



วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. UBU Engineering Journal

บทความวิจัย

แบบจำลองสมการโครงสร้างสำหรับการวิเคราะห์อุบัติเหตุทางถนน กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต Structural equation modeling for road crash analysis: Phuket case study

อาริฟ สิริวัฒน์^{1*} ปรมเสวร์ เหลือเทพ¹ สิทธา เจนศิริศักดิ์²

¹ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

² ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

Arif Siritwat^{1*} Paramet Luatthep¹ Sittha Jaensirisak²

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: arifsiritwat@gmail.com; Telephone: 09 0220 1969

วันที่รับบทความ 25 มีนาคม 2563; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 8 พฤษภาคม 2563; วันที่ตอบรับบทความ 25 พฤษภาคม 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

วิธีการหนึ่งในการหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดและความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนทำได้โดยใช้แบบจำลองทางสถิติ

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

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองอุบัติเหตุทางถนน พบว่า มีแบบจำลองและวิธีการวิเคราะห์ที่หลากหลาย ได้แก่ แบบจำลองการถดถอยพหุคูณ (Multiple Linear Regression Model) [6] แบบจำลองการถดถอยพิวซอง (Poisson Regression Model) [7] แบบจำลองการแจกแจงทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Model) [8] แบบจำลองเอมพิริคัลเบสส์ (Empirical Bayesian Model) [9] และแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network Model) [10] แต่มีไม่มากนักที่ใช้แบบจำลองสมการโครงสร้าง (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 ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [12]

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

2. แบบจำลองสมการโครงสร้าง

แบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) เป็นวิธีการที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของหลายตัวแปร ทั้งที่มีอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อม โดยการวิเคราะห์และตรวจสอบความสัมพันธ์ของหลายตัวแปรในรูปแบบของชุดสมการ [15]

ในการวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์ของแบบจำลอง SEM จะประยุกต์ใช้วิธีการที่หลากหลายร่วมกันทั้งการวิเคราะห์อิทธิพลหรือเส้นทาง (Path Analysis) การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Covariance) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation) และการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรด้วยการวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) จึงทำให้แบบจำลอง SEM เป็นทั้งวิธีที่ใช้เพื่อหาสาเหตุหรือปัจจัย รวมถึงหาความสัมพันธ์ของชุดตัวแปร [15]

2.1 องค์ประกอบของแบบจำลองสมการโครงสร้าง

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

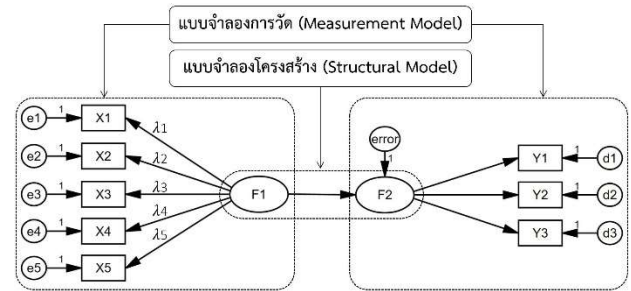
2.1.1 แบบจำลองการวัด

แบบจำลองการวัดเป็นแบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรสังเกตได้ (Observed Variables) กับตัวแปรแฝง (Latent Variables) [16] 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 F_1 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] จากรูปที่ 1 จะเห็นว่าแบบจำลองโครงสร้างแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรแฝงภายนอก F_1 และตัวแปรแฝงภายใน F_2 โดยมีตัวแปรความคลาดเคลื่อน error ของตัวแปรแฝง F_2



รูปที่ 1 ตัวอย่างลักษณะแบบจำลองการวัดและแบบจำลองโครงสร้าง (ปรับปรุงจาก [15])

2.2 การวิเคราะห์ปัจจัยของแบบจำลองสมการโครงสร้าง

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ภายในแบบจำลองการวัด (Measurement Model) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลองสมการโครงสร้าง ต้องใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) โดยเทคนิคดังกล่าว แบ่งออกเป็น 2 ประเภท [15] 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 เป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงระหว่าง

