเตือน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
กลุ่ม ข ค่าก่อสร้าง 150,000-600,000 บาท								
ข.1	การติดตั้งเส้นจราจรห้ามแซง							
ข.2	การติดตั้งอุปกรณ์บนทางสำหรับจักรยาน							
ข.3	การขยายเขตปลอดภัย	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.4	การติดตั้งอุปกรณ์ซับแรงกระแทก	✓	✓	✓	✓	✓		
ข.5	การติดตั้งป้ายบอกทิศทาง (นำทาง)	✓					✓	✓
ข.6	การปรับขอบผิวทางที่ต่างระดับ	✓	✓	✓	✓	✓		
ข.7	การติดตั้งเส้นจราจรขอบทาง	✓	✓	✓	✓	✓		
ข.8	การติดตั้งป้ายนำทาง	✓	✓	✓	✓	✓		
ข.9	การขยายขอบคันหิน							
ข.10	การติดตั้งเกาะกลางแบบทาสี							
ข.11	การติดตั้งเกาะพักสำหรับคนข้ามถนน							
ข.12	การติดตั้งเส้นจราจรแบบสันนูน							
ข.13	การติดตั้งทางข้ามแบบยก							
ข.14	การติดตั้งกล้องฝ่าไฟแดง							
ข.15	การเคลื่อนย้ายพุ่มไม้/ต้นไม้	✓	✓	✓	✓	✓		
ข.16	การติดตั้งราวกันอันตราย	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ข.17	การเพิ่มความชัดเจนของสัญญาณไฟจราจร	✓					✓	✓
ข.18	การเพิ่มความเสียดทานของผิวจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ ข-9 มาตรการปรับปรุงกรณีชนบนทางโค้ง (ต่อ)

รหัส	มาตรการ	กรณีชนบบทางโค้ง						
		800	801	802	803	804	805	806
ข.19	การประสานสัญญาณไฟจราจร	✓					✓	✓
กลุ่ม ค ค่าก่อสร้าง 600,000 ถึง 1,500,000 บาท								
ค.1	การปรับมุมจอดรถให้ขนานขอบทาง							
ค.2	การปิดปลายของเกาะกลาง							
ค.3	การทำช่องรอเลี้ยวแบบทาสี	✓					✓	✓
ค.4	การปรับปรุงการระบายน้ำของผิวทาง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ค.5	การติดตั้งเกาะแยกกระแสจราจร	✓					✓	✓
ค.6	การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง	✓					✓	✓
ค.7	การขยายความกว้างช่องจราจร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ค.8	การติดตั้งป้ายแจ้งเตือนแบบกระตุ้น	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
กลุ่ม ง ค่าก่อสร้าง 1,500,000 ถึง 3,000,000 บาท								
ง.1	การรวมจุดเชื่อมต่อ	✓					✓	✓
ง.2	การจัดช่วงสัญญาณไฟเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวา	✓					✓	✓
กลุ่ม จ ค่าก่อสร้างมากกว่า 3,000,000 บาท								
จ.1	การก่อสร้างช่องจราจรเฉพาะสำหรับแซง							
จ.2	การขยายช่วงทางโค้ง	✓	✓	✓	✓	✓		
จ.3	การก่อสร้างทางยกระดับ							
จ.4	การสร้างที่จอดรถข้างทางแบบแยกจากทางวิ่ง							
จ.5	การติดตั้งเกาะกลางเพิ่มเติม							
จ.6	การปรับปรุงทางข้ามบริเวณทางเลี้ยว							
จ.7	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรสำหรับคนข้ามถนน							
จ.8	การปรับปรุงทางตัดรถไฟ							
จ.9	การปรับแนวทางถนน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
จ.10	การติดตั้งวงเวียน	✓					✓	✓
จ.11	การขยาย/ปูผิวไหล่ทาง	✓	✓	✓	✓	✓		
จ.12	การปรับปรุงมุมช่องทางเลี้ยว	✓					✓	✓
จ.13	การทำแยกเยื้องกัน							
จ.14	การปรับปรุงการยกโค้ง	✓	✓	✓	✓	✓		
จ.15	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร							
จ.16	การก่อสร้างช่องจราจรสำหรับเลี้ยว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ ข-10 มาตรการปรับปรุงกรณีอื่น

รหัส	มาตรการ	กรณีอุบัติเหตุอื่น ๆ							
		900	901	902	903	904	905	906	907
กลุ่ม ก. ค่าก่อสร้างน้อยกว่า 150,000 บาท									
ก.1	การติดตั้งป้ายแนะนำความเร็ว								
ก.2	การเพิ่มเวลาสัญญาณไฟแดงทุกทิศทาง								
ก.3	การติดตั้งป้ายเตือนแนวทางโค้ง								
ก.4	การติดตั้งป้ายเตือนทางโค้ง								
ก.5	การติดตั้งป้ายให้ทาง/ป้ายหยุด								
ก.6	การปรับปรุงเส้นจราจร			✓					
ก.7	การห้ามจอดรถ								
ก.8	การติดตั้งรั้วกันคนเดิน								
ก.9	การติดตั้งปุ่ม/หมุดสะท้อนแสง								
ก.10	การคืนสภาพไหล่ทาง								
ก.11	การจำกัดการเชื่อมต่อ								
ก.12	การติดตั้งเส้นแบ่งทิศจราจร								
ก.13	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณทางแยก			✓					
ก.14	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณช่วงถนน								
ก.15	การปรับขีดจำกัดความเร็ว								
ก.16	การตรวจสอบการทำงานของสัญญาณไฟจราจร			✓					
ก.17	การห้ามเลี้ยว								
ก.18	การติดตั้งป้ายเตือน			✓					
กลุ่ม ข ค่าก่อสร้าง 150,000-600,000 บาท									
ข.1	การติดตั้งเส้นจราจรห้ามแซง								
ข.2	การติดตั้งอุปกรณ์บนทางสำหรับจักรยาน								
ข.3	การขยายเขตปลอดภัย								
ข.4	การติดตั้งอุปกรณ์ซับแรงกระแทก								
ข.5	การติดตั้งป้ายบอกทิศทาง (นำทาง)								
ข.6	การปรับขอบผิวทางที่ต่างระดับ								
ข.7	การติดตั้งเส้นจราจรขอบทาง								
ข.8	การติดตั้งป้ายนำทาง								
ข.9	การขยายขอบคันหิน								
ข.10	การติดตั้งเกาะกลางแบบทาสี								
ข.11	การติดตั้งเกาะพักสำหรับคนข้ามถนน								

ตารางที่ ข-10 มาตรการปรับปรุงกรณีอื่น (ต่อ)

รหัส	มาตรการ	กรณีอุบัติเหตุอื่น ๆ							
		900	901	902	903	904	905	906	907
ข.12	การติดตั้งเส้นจราจรแบบสันนูน								
ข.13	การติดตั้งทางข้ามแบบยก								
ข.14	การติดตั้งกล้องฝ่าไฟแดง								
ข.15	การเคลื่อนย้ายพุ่มไม้/ต้นไม้								
ข.16	การติดตั้งราวกันอันตราย								
ข.17	การเพิ่มความชัดเจนของสัญญาณไฟจราจร								
ข.18	การเพิ่มความเสียดทานของผิวจราจร			✓					
ข.19	การประสานสัญญาณไฟจราจร			✓					
กลุ่ม ค ค่าก่อสร้าง 600,000 ถึง 1,500,000 บาท									
ค.1	การปรับมุมจอดรถให้ขนานขอบทาง								
ค.2	การปิดปลายของเกาะกลาง								
ค.3	การทำช่องรอเลี้ยวแบบทาสี								
ค.4	การปรับปรุงการระบายน้ำของผิวทาง								
ค.5	การติดตั้งเกาะแยกกระแสจราจร								
ค.6	การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง								
ค.7	การขยายความกว้างช่องจราจร								
ค.8	การติดตั้งป้ายแจ้งเตือนแบบกระตุ้น			✓					
กลุ่ม ง ค่าก่อสร้าง 1,500,000 ถึง 3,000,000 บาท									
ง.1	การรวมจุดเชื่อมต่อ								
ง.2	การจัดช่วงสัญญาณไฟเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวา								
กลุ่ม จ ค่าก่อสร้างมากกว่า 3,000,000 บาท									
จ.1	การก่อสร้างช่องจราจรเฉพาะสำหรับแซง								
จ.2	การขยายช่วงทางโค้ง								
จ.3	การก่อสร้างทางยกระดับ								
จ.4	การสร้างที่จอดรถข้างทางแบบแยกจากทางวิ่ง								
จ.5	การติดตั้งเกาะกลางเพิ่มเติม								
จ.6	การปรับปรุงทางข้ามบริเวณทางเลี้ยว								
จ.7	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรสำหรับคนข้ามถนน								
จ.8	การปรับปรุงทางตัดรถไฟ			✓					
จ.9	การปรับแนวทางถนน								
จ.10	การติดตั้งวงเวียน								

ตารางที่ ข-10 มาตรการปรับปรุงกรณีอื่น (ต่อ)

รหัส	มาตรการ	กรณีอุบัติเหตุอื่น ๆ							
		900	901	902	903	904	905	906	907
จ.11	การขยาย/ปูผิวไหล่ทาง								
จ.12	การปรับปรุงมุมช่องทางเลี้ยว								
จ.13	การทำแยกเยื้องกัน								
จ.14	การปรับปรุงการยกโค้ง								
จ.15	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร								
จ.16	การก่อสร้างช่องจราจรสำหรับเลี้ยว								

ที่มา: ปรับปรุงจาก Austroads Road Safety Engineering Toolkit, Austroads.

ภาคผนวก ข-2 ประสิทธิผลของมาตรการแก้ไขบริเวณอันตราย

ตารางที่ ข-11 ร้อยละการลดลงของมาตรการปรับปรุง

ลำดับ	มาตรการปรับปรุง	ร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุ
กลุ่ม ก. ค่าก่อสร้างน้อยกว่า 150,000 บาท		
ก.1	การติดตั้งป้ายแนะนำความเร็ว	40%
ก.2	การเพิ่มเวลาสัญญาณไฟแดงทุกทิศทาง	ไม่มีผลการศึกษา
ก.3	การติดตั้งป้ายเตือนแนวทางโค้ง	25%
ก.4	การติดตั้งป้ายเตือนทางโค้ง	25%
ก.5	การติดตั้งป้ายให้ทาง/ป้ายหยุด	25% ติดตั้งป้ายให้ทาง 15% ติดตั้งป้ายหยุดบริเวณสามแยก 30% ติดตั้งป้ายหยุดบริเวณสี่แยก
ก.6	การปรับปรุงเส้นจราจร	ขึ้นอยู่กับประเภทของเส้นจราจร
ก.7	การห้ามจอดรถ	20%
ก.8	การติดตั้งรั้วกันคนเดิน	20%
ก.9	การติดตั้งปุ่ม/หมุดสะท้อนแสง	5%
ก.10	การคืนสภาพไหล่ทาง	25%
ก.11	การจำกัดการเชื่อมต่อ	ขึ้นอยู่กับจำนวนและประเภทของทางเชื่อม
ก.12	การติดตั้งเส้นแบ่งทิศจราจร	20% เส้นกลางถนน 30% เส้นขอบและเส้นกลางถนน
ก.13	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณทางแยก	30%
ก.14	การปรับปรุงระยะมองเห็นบริเวณช่วงถนน	30%
ก.15	การปรับขีดจำกัดความเร็ว	20% ไม่มีมาตรการก่อนหน้า 15% ลดความเร็วจาก 100 กม./ชม. เป็น 80 กม./ชม. 20% ลดความเร็วจาก 80 กม./ชม. เป็น 60 กม./ชม. 20% ลดความเร็วจาก 60 กม./ชม. เป็น 50 กม./ชม.
ก.16	การตรวจสอบการทำงานของสัญญาณไฟจราจร	55% ปรับเปลี่ยนลำดับหรือระยะสัญญาณไฟจราจร
ก.17	การห้ามเลี้ยว	60% ติดตั้งป้ายห้ามเลี้ยวหรือห้ามกลับรถ
ก.18	การติดตั้งป้ายเตือน	40% สำหรับป้ายเตือนความเร็ว 25% สำหรับป้ายเตือนทางโค้ง 30% สำหรับป้ายเตือนสะพาน 15% สำหรับป้ายแนะนำ 20% สำหรับป้ายข้อความ 35% สำหรับป้ายเตือนแบบกระตุ้น

ตารางที่ ข-11 ร้อยละการลดลงของมาตรการปรับปรุง (ต่อ)

ลำดับ	มาตรการปรับปรุง	ร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุ
กลุ่ม ข ค่าก่อสร้าง 150,000-600,000 บาท		
ข.1	การติดตั้งเส้นจราจรห้ามแซง	35%
ข.2	การติดตั้งอุปกรณ์บนทางสำหรับจักรยาน	30% สำหรับแบ่งช่องจราจรรถจักรยานยนต์
ข.3	การขยายเขตปลอดภัยข้างทาง	24% สำหรับความกว้าง 2-4 เมตร 49% สำหรับความกว้าง 4-8 เมตร 54% สำหรับความกว้าง >8 เมตร
ข.4	การติดตั้งอุปกรณ์ซับแรงกระแทก	50%
ข.5	การติดตั้งป้ายบอกทิศทาง (นำทาง)	15%
ข.6	การปรับขอบผิวทางที่ต่างระดับ	ไม่มีผลการศึกษา
ข.7	การติดตั้งเส้นจราจรขอบทาง	10% สำหรับเส้นขอบทาง
ข.8	การติดตั้งป้ายนำทาง	5%
ข.9	การขยายขอบคันหิน	30-50% สำหรับกรณีอุบัติเหตุคนเดินเท้า
ข.10	การติดตั้งเกาะกลางแบบทาสี	15%
ข.11	การติดตั้งเกาะพักสำหรับคนข้ามถนน	45% สำหรับกรณีอุบัติเหตุคนเดินเท้า
ข.12	การติดตั้งเส้นจราจรแบบสันนูน	20% สำหรับเส้นขอบทาง 15% สำหรับเส้นกึ่งกลาง
ข.13	การติดตั้งทางข้ามแบบยก	20% สำหรับกรณีอุบัติเหตุคนเดินเท้า
ข.14	การติดตั้งกล้องฝ่าไฟแดง	5%
ข.15	การเคลื่อนย้ายพุ่มไม้/ต้นไม้	ขึ้นอยู่กับการปรับปรุง หรืออาจอ้างอิงจากมาตรการเพิ่มระยะการมองเห็น
ข.16	การติดตั้งราวกันอันตราย	35% - ติดตั้งใหม่ 32% - เปลี่ยนเป็นวัสดุที่นิ่มขึ้น 79% - ราวกันอันตรายเหล็ก (ถนนชนบท) 86% - ราวกันอันตรายเหล็ก (ถนนในเมือง) 70% - เกาะกลางกันอันตรายเหล็ก (ถนนที่ไม่มีเกาะกลาง)
ข.17	การเพิ่มความชัดเจนของสัญญาณไฟจราจร	35% ติดตั้งใหม่แบบแขวนสูง 5% - ติดตั้งขนาดใหญ่ขึ้น
ข.18	การเพิ่มความเสียดทานของผิวจราจร	35%
ข.19	การประสานสัญญาณไฟจราจร	15%