ข้อมูลเชิงประจักษ์ (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]

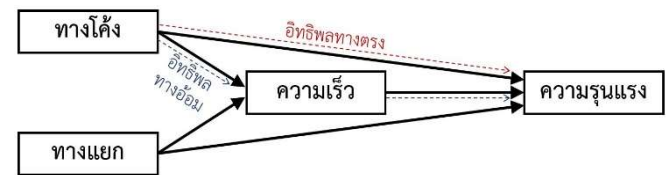
ค่าสถิติเพื่อตรวจสอบ ความสอดคล้องของแบบจำลอง	เกณฑ์ตรวจสอบ	
	ดี	พอใช้
Probability level	>0.05	-
C_{MIN}/DF (Relative Chi-Square)	<2	2.00-3.00
RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation)	<0.05	0.05-0.08
GFI (Goodness of Fit Index)	>0.95	0.90-0.95
AGFI (Adjusted Goodness of Fit Index)	>0.95	0.90-0.95
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]

รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างเส้นทางอิทธิพลของตัวแปร ทางโค้ง ที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุใน 2 รูปแบบ คือ 1) ส่งผลทางตรงต่อความรุนแรง (ทางโค้ง -> ความรุนแรง) และ 2)

ส่งผลทางอ้อม โดยส่งผลต่อความเร็วก่อนแล้วส่งผลต่อความรุนแรง (ทางโค้ง -> ความเร็ว -> ความรุนแรง) ส่วนปัจจัยทางแยกมีเส้นทางอิทธิพลที่คล้ายกับปัจจัยทางโค้งดังอธิบาย



รูปที่ 2 ตัวอย่างอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม (ปรับปรุงจาก [15])

2.5 การประยุกต์ SEM กับงานด้านความปลอดภัยทางถนน

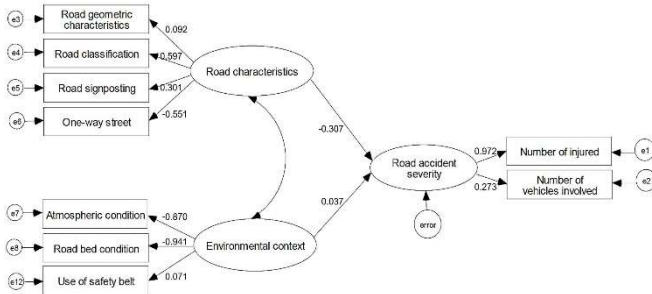
จากการทบทวนงานวิจัยในอดีต พบว่า การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SEM ในงานวิจัยด้านความปลอดภัยทางถนน ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการเดินทาง เช่น พฤติกรรมการขับที่ภายใต้การมองเห็นที่ไม่ชัดเจน [21] พฤติกรรมฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรของผู้ขับขี่อายุน้อย [22] และพฤติกรรมความเสี่ยงของผู้ใช้รถจักรยานแต่ละเพศ [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 ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ก่อนนำตัวแปรเชิงคุณภาพไปใช้ในการ

วิเคราะห์แบบจำลอง 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]

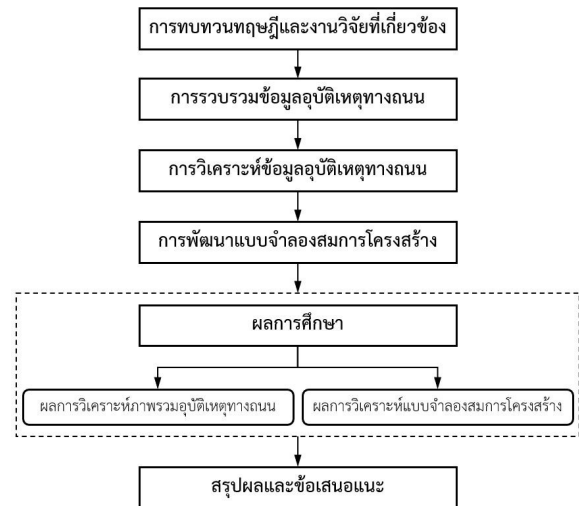
3. วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการศึกษา

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

3.2 การรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุทางถนน

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนจากฐานข้อมูลของ ATRANS Safety Map [25] ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันหนึ่งที่มีการรวบรวมและรายงานข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนทั่วประเทศ เนื่องจากมีข้อมูลที่ค่อนข้างละเอียดและสอดคล้องกับปัจจัยที่พิจารณาในการพัฒนาแบบจำลอง SEM ของการศึกษานี้



รูปที่ 4 ขั้นตอนการศึกษา

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] ซึ่งงานวิจัยนี้มี 11 ตัวแปร (กล่าวในหัวข้อ 4.2) จึงควรมีจำนวนตัวอย่าง 110 ถึง 220 ตัวอย่าง (ครั้ง) ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าจำนวนข้อมูลอุบัติเหตุ 497 ครั้ง ที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้มีความเพียงพอสำหรับการพัฒนาแบบจำลอง SEM

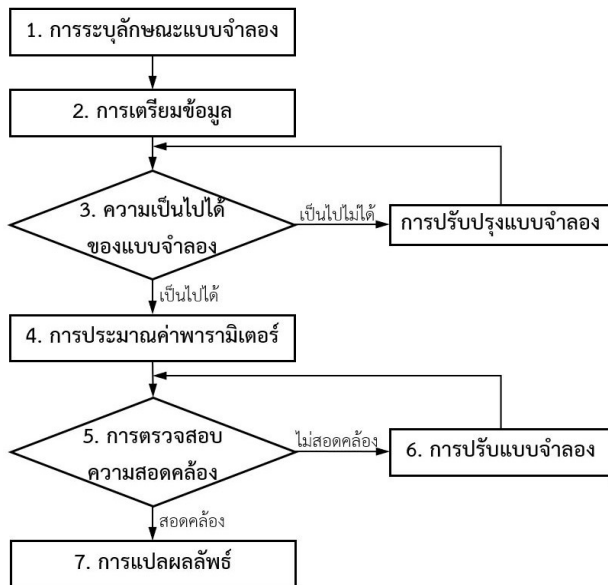
3.3 การวิเคราะห์ภาพรวมอุบัติเหตุทางถนน

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] ดังแสดงในรูปที่ 5 ประกอบด้วย



รูปที่ 5 แผนผังการวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง (ปรับปรุงจาก [15])

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) ต้องจัดการตัวแปรดังกล่าว

ให้เป็นตัวแปรทวิภาค (Dichotomous Variable) โดยใช้วิธีการ Dummy Coding [24]

2) การตรวจสอบข้อมูลที่สูญหาย โดยตัดชุดข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ออก

3) การตรวจสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลเชิงปริมาณ จากค่าความเบ้ (Skewness) และค่าความโด่ง (Kurtosis)

ขั้นตอนที่ 3 ความเป็นไปได้ของแบบจำลอง

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

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

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 มากกว่า ศูนย์ แล้วจึงสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ รวมทั้งทดสอบความสอดคล้องของแบบจำลองในขั้นตอนต่อไปได้

ขั้นตอนที่ 4 การประมาณค่าพารามิเตอร์

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

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

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 โดยพิจารณาตัดตัวแปรสังเกตได้ที่ทำให้ค่าน้ำหนักปัจจัย (Factor Loading หรือ FL) น้อยที่สุดออกทีละตัว อีกทั้งพิจารณาค่าดัชนีปรับเปลี่ยน (Modification Index หรือ MI) เพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจในการปรับเส้นทางความสัมพันธ์ของแบบจำลองได้อีกด้วย [15] แล้ววิเคราะห์แบบจำลองอีกครั้ง และดูค่าสถิติ จนกระทั่งแบบจำลอง SEM มีความสอดคล้อง [30]