ตารางที่ ข-11 ร้อยละการลดลงของมาตรการปรับปรุง (ต่อ)

ลำดับ	มาตรการปรับปรุง	ร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุ
กลุ่ม ค ค่าก่อสร้าง 600,000 ถึง 1,500,000 บาท		
ค.1	การปรับมุมจอดรถให้ขนานขอบทาง	40%
ค.2	การปิดปลายของเกาะกลาง	53%
ค.3	การทำช่องรอเลี้ยวแบบทาสี	30% สำหรับช่องเลี้ยวขวา (ทาสี) 20% สำหรับช่องเลี้ยวซ้าย (ทุกประเภท)
ค.4	การปรับปรุงการระบายน้ำของผิวทาง	32%
ค.5	การติดตั้งเกาะแยกกระแสจราจร	30% ติดตั้งเกาะแบ่งช่องจราจร (channelization) 30% ติดตั้งเกาะแยกกระแสจราจร (พื้นที่ทั่วไป) 35% ติดตั้งเกาะแยกกระแสจราจร (ในเขตเมือง) 15% ติดตั้งเกาะแบบข้ามได้ (mountable) 25% ติดตั้งเกาะกลางแบบข้ามไม่ได้
ค.6	การติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง	35% 35% 50% ติดตั้งบริเวณทางแยก 40% ติดตั้งบริเวณช่วงถนน 30% ติดตั้งบริเวณทางแยกในชนบท 30% ติดตั้งในเขตเมือง 30% ติดตั้งบริเวณทางแยกในเขตเมือง 50% ติดตั้งบริเวณทางมอเตอร์เวย์และทางด่วน 60% ติดตั้งบริเวณทางตัดรถไฟ
ค.7	การขยายความกว้างช่องจราจร	13% ขยายจาก 2.7 เมตร เป็น 3.0 เมตร 19% ขยายจาก 3.0 เมตร เป็น 3.3 เมตร 5% ขยายจาก 3.3 เมตร เป็น 3.6 เมตร
ค.8	การติดตั้งป้ายแจ้งเตือนแบบกระตุ้น	35%
กลุ่ม ง ค่าก่อสร้าง 1,500,000 ถึง 3,000,000 บาท		
ง.1	การรวมจุดเชื่อมต่อ	ไม่มีผลการศึกษา
ง.2	การจัดช่วงสัญญาณไฟเฉพาะสำหรับรถเลี้ยวขวา	35% สำหรับอุบัติเหตุทุกประเภท 60% สำหรับอุบัติเหตุรถทางตรงชนรถเลี้ยวขวา 45% สำหรับอุบัติเหตุรถในทิศทางใกล้กันชนกัน 10% สำหรับควบคุมการเลี้ยวขวาบางส่วน 70% สำหรับควบคุมการเลี้ยวขวาทั้งหมด

ตารางที่ ข-11 ร้อยละการลดลงของมาตรการปรับปรุง (ต่อ)

ลำดับ	มาตรการปรับปรุง	ร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุ
กลุ่ม จ ค่าก่อสร้างมากกว่า 3,000,000 บาท		
จ.1	การก่อสร้างช่องจราจรเฉพาะสำหรับแซง	25%
จ.2	การขยายช่วงทางโค้ง	17% กรณีอุบัติเหตุทั่วไป 44% กรณีอุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิต 40% กรณีอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บสาหัส
จ.3	การก่อสร้างทางยกระดับ	55% สำหรับทางยกระดับ ทางสี่แยก 20% สำหรับทางยกระดับ ทางสามแยก
จ.4	การสร้างที่จอดรถข้างทางแบบแยกจากทางวิ่ง	22% กรณีอุบัติเหตุทั่วไป 20% กรณีอุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิต
จ.5	การติดตั้งเกาะกลางเพิ่มเติม	15% สำหรับเกาะกล่งแบบทาสี 45% สำหรับเกาะกายภาพในเขตเมือง 55% สำหรับเกาะกายภาพในเขตชนบท
จ.6	การปรับปรุงทางข้ามบริเวณทางเลี้ยว	50% ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรสำหรับคนข้ามถนน
จ.7	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรสำหรับคนข้ามถนน	35% ปรับปรุงสัญญาณไฟจราจรสำหรับคนข้ามถนน 50% เพิ่มสัญญาณไฟจราจรสำหรับคนข้ามถนน
จ.8	การปรับปรุงทางตัดรถไฟ	25% จากไม่มี เป็นมีป้ายเตือน 50% จากมีป้ายเตือนเป็นมีไฟกระพริบและเสียงเตือน 45% จากมีไฟกระพริบและเสียงเป็นมีราวกันอันตราย 70% จากมีป้ายเตือนเป็นมีราวกันอันตราย 45% ปรับปรุงระยะการมองเห็น
จ.9	การปรับแนวทางถนน	50% จาก <200 เมตร เป็น 200-400 เมตร 35% จาก 200-400 เมตร เป็น 400-600 เมตร 25% จาก 400-600 เมตร เป็น 600-1000 เมตร 20% จาก 600-1000 เมตร เป็น 1000-2000 เมตร 10% จาก 1000-2000 เมตร เป็น >2000 เมตร
จ.10	การติดตั้งวงเวียน	70% สำหรับวงเวียนในเขตชนบท 55% สำหรับวงเวียนในเขตเมือง 40% ปรับจาก >2 ช่องจราจร เป็น 1 ช่องจราจร
จ.11	การขยาย/ปูผิวไหล่ทาง	30% กรณีขยายไหลทางเป็นลูกรัง 0.6-1.0 m 44% กรณีขยายผิวไหล่ทาง 0.5 เมตร 72% กรณีขยายผิวไหล่ทาง 1.0 เมตร 76% กรณีขยายผิวไหล่ทาง 1.5 เมตร

ตารางที่ ข-11 ร้อยละการลดลงของมาตรการปรับปรุง (ต่อ)

ลำดับ	มาตรการปรับปรุง	ร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุ
จ.12	การปรับปรุงมุมช่องทางเลี้ยว	63% กรณี AADT <5,000 คัน/วัน/ช่อง 60% กรณี AADT >5,000 คัน/วัน/ช่อง
จ.13	การทำแยกเยื้องกัน	-35% (เพิ่มขึ้น) ทางแยกที่มีถนนสายรองมีปริมาณจราจร (<15%) ของสายหลักมาต่อเชื่อม 25% ทางแยกที่มีถนนสายรองมีปริมาณจราจร (15-30%) ของสายหลักมาต่อเชื่อม 35% ทางแยกที่มีถนนสายรองมีปริมาณจราจร (>30%) ของสายหลักมาต่อเชื่อม
จ.14	การปรับปรุงการยกโค้ง	10% สำหรับการปรับการยกโค้ง
จ.15	การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร	30% ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรใหม่
จ.16	การก่อสร้างช่องจราจรสำหรับเลี้ยว	35% ติดตั้งช่องจราจรสำหรับเลี้ยวขวา 20% ติดตั้งช่องจราจรสำหรับเลี้ยวซ้าย

ที่มา: ปรับปรุงจาก Austroads Road Safety Engineering Toolkit, Austroads.
Crash Modification Factors Clearinghouse, U.S. Department Transport, Federal Highway Administration.

ภาคผนวก ค
แบบสำรวจข้อมูลภาคสนาม

ภาคผนวก ค-1 แบบสำรวจปริมาณการจราจรบริเวณอันตราย

PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

แบบสำรวจนับปริมาณการจราจร
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วันที่สำรวจ _____

ชื่อผู้สำรวจ _____

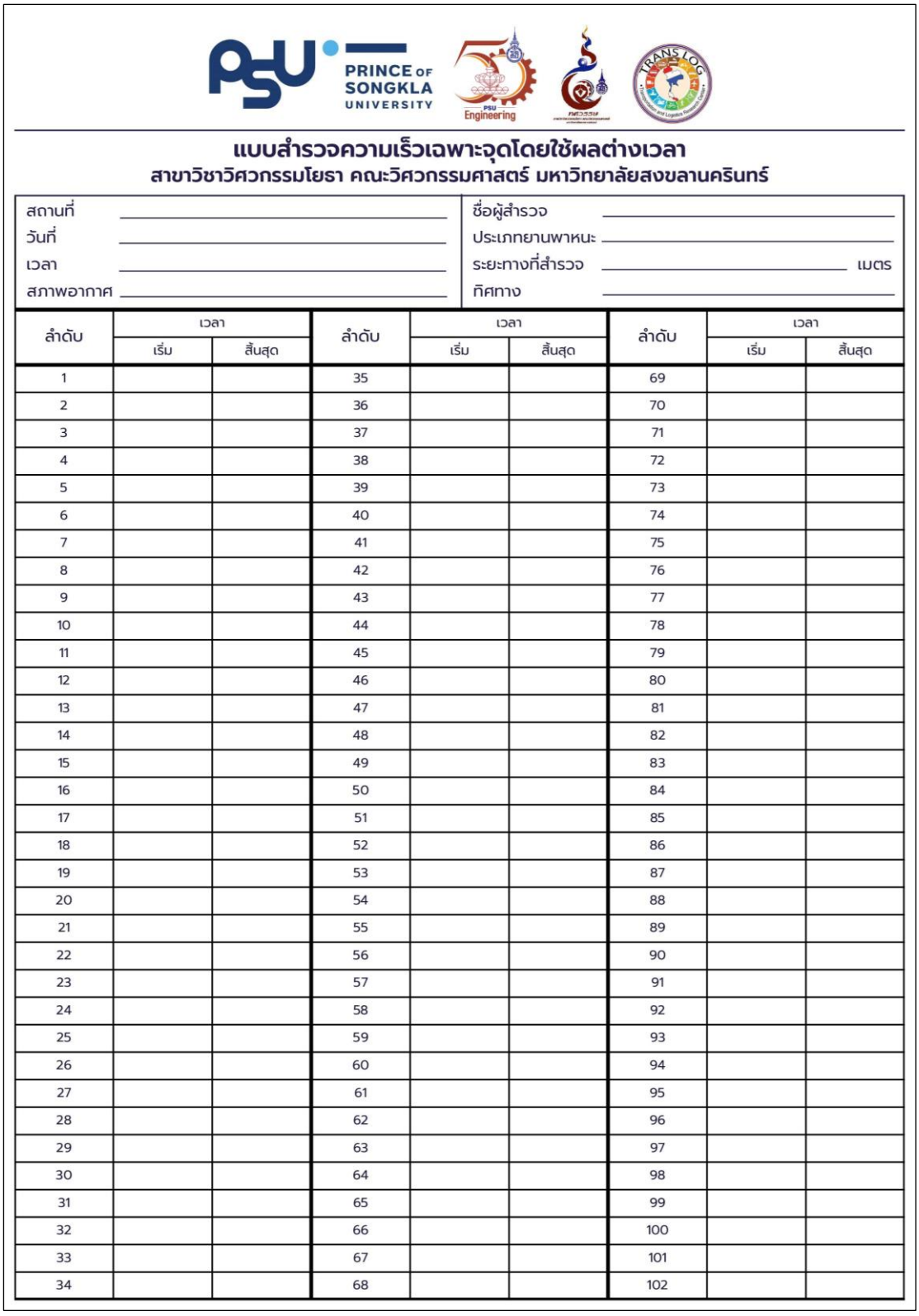
จุดสำรวจ _____

วาดรูปช่วงถนนและทิศทางการจราจรที่สำรวจ

Counter No.

ช่วงเวลา	รถจักรยาน 2-3 ล้อ	รถจักรยานยนต์ รถสามล้อเครื่อง	รถยนต์นั่ง 4 ล้อ ไม่เกิน 7 คน	รถยนต์นั่ง เกิน 7 คน	รถโดยสาร 4 ล้อ (รถกระบะสองแถว)	รถโดยสาร ขนาดกลาง (สองแถว 6 ล้อ)	รถโดยสาร ขนาดใหญ่ (รถบัส)	รถบรรทุก 4 ล้อ (รถกระบะบรรทุก)	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถบรรทุกพ่วง	รถกึ่งพ่วงและ รถเทรเลอร์	หมายเหตุ
___:00 - ___:15													
	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม
___:15 - ___:30													
	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม
___:30 - ___:45													
	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม
___:45 - ___:00													
	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม	รวม

ภาคผนวก ค-2 แบบสำรวจความเร็วเฉพาะจุดโดยใช้ผลต่างเวลา



แบบสำรวจความเร็วเฉพาะจุดโดยใช้ผลต่างเวลา

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สถานที่ _____ ชื่อผู้สำรวจ _____

วันที่ _____ ประเภทยานพาหนะ _____

เวลา _____ ระยะทางที่สำรวจ _____ เมตร

สภาพอากาศ _____ ทิศทาง _____

ลำดับ	เวลา		ลำดับ	เวลา		ลำดับ	เวลา	
	เริ่ม	สิ้นสุด		เริ่ม	สิ้นสุด		เริ่ม	สิ้นสุด
1			35			69		
2			36			70		
3			37			71		
4			38			72		
5			39			73		
6			40			74		
7			41			75		
8			42			76		
9			43			77		
10			44			78		
11			45			79		
12			46			80		
13			47			81		
14			48			82		
15			49			83		
16			50			84		
17			51			85		
18			52			86		
19			53			87		
20			54			88		
21			55			89		
22			56			90		
23			57			91		
24			58			92		
25			59			93		
26			60			94		
27			61			95		
28			62			96		
29			63			97		
30			64			98		
31			65			99		
32			66			100		
33			67			101		
34			68			102		

ภาคผนวก ค-3 แบบสำรวจความเร็วเฉพาะจุดโดยใช้ปืนวัดความเร็ว

PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

PSU Engineering

แบบสำรวจความเร็วเฉพาะจุดโดยใช้ปืนวัดความเร็ว

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สถานที่ _____ ชื่อผู้สำรวจ _____