ขั้นตอนที่ 7 การแปลผลแบบจำลอง

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

4. ผลการศึกษา

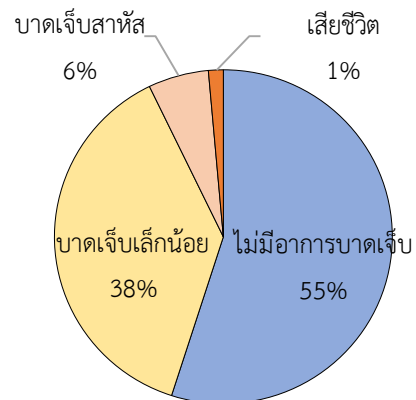
4.1 ผลการศึกษาภาพรวมอุบัติเหตุทางถนน

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 ผู้ประสบเหตุส่วนใหญ่ไม่มีอาการบาดเจ็บ และมีอาการบาดเจ็บเล็กน้อย (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

จากข้อมูลรถจักรยานยนต์ซึ่งมีส่วนประสบอุบัติเหตุสูงสุด งานวิจัยนี้จึงศึกษาเพิ่มเติมถึงคู่มือของการชนกับรถจักรยานยนต์ 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
รถบี๊กไบค์ (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

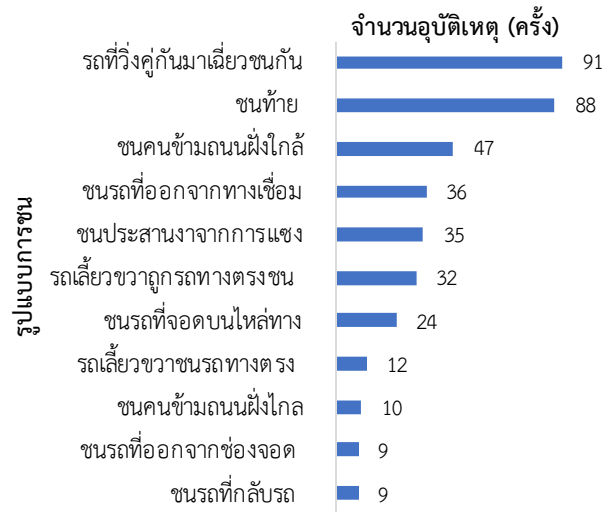
4.1.4 รูปแบบการชน

เมื่อจำแนกข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนตามรูปแบบการชนของกรมทางหลวง [31] ทั้ง 10 กลุ่ม ผลดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า รูปแบบการชนที่พบมากที่สุด 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

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

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 รูปแบบการชนที่พบมากที่สุด 10 อันดับแรก

4.1.5 ลักษณะกายภาพและสภาพแวดล้อมที่เกิดเหตุ

ตารางที่ 5 สรุปลักษณะกายภาพและสภาพแวดล้อมของที่เกิดเหตุ รวมทั้งพฤติกรรมของผู้ใช้ทาง โดยพบว่า ปัจจัยกลุ่มแรกซึ่งเป็นลักษณะกายภาพของที่เกิดเหตุ ประกอบด้วย ประเภทถนน ลักษณะถนน ความลาดชัน ความเปียกผิวทาง บ้าย 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

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 (มีด 9 ข้อมูล) และเมาแล้วขับ (เมา 15 ข้อมูล) ซึ่งควรศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

จากตารางที่ 6 ตัวแปรสังเกตได้ภายนอกถูกนำมาตรวจสอบความเบ้ (Skewness) ความโด่ง (Kurtosis) และความสัมพันธ์ (Correlations) กับตัวแปรสังเกตได้ภายใน ผลแสดงในตารางที่ 7 พบว่า ตัวแปรสังเกตได้ภายนอกบางตัว (อักษรเอียง) ไม่เหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์ในแบบจำลอง SEM เนื่องจากมีค่าความเบ้และค่าความโด่งมากกว่าค่าที่ยอมรับได้ และเนื่องจากตัวแปรต้น (ตัวแปรสังเกตได้ภายนอก) มีความสัมพันธ์กันน้อยกว่าตัวแปรตาม (ตัวแปรสังเกตได้ภายใน)

ดังนั้น จึงตัดตัวแปร SIGN ออก และเขียนแบบจำลองสมการโครงสร้างเริ่มต้น (Model 1) ได้ดังรูปที่ 8

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	ไม่มีอาการเมินเมา	482	97.0
	มีอาการเมินเมา	15	3.0
ใช้ความเร็วเกินกำหนด	ไม่ใช่	326	65.6
	ใช่	171	34.4

ตารางที่ 6 การกำหนดตัวแปรสังเกตได้สำหรับพัฒนาแบบจำลอง SEM

ตัวแปร	คำอธิบาย	ค่าตัวแปร
ตัวแปรสังเกตได้ภายนอก		
HIGHWAY	ทางหลวง	1 = ใช่, 0 = ไม่ใช่ (ท้องถนน)
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)

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
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)

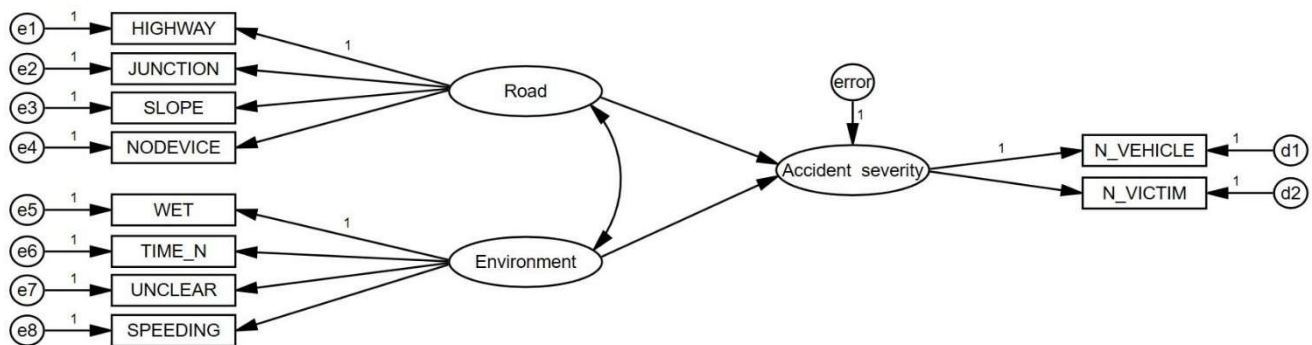
Model 3: ตัดตัวแปร SPEEDING ออก (FL= -0.07)

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

ตารางที่ 9 แสดงค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรสังเกตได้ทั้งค่า น้ำหนักที่ยังไม่ได้มาตรฐาน (Unstandardized Weight) และ ค่าน้ำหนักที่ได้มาตรฐานแล้ว (Standardized Weight) ค่า ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error หรือ S.E.) ค่า

สัดส่วนวิกฤต (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



รูปที่ 8 แบบจำลองสมการโครงสร้างเริ่มต้น (Model 1)

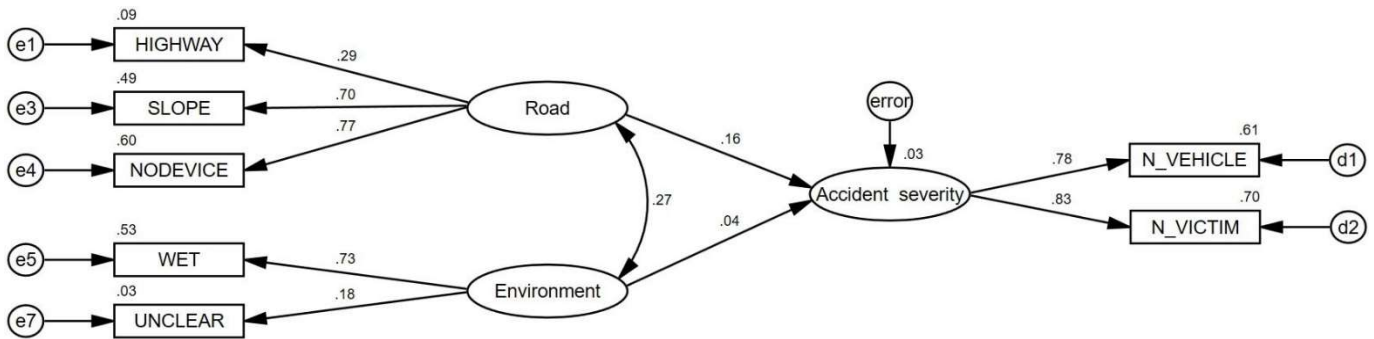
ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรสังเกตได้