วันที่ _____ ประเภทยานพาหนะ _____

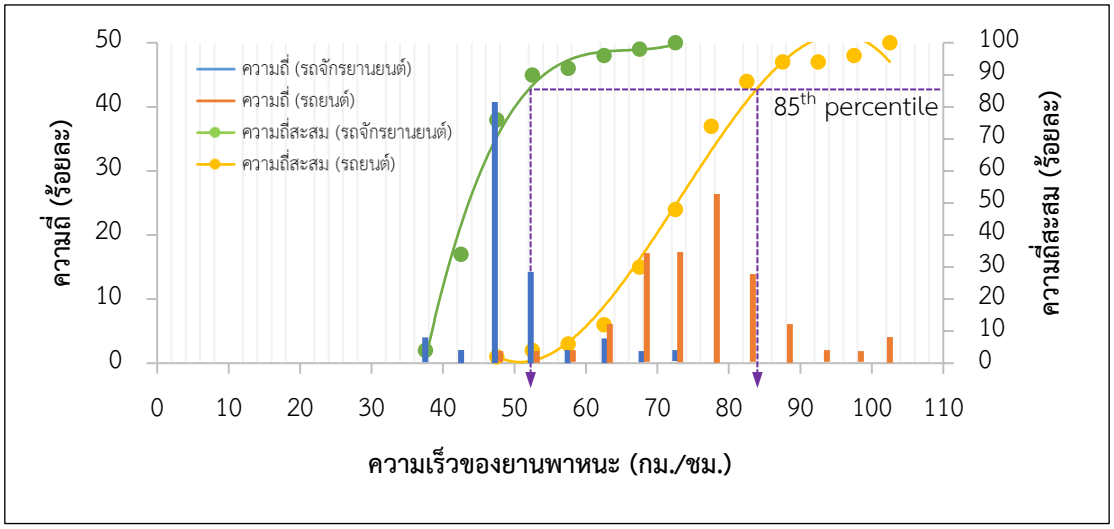
เวลา _____ ระยะทางที่สำรวจ _____ เมตร

สภาพอากาศ _____ ทิศทาง _____

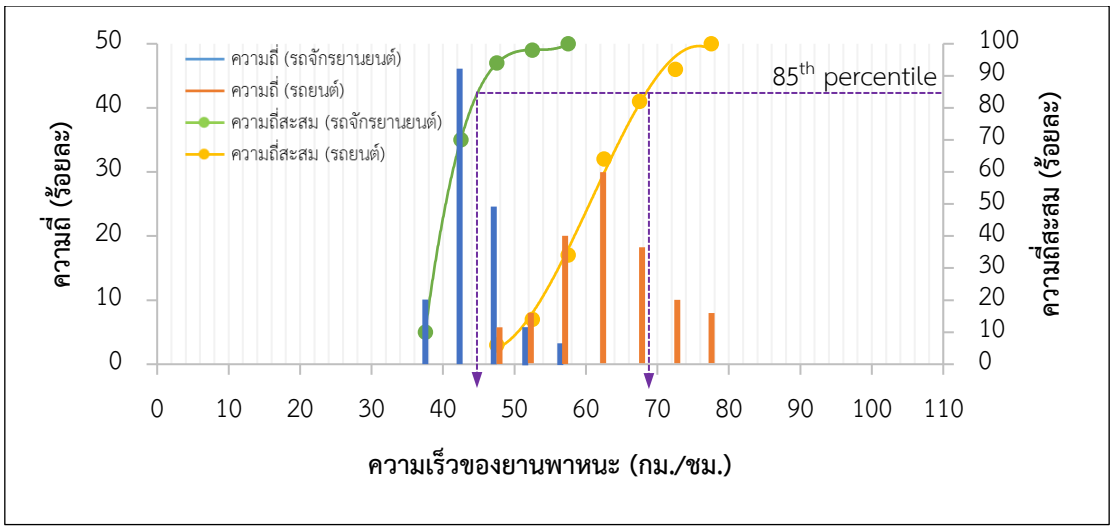
ลำดับ	ความเร็ว	ลำดับ	ความเร็ว	ลำดับ	ความเร็ว	ลำดับ	ความเร็ว	ลำดับ	ความเร็ว
1		35		69		103		1.37	
2		36		70		104		138	
3		37		71		105		139	
4		38		72		106		140	
5		39		73		107		141	
6		40		74		108		142	
7		41		75		109		143	
8		42		76		110		144	
9		43		77		111		145	
10		44		78		112		146	
11		45		79		113		147	
12		46		80		114		148	
13		47		81		115		149	
14		48		82		116		150	
15		49		83		117		151	
16		50		84		118		152	
17		51		85		119		153	
18		52		86		120		154	
19		53		87		121		155	
20		54		88		122		156	
21		55		89		123		157	
22		56		90		124		158	
23		57		91		125		159	
24		58		92		126		160	
25		59		93		127		161	
26		60		94		128		162	
27		61		95		129		163	
28		62		96		130		164	
29		63		97		131		165	
30		64		98		132		166	
31		65		99		133		167	
32		66		100		134		168	
33		67		101		135		169	
34		68		102		136		170	

ภาคผนวก ง
รายละเอียดผลการศึกษาข้อมูลภาคสนามของบริเวณอันตรายในพื้นที่ศึกษา

ภาคผนวก ง-1 ผลการศึกษาข้อมูลภาคสนามบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1



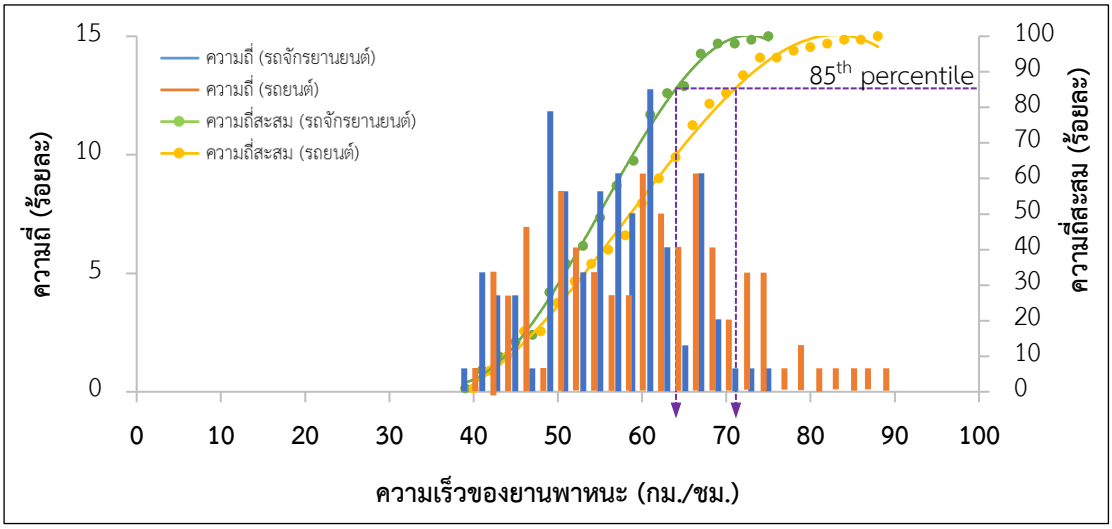
(ก.) ทิศทางมุ่งหน้าไป อ.ถลาง



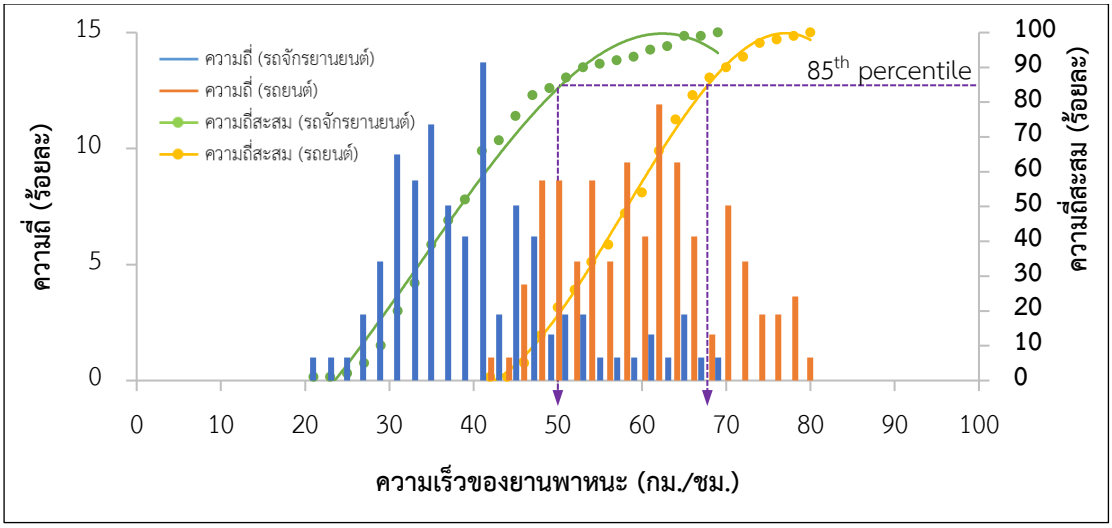
(ข.) ทิศทางมุ่งหน้าไป อ.เมืองภูเก็ต

รูปที่ ง-1 ผลการศึกษาความเร็วบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 1

ภาคผนวก ง-2 ผลการศึกษาข้อมูลภาคสนามบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2



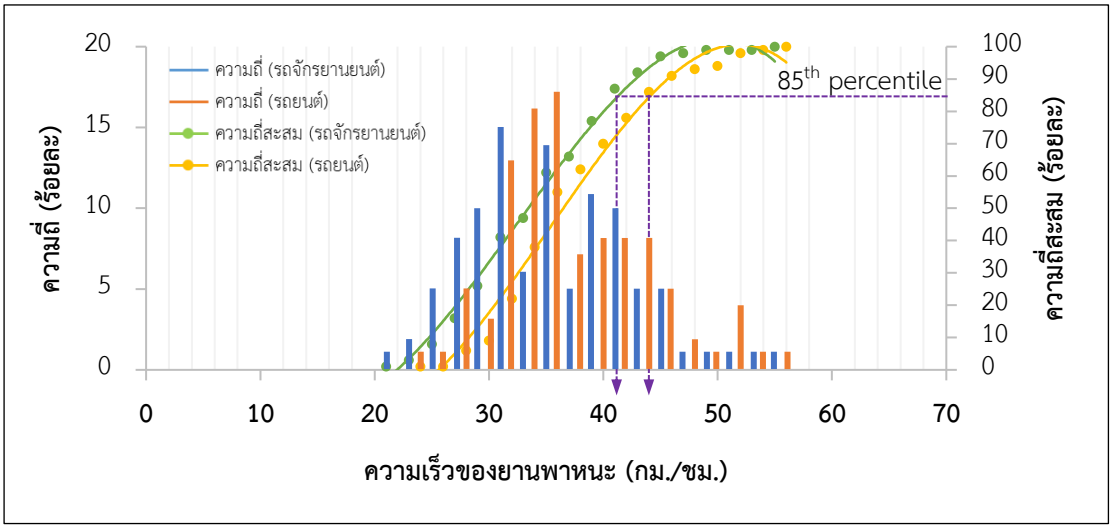
(ก.) ทิศทางมุ่งหน้าไป อ.เมืองภูเก็ต



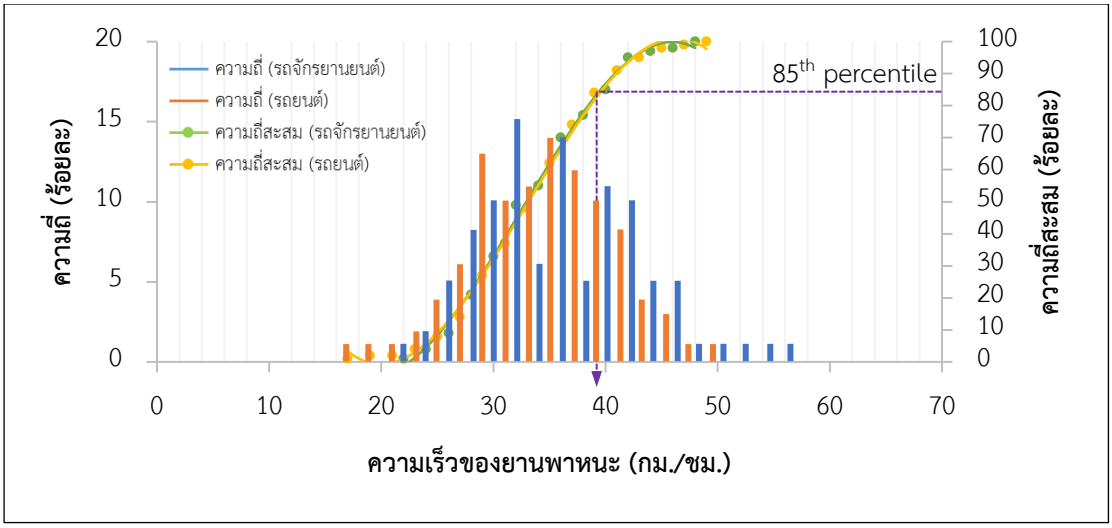
(ข.) ทิศทางมุ่งหน้าไป อ.กะทู้

รูปที่ ง-2 ผลการศึกษาความเร็วบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 2

ภาคผนวก ง-3 ผลการศึกษาข้อมูลภาคสนามบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3



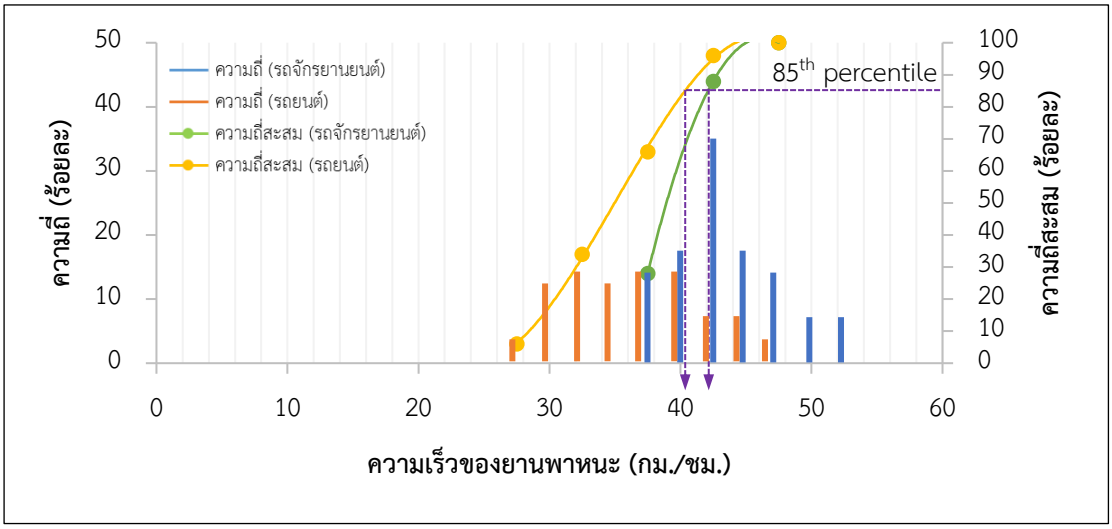
(ก.) ทิศทางมุ่งหน้าไป อ.ป่าตอง



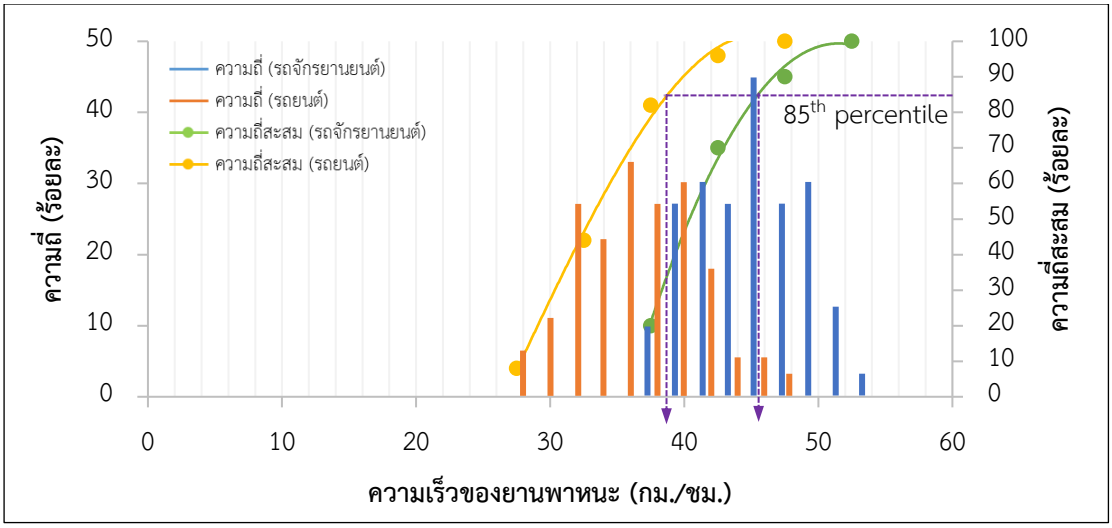
(ข.) ทิศทางมุ่งหน้าไป ต.กมลา

รูปที่ ง-3 ผลการศึกษาความเร็วบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 3

ภาคผนวก ง-4 ผลการศึกษาข้อมูลภาคสนามบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4



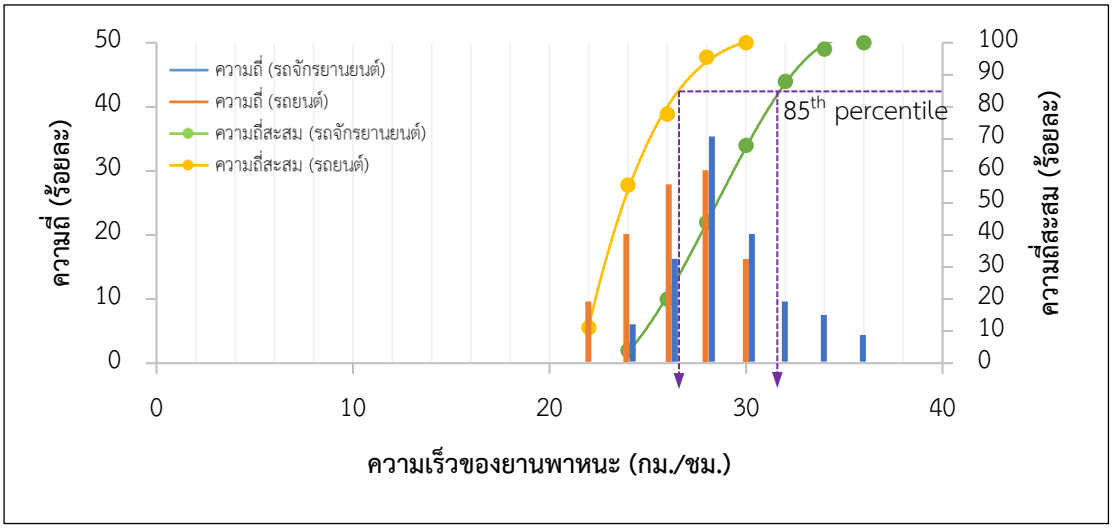
(ก.) ทิศมุ่งหน้าไป อ.กะทู้



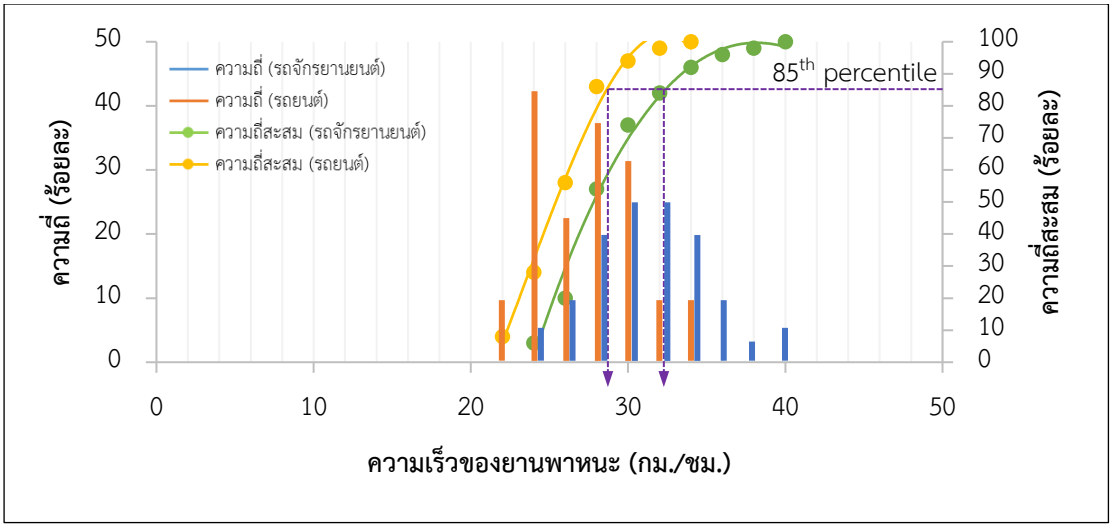
(ข.) ทิศมุ่งหน้าไป อ.เมืองภูเก็ต

รูปที่ ง-4 ผลการศึกษาความเร็วบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 4

ภาคผนวก ง-5 ผลการศึกษาข้อมูลภาคสนามบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5



(ก.) ทิศทางมุ่งหน้าไป อ.กะทู้



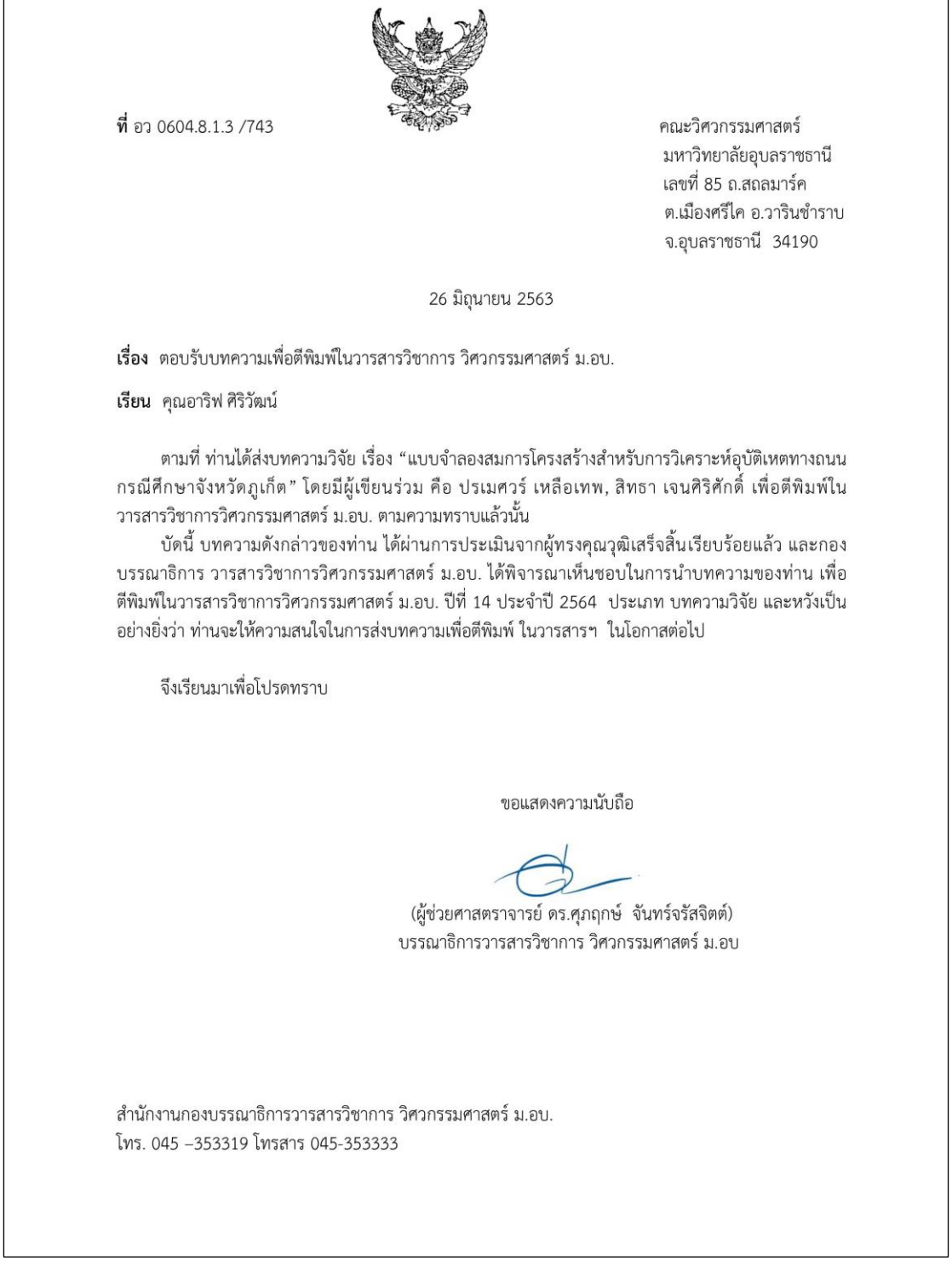
(ข.) ทิศทางมุ่งหน้าไป อ.เมืองภูเก็ต

รูปที่ ง-5 ผลการศึกษาความเร็วบริเวณอันตรายตำแหน่งที่ 5

ภาคผนวก จ
บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

ภาคผนวก จ-1 บทความที่ได้รับการตีพิมพ์

บทความได้รับการตอบรับให้ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. (UBU Engineering Journal) ดังหนังสือตอบรับข้างล่าง ส่วนรายละเอียดของบทความอยู่หน้าถัดไป



ที่ อว 0604.8.1.3 /743

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
เลขที่ 85 ถ.สถลมาร์ค
ต.เมืองศรีไค อ.วารินชำราบ
จ.อุบลราชธานี 34190

26 มิถุนายน 2563

เรื่อง ตอบรับบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.

เรียน คุณอาริฟ ศิริวัฒน์

ตามที่ ท่านได้ส่งบทความวิจัย เรื่อง "แบบจำลองสมการโครงสร้างสำหรับการวิเคราะห์อุบัติเหตุทางถนน กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต" โดยมีผู้เขียนร่วม คือ ปรเมศวร์ เหลือเทพ, สิทธา เจนศิริศักดิ์ เพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. ตามความทราบแล้วนั้น

บัดนี้ บทความดังกล่าวของท่าน ได้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว และกองบรรณาธิการ วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. ได้พิจารณาเห็นชอบในการนำบทความของท่าน เพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. ปีที่ 14 ประจำปี 2564 ประเภท บทความวิจัย และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ท่านจะให้ความสนใจในการส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ ในวารสารฯ ในโอกาสต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภฤกษ์ จันทร์จรัสจิตต์)
บรรณาธิการวารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ

สำนักงานกองบรรณาธิการวารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.
โทร. 045 –353319 โทรสาร 045-353333

วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.
UBU Engineering Journal

บทความวิจัย

แบบจำลองสมการโครงสร้างสำหรับการวิเคราะห์อุบัติเหตุทางถนน กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต

Structural Equation Modeling for Road Crash Analysis: Phuket Case Study

อาริฟ ศิริวัฒน์[1*] ปรเมศวร์ เหลือเทพ[1] สิทธา เจนศิริศักดิ์[2]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

[2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

Arif Siriwat[1*] Paramet Luathep[1] Sittha Jaensirisak[2]

[1] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkhla 90112

[2] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190

* Corresponding author.

E-mail: arifsiriwat@gmail.com; Telephone: 09 0220 1969

วันที่รับบทความ 25 มีนาคม 2563; วันแก้ไขบทความครั้งที่ 1 8 พฤษภาคม 2563; วันที่ตอบรับบทความ 26 มิถุนายน 2563

บทคัดย่อ

การจัดการอุบัติเหตุทางถนนด้วยมาตรการป้องกันที่มีประสิทธิผล ต้องทราบปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดและความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน บทความนี้ประยุกต์ใช้แบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนโดยใช้ข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ต ผลการศึกษา พบว่า ปัจจัยด้านถนน (การไม่มีอุปกรณ์เสริมความปลอดภัย ความลาดชันของถนน และถนนทางหลวง) และปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม (ถนนเปียกและสภาพอากาศไม่สดใส) ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุ (จำนวนผู้ประสบเหตุและจำนวนยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง) อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ในแง่วิธีการศึกษา บทความนี้ได้แสดงการประยุกต์ใช้แบบจำลองสมการโครงสร้างที่สามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดและความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนได้

คำสำคัญ

ความรุนแรงของการชน อุบัติเหตุทางถนน การวิเคราะห์อุบัติเหตุ แบบจำลองสมการโครงสร้าง การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน

Abstract

Managing road accidents by designed effective countermeasures needs to know factors influencing occurrence and severity of crashes. This article applies the Structural Equation Model (SEM) to identify factors affecting severity of crashes by using crash data in Phuket province, as a study area. The results show that road factors (no safety device, slope, and highway) and environmental factors (wet road surface and unclear weather) significantly affect the crash severity. Moreover, in terms of analysis method, this paper presents the application of the SEM for identifying the factors influencing the occurrence and severity of road crashes.

Keywords

Crash Severity; Road Accident; Crash Analysis; Structural Equation Model; Confirmatory Factor Analysis

1. ที่มาและความสำคัญ

อุบัติเหตุทางถนนเป็นปัญหาสำคัญที่ทุกประเทศทั่วโลกเผชิญมาเป็นเวลานาน เป็นสาเหตุของการเสียชีวิตกว่า 1.35 ล้านรายต่อปี และส่งผลต่อความสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมหาศาลโดยเฉลี่ยร้อยละ 3 ของผลิตภัณฑ์มวลรวม (GDP) [1]

ประเทศไทยซึ่งเป็นสมาชิกขององค์การสหประชาชาติ ได้มีเป้าหมายลดอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนให้ต่ำกว่า 10 คนต่อแสนประชากรภายในปี พ.ศ. 2563 [2] แต่จากรายงานความปลอดภัยทางถนนขององค์การอนามัยโลก ฉบับปี พ.ศ. 2562 กลับพบว่า ประเทศไทยยังคงมีอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนสูงถึง 32.7 คนต่อแสนประชากร (อันดับ 1 ของอาเซียนและอันดับ 9 ของโลก) [3] ซึ่งห่างจากเป้าหมายที่กำหนดไว้มาก หากยังขาดการวางแผนป้องกันและแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุทางถนนที่มีประสิทธิภาพและตรงประเด็นภายใต้งบประมาณที่จำกัด อัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนของประเทศไทย อาจไม่สามารถลดลงได้หรืออาจเพิ่มสูงขึ้นตามแนวโน้มของการใช้ยานพาหนะส่วนบุคคล [4]

แนวทางหนึ่งของการป้องกันและแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุทางถนน คือ การจัดการบริเวณอันตราย (Hazardous Location Treatment) [5] ซึ่งอาจเป็นช่วงถนนหรือทางแยกที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้งหรือมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดอุบัติเหตุ

ถึงแม้อุบัติเหตุทางถนนเป็นเหตุการณ์แบบสุ่ม แต่สำหรับบริเวณอันตราย ความบกพร่องหรือเสื่อมสภาพของปัจจัยผู้ใช้ทาง ยานพาหนะ รวมทั้งถนนและสภาพแวดล้อม ย่อมนำไปสู่การชนที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ ที่เดิมอยู่บ่อยครั้ง ดังนั้น หากทราบปัจจัยที่ทำให้เกิดและส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนบ่อยครั้ง การจัดการกับปัจจัยดังกล่าว อาจเป็นการจัดการที่มีประสิทธิภาพและสามารถขยายผลได้ในหลายพื้นที่ที่มีลักษณะปัญหาแบบเดียวกัน