			Unstandardized Weight	S.E.	C.R.	P	Standardized Weight
Accident severity	<-	Road	0.592	0.281	2.107	0.035	1.061
Accident severity	<-	Environment	0.081	0.183	0.443	0.658	0.037
						b	
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				.0294
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	0.182
						b	

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

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 มากที่สุดคือ 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 9 แบบจำลองสมการโครงสร้างสุดท้าย (Model 4)

ตารางที่ 10 อิทธิพลทางอ้อมของตัวแปรสังเกตได้ผ่านตัวแปรแฝง

ตัวแปร	อิทธิพลทางอ้อม	
	Road	Environment
NODEVICE	$0.771 \times 0.161 = 0.124$	
SLOPE	$0.698 \times 0.161 = 0.112$	
HIGHWAY	$0.294 \times 0.161 = 0.047$	
WET		$0.727 \times 0.037 = 0.027$
UNCLEAR		$0.182 \times 0.037 = 0.007$

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 และ

ปัจจัยกลางคืนและกลางวัน พบว่า อัตราส่วนระหว่างจำนวนผู้ประสบเหตุและจำนวนยานพาหนะต่อจำนวนอุบัติเหตุแต่ละประเภทมีค่าใกล้เคียงกันทุกตัวแปร เช่นเดียวกับการใช้ความเร็ว ซึ่งในบทความนี้การใช้ความเร็วเป็นมูลเหตุสันนิษฐานเบื้องต้นของผู้บันทึกข้อมูล ซึ่งหากระบุความเร็วขณะเกิดเหตุได้ชัดเจน อาจทำให้ทราบถึงอิทธิพลของความเร็วที่แท้จริง จึงควรศึกษาตัวแปรเหล่านี้เพิ่มเติมในพื้นที่ศึกษาอื่น

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

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

บทความนี้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง SEM เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุทางถนนในพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ต พบว่า ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุ (จำนวนผู้ประสบเหตุและจำนวนยานพาหนะที่เกี่ยวข้อง) มาจากปัจจัยหลักด้านถนน (การขาดอุปกรณ์เสริมความปลอดภัย ถนนลาดชัน และถนนทางหลวง) ส่วนปัจจัยรองมาจากปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม (ถนนเปียกและสภาพอากาศไม่สดใส) ซึ่งควรให้ความสำคัญกับปัจจัยข้างต้น เช่น การติดตั้งอุปกรณ์เสริมความปลอดภัยให้ครบถ้วน โดยเฉพาะบริเวณทางลาดชันและบนถนนทางหลวง การเพิ่มการระบาย