วิธีการหนึ่งในการหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดและความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนทำได้โดยใช้แบบจำลองทางสถิติจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองอุบัติเหตุทางถนน พบว่า มีแบบจำลองและวิธีการวิเคราะห์ที่หลากหลาย ได้แก่ แบบจำลองการถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression Model) [6] แบบจำลองการถดถอยพัวซอง (Poisson Regression Model) [7] แบบจำลองการแจกแจงทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Model) [8] แบบจำลองเอ็มพลิคัลเบส์ (Empirical Bayesian Model) [9] และแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network Model) [10] แต่มีไม่มากที่ใช้แบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model หรือ SEM) [11]

แบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model หรือ SEM) เป็นหนึ่งเทคนิคทางสถิติที่นิยมใช้ทดสอบและประมาณค่าความสัมพันธ์เชิงเหตุผล (Casual Relationship) ของตัวแปรสังเกตได้ (Observed Variables) และตัวแปรแฝง (Latent Variables) อีกทั้งสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ครั้งละหลายความสัมพันธ์ หรือมีตัวแปรตามได้มากกว่า 1 ตัวแปร ทำให้ SEM ได้รับความนิยมจากงานวิจัยหลากหลายสาขา เพราะสามารถตอบคำถามงานวิจัยหรือวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ยากและซับซ้อนได้ รวมถึงสามารถนำแบบจำลอง SEM ไปประยุกต์ใช้อย่างมีประสิทธิภาพ [12]

บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน โดยใช้ข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนในจังหวัดภูเก็ตเป็นกรณีศึกษา เนื่องจากเป็นเมืองท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงระดับโลก มีนักท่องเที่ยวกว่า 13 ล้านคน [13] และยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ปี พ.ศ. 2562 จังหวัดภูเก็ตมีอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนสูงถึง 44 คนต่อแสนประชากร เป็นอันดับ 6 ของประเทศ [14] ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน เพื่อนำไปสู่การเสนอนโยบายและมาตรการป้องกันอุบัติเหตุทางถนนต่อไป

บทความนี้ประกอบด้วย 5 หัวข้อ หัวที่ 2 เน้นการนำเสนอหลักการของแบบจำลองสมการโครงสร้างและตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานแบบจำลองดังกล่าวกับงานวิจัยด้านความปลอดภัยทางถนน หัวข้อที่ 3 อธิบายวิธีการวิจัย หัวข้อที่ 4 นำเสนอผลการวิจัยและอภิปรายผลดังกล่าว ส่วนหัวข้อที่ 5 เน้นการสรุปผลการวิจัย

2. แบบจำลองสมการโครงสร้าง

แบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) เป็นวิธีการที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของหลายตัวแปร ทั้งที่มีอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมในเวลาเดียวกัน โดยการวิเคราะห์และตรวจสอบความสัมพันธ์ของหลายตัวแปรในรูปแบบของชุดสมการ [15, หน้า 1]

ในการวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์ของแบบจำลอง SEM จะประยุกต์ใช้วิธีการที่หลากหลายร่วมกันทั้งการวิเคราะห์อิทธิพลหรือเส้นทาง (Path Analysis) การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Covariance) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation) และการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรด้วยการวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) จึงทำให้แบบจำลอง SEM เป็นทั้งวิธีที่ใช้เพื่อหาสาเหตุหรือปัจจัยรวมถึงหาความสัมพันธ์ของชุดตัวแปร [15, หน้า 2-3]

2.1 องค์ประกอบของแบบจำลองสมการโครงสร้าง

แบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) ประกอบด้วยแบบจำลอง 2 ส่วน (ตัวอย่างดังรูปที่ 1) ประกอบด้วยแบบจำลองการวัด (Measurement Model) และแบบจำลองโครงสร้าง (Structural Model) [16, หน้า 9] จากตัวอย่างในรูปที่ 1 จะเห็นว่า SEM ประกอบด้วย แบบจำลองการวัด 2 แบบจำลอง และแบบจำลองโครงสร้าง 1 แบบจำลอง รายละเอียดของแต่ละแบบจำลองอธิบายในหัวข้อย่อยถัดไป

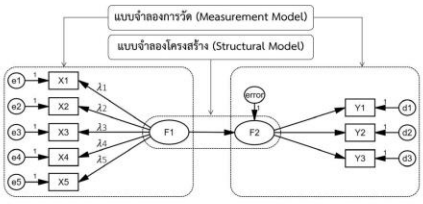
2.1.1 แบบจำลองการวัด

แบบจำลองการวัดเป็นแบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรสังเกตได้ (Observed Variables) กับตัวแปรแฝง (Latent Variables) [16, หน้า 9] จากตัวอย่างในรูปที่ 1 จะเห็นว่าแบบจำลองการวัด (ด้านซ้าย) ประกอบด้วยตัวแปรแฝงภายนอก (Exogenous Latent Variable) F_1 ซึ่งเป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรสาเหตุ และมีหน้าที่วัดค่าจากชุดตัวแปรสังเกตได้ภายนอก (Exogenous Observed Variables) **X** (X_1 ถึง X_5) ส่วน λ_1 ถึง λ_5 เป็นค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย ซึ่งเป็นค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading) ของตัวแปร X_1 ถึง X_5 ที่มีต่อตัวแปรแฝง F1 นอกจากนี้ ยังมีตัวแปรความคลาดเคลื่อน e_1 ถึง e_5 ที่วัดความคลาดเคลื่อนของตัวแปรสังเกตได้ภายนอก

ในลักษณะคล้ายกัน แบบจำลองการวัด (ด้านขวา) ระหว่างตัวแปรแฝงภายใน (Endogenous Latent Variable) F_2 กับชุดตัวแปรสังเกตได้ภายใน (Endogenous Observed Variables) **Y** (Y_1 ถึง Y_3) โดยมีตัวแปรความคลาดเคลื่อน d_1 ถึง d_3 ที่วัดความคลาดเคลื่อนของตัวแปรสังเกตได้ภายใน

2.1.2 แบบจำลองโครงสร้าง

แบบจำลองโครงสร้าง (Structural Model) เป็นแบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรแฝงภายนอกกับตัวแปรแฝงภายใน [16, หน้า 10] จากรูปที่ 1 จะเห็นว่าแบบจำลองโครงสร้างแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรแฝงภายนอก F_1 และตัวแปรแฝงภายใน F_2 โดยมีตัวแปรความคลาดเคลื่อน error ของตัวแปรแฝง F_2



รูปที่ 1 ตัวอย่างลักษณะแบบจำลองการวัดและแบบจำลองโครงสร้าง [ปรับปรุงจาก 15 หน้า 79 รูปที่ 5.3]

2.2 การวิเคราะห์ปัจจัยของแบบจำลองสมการโครงสร้าง

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ภายในแบบจำลองการวัด (Measurement Model) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลองสมการโครงสร้าง ต้องใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) โดยเทคนิคดังกล่าว แบ่งออกเป็น 2 ประเภท [15, หน้า 43] ดังนี้

1) การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA) เป็นการวิเคราะห์ที่ไม่ทราบโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ ซึ่งอาจเป็นตัวแปรหรือความสัมพันธ์ที่ยังไม่มีการศึกษาวิจัยมาก่อน

2) การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) เป็นการวิเคราะห์ที่ทราบโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้แล้ว บทความนี้ใช้การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (CFA) โดยอ้างอิงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนจากการศึกษาของ Eboli และ Mazzulla [17]

2.3 การตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลอง SEM

การตรวจสอบความสอดคล้องหรือความกลมกลืนของแบบจำลอง SEM เป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงระหว่างข้อมูลเชิงประจักษ์ (เช่น ข้อมูลอุบัติเหตุ) กับผลที่แบบจำลอง SEM คาดการณ์ไว้บนสมมติฐานของแผนภาพเส้นทาง (Path Analysis) หากผลที่ได้จากแบบจำลอง SEM สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในแบบจำลอง SEM มีลักษณะคล้ายกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังนั้น สามารถนำสมมติฐานที่กำหนดไว้ในแบบจำลอง SEM มาใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ แต่หากไม่มีความสอดคล้องกัน ต้องปรับรูปแบบความสัมพันธ์หรือสมมติฐานของแบบจำลองอีกครั้ง

ในการตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลอง SEM สามารถใช้ค่าทางสถิติที่หลากหลาย จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา [18-20] สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1 ซึ่งได้นำทุกตัวชี้วัดมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้

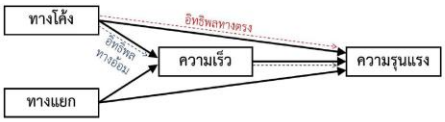
ตารางที่ 1 ค่าสถิติตรวจสอบความสอดคล้องแบบจำลอง SEM [18-20]

ค่าสถิติเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลอง	เกณฑ์ตรวจสอบ	
	ดี	พอใช้
Probability level	>0.05	-
C_{MIN}/DF (Relative Chi-Square)	<2	2.00-3.00
RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation)	<0.05	0.05-0.08
GFI (Goodness of Fit Index)	>0.95	0.90-0.95
AGFI (Adjusted Goodness of Fit Index)	>0.95	0.90-0.95
RMR (Root Mean Residual)	<0.05	0.05-0.10
IFI (Incremental Fit Index)	>0.95	0.90-0.95
NFI (Normed Fit Index)	>0.95	0.90-0.95
CFI (Comparative Fit Index)	>0.95	0.90-0.95
TLI (Tucker-Lewis Index)	>0.95	0.90-0.95
HOELTER 0.05	>200	-

2.4 อิทธิพลของตัวแปรสังเกตได้

การวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาแบบจำลอง SEM เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาอิทธิพลของตัวแปรต้นที่มีผลต่อตัวแปรตามในรูปแบบของเส้นทางอิทธิพล โดยแบ่งเป็นอิทธิพลทางตรง (Direct Effect) และอิทธิพลทางอ้อม (Indirect Effect) [15, หน้า 182-190]

รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างเส้นทางอิทธิพลของตัวแปร ทางโค้งที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุใน 2 รูปแบบ คือ 1) ส่งผลทางตรงต่อความรุนแรง (ทางโค้ง -> ความรุนแรง) และ 2) ส่งผลทางอ้อม โดยส่งผลต่อความเร็วก่อนแล้วส่งผลต่อความรุนแรง (ทางโค้ง -> ความเร็ว -> ความรุนแรง) ส่วนปัจจัยทางแยกมีเส้นทางอิทธิพลที่คล้ายกับปัจจัยทางโค้งดังอธิบาย



รูปที่ 2 ตัวอย่างอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม [ปรับปรุงจาก 15, หน้า 186]

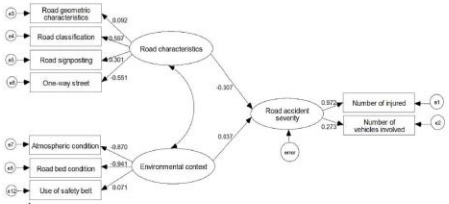
2.5 การประยุกต์ SEM กับงานด้านความปลอดภัยทางถนน

จากการทบทวนงานวิจัยในอดีต พบว่า การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SEM ในงานวิจัยด้านความปลอดภัยทางถนน ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการเดินทาง เช่น พฤติกรรมการขับขี่ภายใต้การมองเห็นที่ไม่ชัดเจน [21] พฤติกรรมการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรของผู้ขับขี่อายุน้อย [22] และพฤติกรรมความเสี่ยงของผู้ใช้รถจักรยานแต่ละเพศ [23] เป็นต้น มีบางส่วนที่ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน [17]

Eboli และ Mazzulla [17] ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน ซึ่งพบความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยที่ตัวแปรสังเกตได้ประเภทถนน (Road Classification) มีอิทธิพลมากที่สุดต่อตัวแปรแฝงลักษณะถนน (Road Characteristics) ส่วนตัวแปรสังเกตได้สภาพอากาศ (Atmospheric Condition) มีอิทธิพลมากที่สุดต่อตัวแปรแฝงสภาพแวดล้อม (Environmental Context) ซึ่งตัวแปรแฝงทั้งสองข้างต้นจะมีอิทธิพลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุ (Road Accident Severity) โดยวัดจากจำนวนผู้ประสบเหตุ (Number of injured) และจำนวนยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง (Number of vehicles involved)

งานวิจัยดังกล่าวมีอาจข้อสังเกต เนื่องจากตัวแปรสังเกตได้เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ (Qualitative Variable) ซึ่งอาจทำให้การแปลความหมายจากแบบจำลองไม่สมเหตุสมผล เนื่องจากตัวแปรเชิงคุณภาพไม่สามารถวัดค่าได้ว่ามากหรือน้อย ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ก่อนนำตัวแปรเชิงคุณภาพไปใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลอง SEM ควรกำหนดค่าตัวแปรดังกล่าวให้เป็นตัวแปรทวิภาค (Dichotomous Variable) [24]

ในงานวิจัยนี้ จึงต่อยอดการพัฒนาแบบจำลอง SEM ของ Eboli และ Mazzulla [17] เพื่ออธิบายสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน แต่ปรับการกำหนดค่าของตัวแปรสังเกตได้ภายนอกภายใต้ตัวแปรแฝงภายนอก (ปัจจัยถนน ปัจจัยสภาพแวดล้อม และปัจจัยผู้ใช้ทาง) ให้เป็นตัวแปรหุ่น (Dummy Variables) และกำหนดค่าให้เป็นแบบทวิภาค (0 หรือ 1) โดยใช้ข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนในจังหวัดภูเก็ตเป็นพื้นที่ศึกษา รายละเอียดของการพัฒนาแบบจำลอง SEM กล่าวในหัวข้อถัดไป

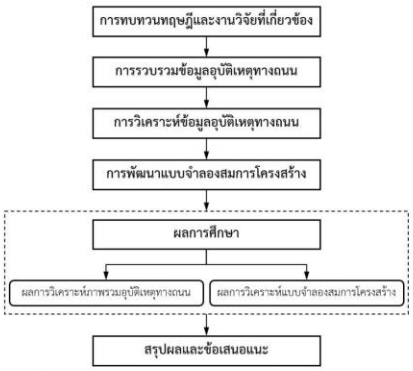


รูปที่ 3 แบบจำลอง SEM ของ Eboli และ Mazzulla [17]

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการศึกษา

งานวิจัยนี้มีขั้นตอนการศึกษาดังรูปที่ 4 ประกอบด้วย การทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ได้นำเสนอในหัวข้อที่ 2) การรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุทางถนน การวิเคราะห์ภาพรวมอุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษา การพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง ผลการศึกษา และสรุปผลรวมทั้งข้อเสนอแนะ รายละเอียดพอสังเขปของแต่ละขั้นตอนอธิบายในหัวข้อย่อยถัดไป



รูปที่ 4 ขั้นตอนการศึกษา

3.2 การรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุทางถนน

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนจากฐานข้อมูลของ ATRANS Safety Map [25] ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันหนึ่งที่มีการรวบรวมและรายงานข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนทั่วประเทศ เนื่องจากมีข้อมูลที่ค่อนข้างละเอียดและสอดคล้องกับปัจจัยที่พิจารณาในการพัฒนาแบบจำลอง SEM ของการศึกษานี้