น้ำและความเสียหายของผิวทางเพื่อป้องกันถนนเปียกชื้น การรณรงค์วิธีขับที่ปลอดภัยขณะสภาพอากาศไม่สดใส เป็นต้น งานวิจัยนี้อาจมีข้อจำกัดจากจำนวนตัวอย่างและรายละเอียดของข้อมูลอุบัติเหตุ การเพิ่มจำนวนตัวอย่างและปัจจัยด้านกายภาพอื่น ๆ เช่น เกาะกลาง ไหล่ทาง และอุปสรรคข้างทาง รวมทั้งปัจจัยด้านยานพาหนะ ซึ่งงานวิจัยในอนาคตควรเพิ่มเติมข้อมูลให้ละเอียดมากขึ้น (ซึ่งเกี่ยวข้องกับ การบันทึกข้อมูลอุบัติเหตุของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง) อันจะนำไปสู่การค้นพบปัจจัยสำคัญอื่น รวมถึงการกำหนดนโยบาย และมาตรการเพิ่มเติมในการป้องกันอุบัติเหตุเชิงรุกต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยคนที่ 1 ขอขอบพระคุณทุนก้นกุฏิ พ.ศ. 2561 คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุน ทุนการศึกษา และคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสมาคมวิทยาการ ขนส่งแห่งเอเชีย (ATRANS) ที่อนุเคราะห์ข้อมูล รวมทั้ง เจ้าหน้าที่ตำรวจภูธรที่ให้ความสำคัญกับการกรอกข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

- [1] World Health Organization (WHO). *Road traffic injuries* 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, Fujita M. Development of accident predictive model for rural roadway. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*. 2011; 5: 408-413.
- [7] Dereli MA, 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 Guglielmo, 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 KS, Al-Fayyad M, Gammoh, HF. Prediction of road traffic accidents in Jordan using Artificial Neural Network (ANN). *Journal of Traffic and Logistics Engineering*. 2014; 2.
- [11] Eboli L, 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>. ค้นหามือ 12 มีนาคม 2563.
- [13] สำนักงานสถิติจังหวัดภูเก็ต. *วิเคราะห์และสรุปสถานการณ์เรื่อง "ท่องเที่ยว"*. 2562. แหล่งที่มา: phuket.nso.go.th. ค้นหามือ 25 กุมภาพันธ์ 2563.
- [14] กรมควบคุมโรค สำนักโรคไม่ติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข. *อัตราผู้เสียชีวิตต่อแสนประชากร รายจังหวัด*. ระบบบูรณาการข้อมูลการตายจากอุบัติเหตุทางถนน. 2562. แหล่งที่มา: <http://rti.ddc.moph.go.th>. ค้นหามือ 12 มีนาคม 2563.
- [15] กัลยา วานิชย์บัญชา. *การวิเคราะห์สมการโครงสร้าง (SEM) ด้วย AMOS*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดสามลดา; 2562.
- [16] คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์. *การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง: แนวคิดพื้นฐานและการประยุกต์*. 2558.
- [17] Eboli L, Mazzulla G. A Structural equation model for road accident analysis. *4th International SIIV Congress*. Italy; 2007.
- [18] Bentler PM, Bonett DG. 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, Mullen M. Structural equation modelling: Guidelines for determining model fit. *Journal on Business Research Methods*. 2008.
- [21] Hassan HM, Abdel-Aty, MA. 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, 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 SA, Montorob L, Alonso F, Tortosac, FM. Does gender really matter? A structural equation model to explain risky and positive cycling behaviors. *Accident Analysis and Prevention*. 2018; 118: 86-95.
- [24] ขวลิต ทับสีร์ก. ตัวแปรเชิงคุณภาพกับการวิเคราะห์การถดถอย. *วารสารการวัดผลการศึกษา*. 2555; 1: 31-42.
- [25] สมาคมวิจัยวิทยาการขนส่งแห่งเอเชีย (ATRANS). *การแจ้งรายงานข้อมูลอุบัติเหตุ*. ATRANS Safety Map. 2563. แหล่งที่มา: www.atransafety.com. ค้นหามือ 25 กุมภาพันธ์ 2563.
- [26] ThaiRSC. *รายงานสถิติการใช้สิทธิ พรบ. รายจังหวัด*. 2563. แหล่งที่มา: rvpreport.rvpeservice.com. ค้นหามือ 13 พฤษภาคม 2563.
- [27] Yamane T. *Statistics, An Introductory Analysis*. 2nd ed., New York: Harper and Row. 1967
- [28] นางลักษณ์ 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, 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.