จากสถิติจำนวนอุบัติเหตุทางถนนที่เกิดในจังหวัดภูเก็ตย้อนหลัง 3 ปี (พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2562) พบว่า มีทั้งสิ้น 23,887 ครั้ง [26] แต่อุบัติเหตุที่มีข้อมูลละเอียดและครบถ้วนมีเพียง 497 ครั้ง [25] คิดเป็นร้อยละ 2.1 ของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงความเพียงพอของขนาดตัวอย่างในการนำมาพัฒนาแบบจำลอง SEM โดยใช้สูตรของ Taro Yamane [27] และกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (e) ไว้ที่ร้อยละ 5 สามารถคำนวณขนาดตัวอย่างได้ 394 ตัวอย่าง (ครั้ง) อีกทั้งเมื่อพิจารณาการกำหนดจำนวนตัวอย่างสำหรับพัฒนาแบบจำลอง SEM ที่โดยทั่วไปควรมี 10 ถึง 20 เท่าของจำนวนตัวแปรสังเกตได้ [15, หน้า 120] ซึ่งงานวิจัยนี้มี 11 ตัวแปร (กล่าวในหัวข้อ 4.2) จึงควรมีจำนวนตัวอย่าง 110 ถึง 220 ตัวอย่าง (ครั้ง) ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าจำนวนข้อมูลอุบัติเหตุ 497 ครั้ง ที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้มีความเพียงพอสำหรับการพัฒนาแบบจำลอง SEM

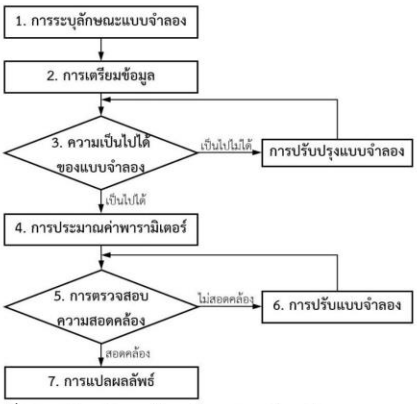
3.3 การวิเคราะห์ภาพรวมอุบัติเหตุทางถนน

การวิเคราะห์ภาพรวมอุบัติเหตุทางถนน เป็นการนำข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษามาวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อบรรยายลักษณะทั่วไปของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น โดยวิเคราะห์ในประเด็นต่อไปนี้

1) ความรุนแรงของผู้ประสบเหตุ
2) ยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง
3) อุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์
4) รูปแบบการชน
5) ลักษณะกายภาพและสภาพแวดล้อมที่เกิดเหตุ

3.4 การพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง

ในการพัฒนาแบบจำลอง SEM ซึ่งมีการวิเคราะห์ 7 ขั้นตอน [15, หน้า 87] ดังแสดงในรูปที่ 5 ประกอบด้วย



รูปที่ 5 แผนผังการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง [ปรับปรุงจาก 15, หน้า 88]

ขั้นตอนที่ 1 การระบุลักษณะของแบบจำลอง

การระบุหรือกำหนดลักษณะของแบบจำลองเป็นขั้นตอนที่สำคัญของการพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง ซึ่งจะต้องศึกษาทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเขียนแผนภาพเส้นทาง (Path Diagram) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ทั้งตัวแปรสังเกตได้ (Observed Variables) และตัวแปรแฝง (Latent Variables) โดยสร้างความสัมพันธ์บนกรอบแนวคิดของแบบจำลองการวัด (Measurement Model) และแบบจำลองโครงสร้าง (Structural Model) ที่ได้กล่าวรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 2.1

ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมข้อมูล

การเตรียมข้อมูลเบื้องต้นก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์ ควรคัดเลือกข้อมูล (Data Screening) ที่มีความครบถ้วนและสอดคล้องกับการวิเคราะห์ โดยควรพิจารณาในประเด็นต่อไปนี้

1) ลักษณะของตัวแปรต้นที่นำมาศึกษา เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ (Qualitative Variable) ต้องจัดการตัวแปรดังกล่าวให้เป็นตัวแปรทวิภาค (Dichotomous Variable) โดยใช้วิธีการ Dummy Coding [24]

2) การตรวจสอบข้อมูลที่สูญหาย โดยตัดชุดข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ออก

3) การตรวจสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลเชิงปริมาณจากค่าความเบ้ (Skewness) และค่าความโด่ง (Kurtosis)

ขั้นตอนที่ 3 ความเป็นไปได้ของแบบจำลอง

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบจำนวนสมการในแบบจำลอง SEM ที่ต้องมีอย่างน้อยเท่ากับจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า เพื่อให้สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้เพียงค่าเดียว (Unique Solution) [28] ในการตรวจสอบดังกล่าวพิจารณาจากค่าองศาอิสระ (Degree of Freedom, DF) [29] โดยคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$DF = \frac{N(N+1)}{2} - P \qquad (1)$$

โดยที่ N คือ จำนวนตัวแปรสังเกตได้ทั้งหมด

P คือ จำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า

ค่า DF จะระบุลักษณะของแบบจำลองใน 3 ลักษณะ ดังนี้

1) ถ้าค่า DF<0 แสดงว่า แบบจำลองระบุไม่พอดี

2) ถ้าค่า DF=0 แสดงว่า แบบจำลองระบุพอดี

3) ถ้าค่า DF>0 แสดงว่า แบบจำลองระบุเกินพอดี

การพัฒนาแบบจำลองที่ต้องการ จะทำเมื่อค่า DF มากกว่าศูนย์ แล้วจึงสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ รวมทั้งทดสอบความสอดคล้องของแบบจำลองในขั้นตอนต่อไปได้

ขั้นตอนที่ 4 การประมาณค่าพารามิเตอร์

การประมาณค่าพารามิเตอร์เป็นขั้นตอนวิเคราะห์ข้อมูลที่มีหลายวิธี โดยทุกวิธีมีหลักการเดียวกัน คือ การแก้สมการด้วยกระบวนการทำซ้ำ (Iteration) ซึ่งกำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น แล้วแก้สมการโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณจนกระทั่งค่าพารามิเตอร์ลู่เข้าสู่ค่าจริง (Convergence)

การประมาณค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นให้ใกล้เคียงกับค่าจริงสามารถทำได้หลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้ใช้วิธี Maximum Likelihood (ML) เพราะวิธีดังกล่าวให้ค่าพารามิเตอร์ที่มีความคงที่ (Consistency) มีประสิทธิภาพ (Efficiency) และเป็นอิสระจากข้อมูล [15, หน้า 106]

ขั้นตอนที่ 5 การตรวจสอบความสอดคล้อง

หลังจากได้ค่าพารามิเตอร์แล้ว ต้องตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลที่ได้จากแบบจำลองที่คาดการณ์ไว้จากแผนภาพเส้นทาง (Path Diagram) กับข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วยสถิติทดสอบความสอดคล้อง (Goodness of Fit Statistics) โดยมีค่าทางสถิติที่ใช้ทดสอบหลายค่า ดังที่ได้สรุปในตารางที่ 1 ของหัวข้อที่ 2.3

ขั้นตอนที่ 6 การปรับแบบจำลอง

หากแบบจำลอง SEM ไม่มีความสอดคล้อง ต้องปรับแบบจำลองให้ค่าแปรปรวนและค่าแปรปรวนร่วมระหว่างข้อมูลที่แบบจำลองคาดการณ์ไว้กับข้อมูลเชิงประจักษ์มีความสอดคล้องกัน ในงานวิจัยนี้มีการปรับแบบจำลอง โดยพิจารณาตัดตัวแปรสังเกตได้ที่ให้ค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading หรือ FL) น้อยที่สุดออกทีละตัว อีกทั้งพิจารณาค่าดัชนีปรับเปลี่ยน (Modification Index หรือ MI) เพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจในการปรับเส้นทางความสัมพันธ์ของแบบจำลองได้อีกด้วย [15, หน้า 118] แล้ววิเคราะห์แบบจำลองอีกครั้งและดูค่าสถิติ จนกระทั่งแบบจำลอง SEM มีความสอดคล้อง [30]

ขั้นตอนที่ 7 การแปลผลแบบจำลอง

การแปลผลแบบจำลองเป็นการอธิบายความกลมกลืนของแบบจำลองในภาพรวม โดยพิจารณาจากค่า $C_{MIN/DF}$ RMSEA และร้อยละความถูกต้องของแบบจำลอง เป็นต้น และอธิบายผลค่าประมาณพารามิเตอร์แต่ละตัวของแบบจำลองที่ได้ ซึ่งประกอบด้วย ความหมายของสัมประสิทธิ์ความถดถอยในแบบจำลองสมการโครงสร้าง ค่าน้ำหนักปัจจัย และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

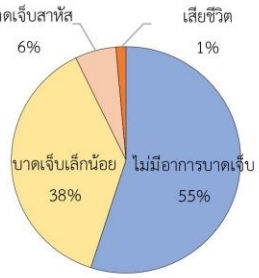
4. ผลการศึกษา

4.1 ผลการศึกษาภาพรวมอุบัติเหตุทางถนน

ผลการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) ของข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ตจำนวน 497 กรณี ในประเด็นต่าง ๆ มีดังนี้

4.1.1 ความรุนแรงของผู้ประสบเหตุ

รูปที่ 6 แสดงสัดส่วนผู้ประสบเหตุจำแนกตามความรุนแรง พบว่า มีจำนวนผู้ประสบเหตุทั้งสิ้น 986 ราย ส่วนมาก 542 ราย (ร้อยละ 55.0) ไม่มีอาการบาดเจ็บ รองลงมาเป็นผู้บาดเจ็บเล็กน้อย 373 ราย (ร้อยละ 37.8) ผู้บาดเจ็บสาหัส 57 ราย (ร้อยละ 5.8) และผู้เสียชีวิต 14 ราย (ร้อยละ 1.4) จากผลข้างต้นจะเห็นได้ว่า ผู้ประสบเหตุส่วนใหญ่ไม่มีอาการบาดเจ็บและมีอาการบาดเจ็บเล็กน้อย (คิดเป็นร้อยละ 92.8) อาจเนื่องจากผู้ประสบเหตุส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้ความเร็วสูง หรือรูปแบบการชนที่เกิดขึ้นมีลักษณะไม่อันตรายมากนัก จึงส่งผลให้ผู้ประสบอุบัติเหตุส่วนใหญ่ไม่ถึงขั้นเสียชีวิต



รูปที่ 6 สัดส่วนผู้ประสบเหตุจำแนกตามความรุนแรง

4.1.2 ยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง

ยานพาหนะที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุดังตารางที่ 2 พบว่า รถจักรยานยนต์มีจำนวนมากถึง 487 คัน หรือคิดเป็นร้อยละ 51.5 รองลงมาเป็น รถยนต์ส่วนบุคคล (รถเก๋งและรถกระบะ) 318 คัน (ร้อยละ 33.6) และยานพาหนะอื่น ๆ รวม 142 คัน (ร้อยละ 14.9) ตามลำดับ

4.1.3 อุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์

จากข้อมูลรถจักรยานยนต์ซึ่งมีสัดส่วนประสบอุบัติเหตุสูงสุด งานวิจัยนี้จึงศึกษาเพิ่มเติมถึงคู่กรณีของการชนกับรถจักรยานยนต์ ผลแสดงในตารางที่ 3 พบว่า รถจักรยานยนต์เกี่ยวข้องกับการชนมากถึง 387 ครั้ง จากทั้งหมด 497 ครั้ง (คิดเป็นร้อยละ 77.8) โดยรายละเอียดพบว่า รถจักรยานยนต์ชนกับยานพาหนะอื่น 204 ครั้ง (ร้อยละ 41.0) รองลงมาเป็นรถจักรยานยนต์ประสบเหตุคันเดียว 96 ครั้ง (ร้อยละ 19.4) และรถจักรยานยนต์ชนกับรถจักรยานยนต์ 87 ครั้ง (ร้อยละ 17.4) จากข้อมูลดังกล่าวอาจกล่าวได้ว่า อุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์เป็นปัญหาสำคัญที่ควรศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

ตารางที่ 2 ประเภทยานพาหนะที่ประสบอุบัติเหตุ

ประเภทยานพาหนะ	จำนวน (คัน)	ร้อยละ (%)
รถจักรยานยนต์	487	51.5
รถเก๋ง	212	22.4
รถกระบะ	106	11.2
รถตู้สาธารณะ	43	4.5
รถโดยสาร 4 ล้อ	30	3.2
รถจักรยาน	21	2.2
รถ 6 ล้อ	14	1.5
รถบิ๊กไบค์ (400 cc ขึ้นไป)	11	1.2
รถ 10 ล้อ	6	0.7
รถจักรยานยนต์พ่วงข้าง	5	0.5
รถตู้ส่วนบุคคล	5	0.5
รถบัส	5	0.5
รถพ่วง	1	0.1
รวม	**947**	**100.0**

ตารางที่ 3 คู่กรณีของการชนกับรถจักรยานยนต์

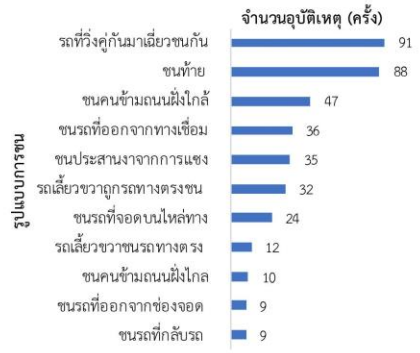
คู่กรณี	จำนวน (ครั้ง)	ร้อยละ (%)
รถจักรยานยนต์คันเดียว	96	19.4
รถจักรยานยนต์ชนกับรถจักรยานยนต์	87	17.4
รถจักรยานยนต์ชนกับยานพาหนะอื่น	204	41.0
การชนที่ไม่เกี่ยวข้องกับรถจักรยานยนต์	110	22.2
รวม	**497**	**100.0**

4.1.4 รูปแบบการชน

เมื่อจำแนกข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนตามรูปแบบการชนของกรมทางหลวง [31] ทั้ง 10 กลุ่ม ผลดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า รูปแบบการชนที่พบมากสุด 4 อันดับแรก คือ การชนในทิศทางเดียวกัน (213 ครั้ง ร้อยละ 42.9) รองลงมาเป็นการชนในทิศทางตรงข้าม (80 ครั้ง ร้อยละ 16.1) การชนคนเดินเท้า (61 ครั้ง ร้อยละ 12.3) และความบกพร่องของผู้ขับขี่ (56 ครั้ง ร้อยละ 11.3) ตามลำดับ

ตารางที่ 4 จำนวนอุบัติเหตุทางถนนจำแนกตามรูปแบบการชน

รหัสการชน	รูปแบบการชน	จำนวน (ครั้ง)	ร้อยละ (%)
0	ชนคนเดินเท้า	61	12.3
1	ชนบนแยกจากคนละถนน	30	6.0
2	ชนในทิศทางตรงข้าม	80	16.1
3	ชนในทิศทางเดียวกัน	213	42.9
4	ความบกพร่องของผู้ขับขี่	56	11.3
5	อุบัติเหตุจากการแซง	1	0.2
6	อุบัติเหตุบนข้างทาง	29	5.8
7	อุบัติเหตุบนทางตรง	10	2.0
8	อุบัติเหตุบนทางโค้ง	15	3.0
9	อื่น ๆ	2	0.4
	รวม	**497**	**100.0**



รูปที่ 7 รูปแบบการชนที่พบมากสุด 10 อันดับแรก

เมื่อพิจารณารายละเอียดของรูปแบบการชนในแต่ละกลุ่มตามรหัสการชน ดังรูปที่ 7 แสดงรูปแบบการชนที่พบมากสุด 10 อันดับแรก พบว่า รถที่วิ่งคู่กันมาเฉี่ยวชนกันพบมากที่สุด รองลงมาเป็นรูปแบบการชนท้าย ชนคนเดินข้ามถนนฝั่งใกล้ ชนรถที่ออกจากทางเชื่อม ชนประสานงาจากการแซง รถเลี้ยวขวาถูกรถทางตรงชน ชนรถที่จอดบนไหล่ทาง รถเลี้ยวขวาชนรถทางตรง และชนคนเดินข้ามถนนฝั่งไกล ตามลำดับ ส่วนการชนรถที่ออกจากช่องจอด และการชนรถที่กลับรถ มีจำนวนเท่ากัน

4.1.5 ลักษณะกายภาพและสภาพแวดล้อมที่เกิดเหตุ

ตารางที่ 5 สรุปลักษณะกายภาพและสภาพแวดล้อมของที่เกิดเหตุ รวมทั้งพฤติกรรมของผู้ใช้ทาง โดยพบว่า ปัจจัยกลุ่มแรกซึ่งเป็นลักษณะกายภาพของที่เกิดเหตุ ประกอบด้วย ประเภทถนน ลักษณะถนน ความลาดชัน ความเปียกผิวทาง ป้าย เครื่องหมายจราจร และ อุปกรณ์ความปลอดภัย ส่วนกลุ่มที่สองเป็นปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมของที่เกิดเหตุ ประกอบด้วย เวลาเกิดเหตุ สภาพอากาศ และ แสงสว่าง สำหรับกลุ่มสุดท้ายเป็นปัจจัยพฤติกรรมของผู้ใช้ทาง ประกอบด้วย เมาแล้วขับและการใช้ความเร็วเกินกำหนด โดยข้อมูลทั้งสองได้จากข้อมูลมูลเหตุสันนิษฐานของอุบัติเหตุที่รายงานโดยตำรวจในพื้นที่ศึกษา

ปัจจัยทั้งสามกลุ่มข้างต้นจัดเป็นตัวแปรสังเกตได้ที่อาจส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน ซึ่งพิจารณาในการพัฒนาแบบจำลอง SEM ของบทความนี้ อย่างไรก็ตาม อาจมีปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุ เช่น จำนวนช่องจราจร ความกว้างถนน ประเภทผิวทาง เกาะกลาง ไหล่ทาง อุปสรรคข้างทาง การใช้หมวกนิรภัย การคาดเข็มขัดนิรภัย หรือปัจจัยด้านยานพาหนะ ที่ควรพิจารณาเพิ่มเติมในการศึกษาอนาคตหากมีข้อมูลโดยละเอียด ครบถ้วน และเพียงพอ

ตารางที่ 5 ลักษณะกายภาพและสภาพแวดล้อมของที่เกิดเหตุ

ปัจจัย	รายละเอียด	จำนวน (ครั้ง)	ร้อยละ (%)
	ลักษณะกายภาพ		
ประเภทถนน	ทางท้องถิ่น	135	27.2
	ทางหลวงชนบท	202	40.6
	ทางหลวง	160	32.2
ลักษณะถนน	ช่วงถนนทางตรง	236	47.5
	ช่วงถนนทางโค้ง	93	18.7
	ทางแยก	158	31.8
	จุดกลับรถ	10	2.0
ความลาดชัน	ราบ	389	78.3
	ลาดขึ้น/ลง	108	21.7
ความเปียกผิวทาง	แห้ง	446	89.7
	เปียก	51	10.3
ป้ายจราจร	ชัดเจน	467	94.0
	ไม่ชัดเจน	30	6.0
เครื่องหมายจราจร	ชัดเจน	489	98.4
	ไม่ชัดเจน	8	1.6
อุปกรณ์	มีอุปกรณ์ข้างทาง	140	28.2
ความปลอดภัย	มีอุปกรณ์บนผิวทาง	4	0.8
	มีทั้งสองแบบ	5	1.0
	ไม่มี	348	70.0
	สภาพแวดล้อม		
เวลาเกิดเหตุ	กลางวัน	267	53.7
	กลางคืน	230	46.3
สภาพอากาศ	ปกติ	360	72.4
	แดดจัด	113	22.8
	ฝนตก	24	4.8
แสงสว่าง	เพียงพอ	488	98.2
	ไม่เพียงพอ/มืด	9	1.8
	พฤติกรรมผู้ใช้ทาง		
เมาแล้วขับ	ไม่มีอาการมึนเมา	482	97.0
	มีอาการมึนเมา	15	3.0
ใช้ความเร็วเกินกำหนด	ไม่ใช่	326	65.6
	ใช่	171	34.4

4.2 ผลการพัฒนาแบบจำลองสมการโครงสร้าง

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง SEM จากงานวิจัยของ Eboli และ Mazzulla [17] ซึ่งศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน ในบทความนี้จึงทราบโครงสร้างความสัมพันธ์เบื้องต้นระหว่างตัวแปรสังเกตได้ (จากรูปที่ 3) ดังนั้น การวิเคราะห์ปัจจัยใน SEM จึงใช้การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (CFA) เป็นหลัก จากปัจจัยที่แสดงในตารางที่ 5 ตัวแปรสังเกตได้ (Observed Variables) ถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรหุ่น (Dummy Variable) แบบตัวแปรทวิภาค (Dichotomous Variable) เพื่อกำหนดปัจจัยที่เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ (ตัวแปรกลุ่ม) ให้เป็นตัวแปรทวิภาค (มี 2 ค่า) ดังตารางที่ 6 เช่น ประเภทถนนจาก 3 ประเภท ให้เป็นตัวแปร HIGHWAY ถ้าใช่ (1) คือ ทางหลวงรวมทางหลวงชนบท ถ้าไม่ใช่ (0) คือ ถนนท้องถิ่น เป็นต้น นอกจากนี้ การกำหนดตัวแปรยังพิจารณาจากตัวแปรที่มีจำนวนตัวอย่าง 30 ข้อมูลขึ้นไป [32] เพื่อให้ได้ผลที่น่าเชื่อถือ ดังนั้น บทความนี้ จึงไม่พิจารณาปัจจัยจุดกลับรถ (มี 10 ข้อมูล) เครื่องหมายจราจร (ไม่ชัดเจน 8 ข้อมูล) แสงสว่าง (มืด 9 ข้อมูล) และเมาแล้วขับ (เมา 15 ข้อมูล) ซึ่งควรศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

ตารางที่ 6 การกำหนดตัวแปรสังเกตได้สำหรับพัฒนาแบบจำลอง SEM

ตัวแปร	คำอธิบาย	ค่าตัวแปร
	ตัวแปรสังเกตได้ภายนอก	
HIGHWAY	ทางหลวง	1 = ใช่, 0 = ไม่ใช่ (ท้องถิ่น)
JUNCTION	ทางแยก	1 = ใช่, 0 = ไม่ใช่ (ช่วงถนน)
SLOPE	มีความลาดชัน	1 = ใช่, 0 = ไม่ใช่ (ราบ)
SIGN	ป้ายไม่ชัดเจน	1 = ใช่, 0 = ไม่ใช่ (ชัดเจน)
NODEVICE	ไม่มีอุปกรณ์ความปลอดภัย	1 = ใช่, 0 = ไม่ใช่ (มี)
WET	ผิวทางเปียก	1 = ใช่, 0 = ไม่ใช่ (แห้ง)
TIME_N	เกิดเหตุกลางคืน	1 = ใช่, 0 = ไม่ใช่ (กลางวัน)
UNCLEAR	ไม่ปกติ (แดดจัด/ฝนตก)	1 = ใช่, 0 = ไม่ใช่ (ปกติ)
SPEEDING	ใช้ความเร็วเกินกำหนด	1 = ใช่, 0 = ไม่ใช่ (ไม่เร็ว)
	ตัวแปรสังเกตได้ภายใน	
N_VEHICLE	จำนวนยานพาหนะ	ตัวแปรเชิงปริมาณ (คัน)
N_VICTIM	จำนวนผู้ประสบเหตุ	ตัวแปรเชิงปริมาณ (คน)

จากตารางที่ 6 ตัวแปรสังเกตได้ภายนอกถูกนำมาตรวจสอบความเบ้ (Skewness) ความโด่ง (Kurtosis) และความสัมพันธ์ (Correlations) กับตัวแปรสังเกตได้ภายใน ผลแสดงในตารางที่ 7 พบว่า ตัวแปรสังเกตได้ภายนอกบางตัว (อักษรเอียง) ไม่เหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์ในแบบจำลอง SEM เนื่องจากมีค่าความเบ้และค่าความโด่งมากกว่าค่าที่ยอมรับได้ และเนื่องจากตัวแปรต้น (ตัวแปรสังเกตได้ภายนอก) มีความสัมพันธ์กันน้อยกับตัวแปรตาม (ตัวแปรสังเกตได้ภายใน) ดังนั้น จึงตัดตัวแปร SIGN ออก และเขียนแบบจำลองสมการโครงสร้างเริ่มต้น (Model 1) ได้ดังรูปที่ 8

จากรูปที่ 8 แบบจำลองสมการโครงสร้างเริ่มต้น (Model 1) ประกอบด้วย ตัวแปรแฝงภายนอก (Exogenous Latent Variables) 2 ตัว คือ Road และ Environment ตัวแปรแฝง Road วัดค่าจากตัวแปรสังเกตได้ HIGHWAY JUNCTION SLOPE และ NODEVICE ส่วนตัวแปรแฝง Environment วัดค่าจากตัวแปรสังเกตได้ WET TIME_N UNCLEAR และ SPEEDING นอกจากนี้ ยังมีตัวแปรแฝง Accident severity เป็นตัวแปรแฝงภายใน (Endogenous Latent Variable) ซึ่งวัดค่าจากตัวแปรสังเกตได้ N_VEHICLE และ N_VICTIM และยังมีความสัมพันธ์ต่อตัวแปรแฝงภายนอกทั้งสอง

แบบจำลองเริ่มต้น ถูกนำมาวิเคราะห์และตรวจสอบความตรงของแบบจำลองด้วยค่าสถิติทดสอบความสอดคล้อง (Goodness of Fit Statistics) ตามเกณฑ์ที่กำหนด ในตารางที่ 1 โดยปรับแก้แบบจำลองด้วยการตัดตัวแปรสังเกตได้ที่มีค่าน้ำหนักปัจจัย (FL) น้อยที่สุดออก รวมทั้งพิจารณาค่าดัชนีปรับเปลี่ยน (MI) แล้ววิเคราะห์อีกครั้ง จนได้ค่าสถิติที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบความสอดคล้อง ผลดังแสดงในตารางที่ 8 พบว่า แบบจำลองที่ 4 (Model 4) ให้ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบความสอดคล้องผ่านเกณฑ์ในระดับดีทุกค่าที่ใช้ทดสอบ ซึ่งถือว่าผลจากแบบจำลองที่คาดการณ์ไว้กับข้อมูลเชิงประจักษ์มีความสอดคล้องกันดี

ตารางที่ 7 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแปรสังเกตได้

ตัวแปรสังเกตได้	Skewness	Kurtosis	Correlations	
			Correlation Coefficient	
			N_VEHICLE	N_VICTIM
HIGHWAY	-1.030	-0.943	0.081	0.072
JUNCTION	0.784	-1.390	0.013	0.064
SLOPE	1.375	-0.110	0.150	0.138
SIGN	*3.703**	*11.761**	*0.041*	*0.002***
NODEVICE	0.877	-1.237	0.065	0.123
WET	2.627	4.921	0.059	0.069
TIME_N	0.150	-1.986	0.075	0.056
UNCLEAR	1.007	-0.990	-0.021	-0.037
SPEEDING	0.658	-1.573	-0.105	-0.195
N_VEHICLE	0.178	4.668	1.000	0.723
N_VICTIM	1.580	6.312	0.723	1.000

หมายเหตุ * คือ เกินค่าที่ยอมรับได้ (|Skewness|>3, |Kurtosis|>10)

** คือ สัมพันธ์กันน้อย (ใช้การทดสอบ Spearman's Test)

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแบบจำลอง

ค่าตรวจสอบ	เกณฑ์	แบบจำลอง (Model)			
		Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Probability	>0.05	0.000	0.000	0.000	0.173[a]
C_{MIN}/DF	<2.00	3.641	4.398	3.902	1.384[a]
RMSEA	<0.05	0.073	0.083	0.076	0.028[a]
GFI	>0.95	0.954	0.954	0.968	0.992[a]
AGFI	>0.95	0.921	0.914	0.932	0.979[a]
RMR	<0.05	0.014	0.014	0.011	0.006[a]
IFI	>0.95	0.857	0.861	0.911	0.992[a]
NFI	>0.95	0.813	0.827	0.884	0.971[a]
CFI	>0.95	0.854	0.858	0.909	0.992[a]
TLI	>0.95	0.794	0.787	0.851	0.984[a]
HOELTER	>200	197	172	207	642[a]

หมายเหตุ a คือ ค่าสถิติที่ผ่านเกณฑ์ความสอดคล้องในระดับดี

Model 1: แบบจำลองเริ่มต้น

Model 2: ตัดตัวแปร TIME_N ออก (FL= 0.00)

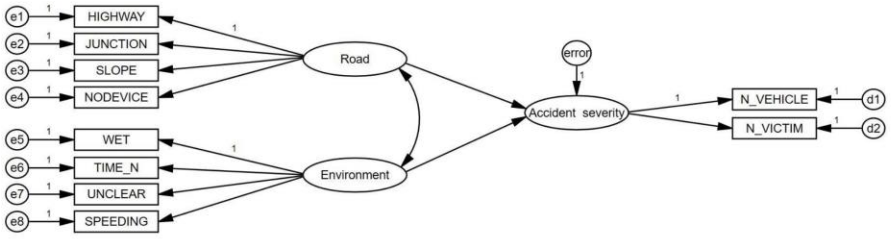
Model 3: ตัดตัวแปร SPEEDING ออก (FL= -0.07)

Model 4: ตัดตัวแปร JUNCTION ออก (FL= -0.09)

ตารางที่ 9 แสดงค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรสังเกตได้ทั้งค่าน้ำหนักที่ยังไม่ได้มาตรฐาน (Unstandardized Weight) และค่าน้ำหนักที่ได้มาตรฐานแล้ว (Standardized Weight) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error หรือ S.E.) ค่าสัดส่วนวิกฤต (Critical Ratio หรือ C.R.) และค่าระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ (Level of Statistical Significance หรือ P) ในการประมาณค่า Standardized Regression Weight ได้ใช้เทคนิค Constraint [17] โดยกำหนดค่า Regression Weight ของตัวแปร HIGHWAY WET และ N_VEHICLE ให้เท่ากับ 1 (ดังรูปที่ 8) หลังจากการวิเคราะห์แบบจำลอง พบว่าค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรส่วนใหญ่อยู่ในระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P<0.05) ยกเว้นตัวแปร Environment ที่ไม่ส่งผลต่อ Accident severity (Accident severity<-Environment) เช่นเดียวกับตัวแปร UNCLEAR ที่ไม่ส่งผลต่อ Environment (UNCLEAR<-Environment)

จากค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้มาตรฐานแล้ว (Standardized Weight) ในตารางที่ 9 นำมาเขียนเป็นแผนผังของแบบจำลอง SEM สุดท้าย ดังรูปที่ 9 พบว่า ตัวแปรสังเกตได้ NODEVICE มีอิทธิพลต่อตัวแปรแฝงภายนอก Road มากที่สุด โดยมีค่า Standard weight สูงถึง 0.771 รองลงมา คือ SLOPE มีค่า 0.698 และ HIGHWAY มีค่า 0.294 ตามลำดับ ส่วนตัวแปรสังเกตได้ที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรแฝง Environment มากที่สุด คือ WET มีค่า 0.727 รองลงมาเป็น UNCLEAR มีค่า 0.182

สำหรับตัวแปรแฝงภายนอก Road และ Environment ส่งผลต่อตัวแปรแฝงภายใน Accident severity โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.161 และ 0.037 ตามลำดับ ส่วนตัวแปรแฝง Road และ Environment มีค่าเท่ากับ 0.27 นอกจากนี้ตัวแปรแฝงภายใน Accident severity ยังมีค่าสัมประสิทธิ์กับตัวแปรสังเกตได้ภายใน N_VICTIM เท่ากับ 0.834 และ N_VEHICLE เท่ากับ 0.778 ตามลำดับ

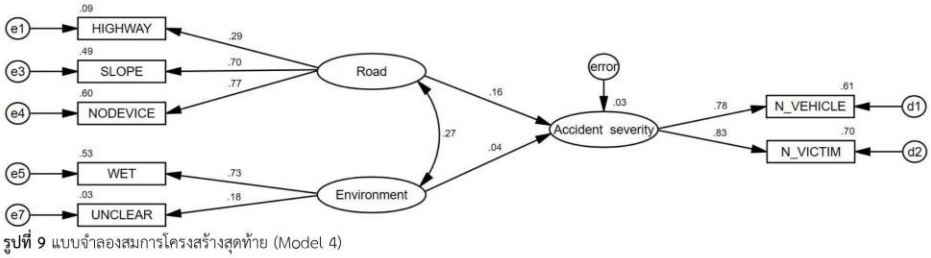


รูปที่ 8 แบบจำลองสมการโครงสร้างเริ่มต้น (Model 1)

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรสังเกตได้

			Unstandardized Weight	S.E.	C.R.	P	Standardized Weight
Accident severity	<-	Road	0.592	0.281	2.107	0.035	0.161
Accident severity	<-	Environment	0.081	0.183	0.443	0.658[b]	0.037
N_VEHICLE	<-	Accident severity	1.000[c]				0.778
N_VICTIM	<-	Accident severity	1.251	0.394	3.176	0.001	0.834
HIGHWAY	<-	Road	1.000[c]				0.294
SLOPE	<-	Road	2.202	0.423	5.200	0.000	0.698
NODEVICE	<-	Road	2.705	0.546	4.954	0.000	0.771
WET	<-	Environment	1.000[c]				0.727
UNCLEAR	<-	Environment	0.370	0.393	0.940	0.347[b]	0.182

หมายเหตุ b คือ ไม่อยู่ในระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P<0.05), c คือ Constrained value



รูปที่ 9 แบบจำลองสมการโครงสร้างสุดท้าย (Model 4)

ตารางที่ 10 อิทธิพลทางอ้อมของตัวแปรสังเกตได้ผ่านตัวแปรแฝง

ตัวแปร	อิทธิพลทางอ้อม	
	Road	Environment
NODEVICE	0.771X0.161= 0.124	
SLOPE	0.698X0.161= 0.112	
HIGHWAY	0.294X0.161= 0.047	
WET		0.727X0.037= 0.027
UNCLEAR		0.182X0.037= 0.007

นอกจากนี้ค่า Standard weight ของตัวแปรสังเกตได้ภายนอกที่เชื่อมโยงถึงตัวแปรแฝงภายในผ่านตัวแปรแฝงภายนอก สามารถนำมาคำนวณอิทธิพลทางอ้อมได้ดังแสดงในตารางที่ 10 โดยตัวแปร HIGHWAY SLOPE และ NODEVICE ส่งผลทางอ้อมต่อตัวแปรแฝง Accident severity ผ่านตัวแปร Road ส่วนตัวแปร WET และ UNCLEAR ส่งผลทางอ้อม ผ่านตัวแปร Environment

จากผลการศึกษา กล่าวได้ว่าการไม่มีอุปกรณ์เสริมความปลอดภัยทางถนน (NODEVICE) ถนนที่มีความลาดชัน (SLOPE) และถนนทางหลวง (HIGHWAY) เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพถนน ส่วนความเปียกของถนน (WET) และสภาพอากาศที่ไม่ปกติ (UNCLEAR) เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อม ซึ่งทั้งสภาพถนนและสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนน

ส่วนตัวแปรถนนที่เป็นทางแยก (JUNCTION) - เทียบกับถนนทางตรงและทางโค้ง การเกิดเหตุในเวลากลางคืน (TIME_N) - เทียบกับเวลากลางวัน และการใช้ความเร็วเกินกำหนด (SPEEDING) - เทียบกับความเร็วปกติ ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญในพื้นที่ศึกษานี้ จากการตรวจสอบปัจจัยทางแยกและช่วงถนน และปัจจัยกลางคืนและกลางวัน พบว่า อัตราส่วนรหว่างจำนวนผู้ประสบเหตุและจำนวนยานพาหนะต่อจำนวนอุบัติเหตุแต่ละประเภทมีค่าใกล้เคียงกันทุกตัวแปร เช่นเดียวกับการใช้ความเร็ว ซึ่งในบทความนี้การใช้ความเร็วเป็นมูลเหตุสันนิษฐานเบื้องต้นของผู้บันทึกข้อมูล ซึ่งหากระบุความเร็วขณะเกิดเหตุได้ชัดเจน อาจทำให้ทราบถึงอิทธิผลของความเร็วที่แท้จริง จึงควรศึกษาตัวแปรเหล่านี้เพิ่มเติมในพื้นที่ศึกษาอื่น

จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง SEM ของงานวิจัยนี้กับงานวิจัยของ Eboli และ Mazzulla [17] พบว่า ปัจจัยทางถนนมีอิทธิพลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุ โดยมีตัวแปรสังเกตได้ในแบบจำลองสุดท้ายคล้ายกัน ยกเว้นตัวแปรการเดินรถทางเดียว (One-way street) ที่งานวิจัยนี้ไม่มีข้อมูล ส่วนปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อความรุนแรงในลักษณะคล้ายกัน ทั้งตัวแปรสภาพอากาศและสภาพของผิวทาง (ความเปียกของผิวทาง) ยกเว้นปัจจัยด้านยานพาหนะที่การศึกษานี้ไม่นำมาวิเคราะห์ เนื่องจากมียานพาหนะหลายประเภทเกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุ ซึ่งควรศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

บทความนี้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง SEM เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ต พบว่า ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุ (จำนวนผู้ประสบเหตุและจำนวนยานพาหนะที่

เกี่ยวข้อง) มาจากปัจจัยหลักด้านถนน (การขาดอุปกรณ์เสริมความปลอดภัย ถนนลาดชัน และถนนทางหลวง) ส่วนปัจจัยรองมาจากปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม (ถนนเปียกและสภาพอากาศไม่สดใส) ซึ่งควรให้ความสำคัญกับปัจจัยข้างต้น เช่น การติดตั้งอุปกรณ์เสริมความปลอดภัยให้ครบถ้วน โดยเฉพาะบริเวณทางลาดชันและบนถนนทางหลวง การเพิ่มการระบายน้ำและความเสียดทานของผิวทางเพื่อป้องกันถนนเปียกลื่น การรณรงค์วิธีขับขี่ปลอดภัยขณะสภาพอากาศไม่สดใส เป็นต้น

งานวิจัยนี้อาจมีข้อจำกัดจากจำนวนตัวอย่างและรายละเอียดของข้อมูลอุบัติเหตุ การเพิ่มจำนวนตัวอย่างและปัจจัยด้านกายภาพอื่น ๆ เช่น เกาะกลาง ไหล่ทาง และอุปสรรคข้างทาง รวมทั้งปัจจัยด้านยานพาหนะ ซึ่งงานวิจัยในอนาคตควรเพิ่มเติมข้อมูลให้ละเอียดมากขึ้น (ซึ่งเกี่ยวข้องกับการบันทึกข้อมูลอุบัติเหตุของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง) อันจะนำไปสู่การค้นพบปัจจัยสำคัญอื่น รวมถึงการกำหนดนโยบายและมาตรการเพิ่มเติมในการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยคนที่ 1 ขอขอบพระคุณทุนก้นกุฏิ พ.ศ. 2561 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนทุนการศึกษา และคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสมาคมวิทยาการขนส่งแห่งเอเชีย (ATRANS) ที่อนุเคราะห์ข้อมูล รวมทั้งเจ้าหน้าที่ตำรวจภูเก็ตที่ให้ความสำคัญกับการกรอกข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

[1] World Health Organization (WHO). *Road traffic injuries.* 2020. Available at: www.who.int. Accessed March 12, 2020.

[2] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. *แผนที่นำทางเชิงกลยุทธ์ทศวรรษแห่งความปลอดภัยทางถนน พ.ศ. 2554-2563.* 2554.

[3] World Health Organization (WHO). *Global status report on road safety 2018.* Geneva. 2018.

[4] กรมการขนส่งทางบก กองแผนงาน กลุ่มสถิติการขนส่ง. *รายงานสถิติการขนส่ง ประจำปี 2562*. 2563.

[5] กรมทางหลวงชนบท. *โครงการพัฒนามาตรฐานผู้ตรวจสอบความปลอดภัยงานทางระดับกลาง.* 2562.

[6] Mustakim, F. and Fujita, M. *Development of accident predictive model for rural roadway*. International Journal of Civil and Environmental Engineering. 2011; 5: 408-413.

[7] Dereli, M.A. and Erdogan, S. *A new model for determining the traffic accident black spots using GIS-aided spatial statistical methods*. Transportation Research Part A. 2017; 103: 106-117.

[8] Caliendo, S., De Guglielmoa, M.L. and Guidab, M. *A crash-prediction model for road tunnels.* Accident Analysis and Prevention. 2013; 39: 657-670.

[9] Rahman, S. *Development of an accident prediction model for intersections of Dhaka City, Bangladesh*. International Journal of Computer Applications. 2012; 10-16.

[10] Jadaan, K.S., Al-Fayyad, M., and Gammoh, H.F. *Prediction of road traffic accidents in Jordan using Artificial Neural Network (ANN)*. Journal of Traffic and Logistics Engineering. 2014; 2.

[11] Eboli, L. and Mazzulla, G. *Structural equation modelling for analysing passengers' perceptions about railway services.* Social and Behavioral Sciences. 2012; 54: 96–106.

[12] พัชรี หล้าแหล่ง. *การสร้างโมเดลสมการโครงสร้าง*. แหล่งที่มา: http://www.chumphon2.mju.ac.th. ค้นหาเมื่อ 12 มีนาคม 2563.

[13] สำนักงานสถิติจังหวัดภูเก็ต. *วิเคราะห์และสรุปสถานการณ์เรื่อง "ท่องเที่ยว"*. 2562. แหล่งที่มา: phuket.nso.go.th. ค้นหาเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2563.

[14] กรมควบคุมโรค สำนักโรคไม่ติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข. *อัตราผู้เสียชีวิตต่อแสนประชากร รายจังหวัด*. ระบบบูรณาการข้อมูลการตายจากอุบัติเหตุทางถนน. 2562. แหล่งที่มา: http://rti.ddc.moph.go.th. ค้นหาเมื่อ 12 มีนาคม 2563.

[15] กัลยา วานิชย์บัญชา. *การวิเคราะห์สมการโครงสร้าง (SEM) ด้วย AMOS*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดสามลดา; 2562.

[16] คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยนเรศวร. *การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง: แนวคิดพื้นฐานและการประยุกต์*. 2558.

[17] Eboli, L. and Mazzulla, G. *A Structural equation model for road accident analysis*. 4th International SIIV Congress. ITALY; 2007.

[18] Bentler, P.M. and Bonett, D.G. *Significance tests and goodness of fit in the analysis of covariance structures.* Psychological Bulletin. 1980; 88: 588-606.

[19] Hatcher, L. *A step-by-step approach to using the SAS system for factor analysis and structural equation modeling.* Cary, NC: The SAS Institute. 1994; 325-339.

[20] Hooper, D., Coughlan, J., and Mullen, M. *Structural equation modelling: Guidelines for determining model fit*. Journal on Business Research Methods. 2008.

[21] Hassan, H.M. and Abdel-Aty, M.A. *Analysis of drivers' behavior under reduced visibility conditions using a structural equation modeling approach*. Transportation Research Part F. 2011; 14: 614–625.

[22] Satiennam, W., Satiennam, T., Triyabutra, T., and Rujopakarn, W. *Red light running by young motorcyclists: Factors and beliefs influencing intentions and behavior*. Transportation Research Part F. 2018; 55: 234–245.

[23] Usechea, S.A., Montorob, L., Alonsoa, F., and Tortosac, F.M. Does gender really matter? A structural equation model to explain risky and positive cycling behaviors. Accident Analysis and Prevention. 2018; 118: 86–95.

[24] ชวลิต ทับสีรัก. *ตัวแปรเชิงคุณภาพกับการวิเคราะห์การถดถอย*. วารสารการวัดผลการศึกษา. 2555; 1: 31-42.

[25] สมาคมวิจัยวิทยาการขนส่งแห่งเอเชีย (ATRANS). *การแจ้งรายงานข้อมูลอุบัติเหตุ*. ATRANS Safety Map. 2563. แหล่งที่มา: www.atranssafety.com. ค้นหาเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2563.

[26] ThaiRSC. *รายงานสถิติการใช้สิทธิ พรบ. รายจังหวัด*. 2563. แหล่งที่มา: rvpreport.rvpeservice.com. ค้นหาเมื่อ 13 พฤษภาคม 2563.

[27] Yamane, T. 1967. *Statistics, An Introductory Analysis*. 2nd ed., New York: Harper and Row.

[28] นงลักษณ์ วิรัชชัย. *โมเดลลิสเรล : สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2542.

[29] Schumacker, R.E. and Lomax, R.G. *A beginner's guide to structural equation modeling*. 3rd ed., Lawrence Erlbaum Associates; 2010.

[30] Mohamad, W., Bin, A., and Afthanorhan, W. *A comparison of Partial Least Square Structural Equation Modeling (PLS-SEM) and Covariance Based Structural Equation Modeling (CB-SEM) for Confirmatory Factor Analysis*. International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT). 2013; 5: 198-205.

[31] กรมทางหลวง. *โครงการพัฒนาระบบสารสนเทศ (GIS) และข้อมูล*. 2553: 18-23.

[32] Student. *The Probable Error of a Mean*. Biometrika. 1908; 6: 1-25.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายอาริฟ ศิริวัฒน์

รหัสประจำตัวนักศึกษา 6110120049

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2561

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนศิษย์ก้นกุฏิ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปีงบประมาณ 2561

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

อาริฟ ศิริวัฒน์. ปรเมศวร์ เหลือเทพ. สิทธา เจนศิริศักดิ์. 2564. แบบจำลองสมการโครงสร้างสำหรับการวิเคราะห์อุบัติเหตุทางถนน กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต. *วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.* 14 (x): xx-xx.